



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN DESAIN STASIUN KERJA DAN METODE  
KERJA PADA PINTU TOL BERDASARKAN PRINSIP  
ERGONOMI UNTUK MENINGKATKAN  
PERFORMA OPERATOR**

**SKRIPSI**

**TEGAR SEPTYAN HIDAYAT  
0806338084**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN DESAIN STASIUN KERJA DAN METODE  
KERJA PADA PINTU TOL BERDASARKAN PRINSIP  
ERGONOMI UNTUK MENINGKATKAN  
PERFORMA OPERATOR**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**TEGAR SEPTYAN HIDAYAT  
0806338084**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
DEPOK  
JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Tegar Septyan Hidayat**

**NPM : 0806338084**

**Tanda Tangan :**




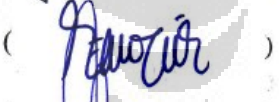
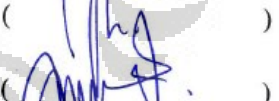

**Tanggal : 14 Juni 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Tegar Septyan Hidayat  
NPM : 0806338084  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Perancangan Desain Stasiun Kerja dan Metode Kerja pada Pintu Tol Berdasarkan Prinsip Ergonomi untuk Meningkatkan Performa Operator

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing	:	Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE	(  )
Penguji	:	Ir. Fauzia Dianawati, M.Si	(  )
Penguji	:	Ir. Dendi P. Ishak, MSIE	(  )
Penguji	:	Dwinta Utari S.T., M.T., MBA	(  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang senantiasa menuntun Penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dengan kerja sama, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

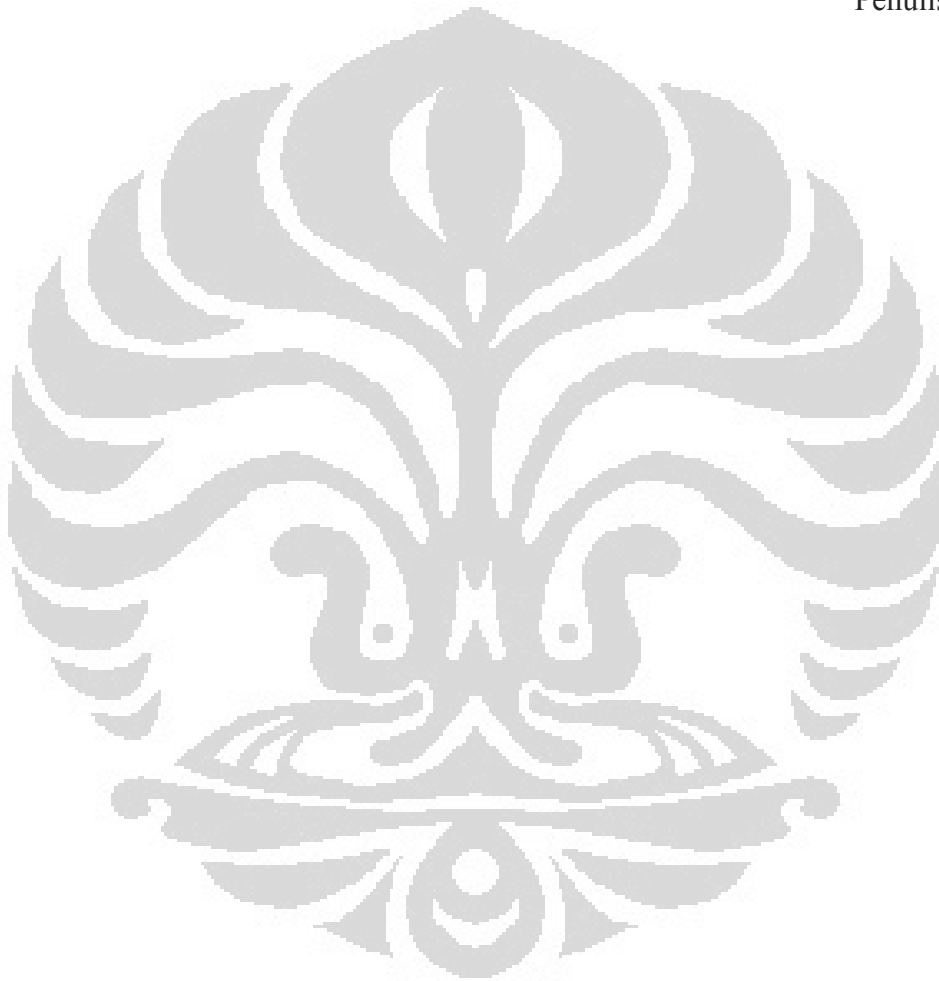
1. Bapak Boy Nurtjahyo Moch., selaku dosen pembimbing beserta istri Bu Herlina yang telah begitu banyak menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan kesabarannya yang luar biasa untuk mengarahkan penulis dalam penelitian ini.
2. Keluarga tercinta, atas seluruh perhatian, semangat dan kasih sayangnya
3. Seluruh penguji seminar dan sidang yaitu Bapak Yuri Zagloel, Bapak Yadrifil, Bapak Sumarsono, Bapak Dendy, Ibu Fauzia Dianawati, Ibu Amalia, dan Ibu Dwinta atas masukan yang diberikan
4. Untuk pembimbing akademik yaitu Ibu Arian Dhini atas bimbingannya kepada penulis selama perkuliahan
5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Industri atas bimbingannya selama menempuh perkuliahan di departemen tercinta
6. Bapak Nixon Storus sebagai Kepala Cabang Tol Cawang-Tomang-Cengkareng atas izin pengambilan data yang diberikan
7. Bapak Doddy Lombardo yang menjadi pembimbing saya di ketika melakukan pengambilan data di pintu tol cililitan
8. Seluruh rekan-rekan seperjuangan skripsi ergonomi, yang selalu mendukung dan berbagi pengetahuan selama proses mengerjakan skripsi ini
9. Seluruh rekan-rekan dari Laboratorium lain di Teknik Industri yaitu Lab Manufaktur, Lab Statistik, dan Lab SEMS yang menjadi teman diskusi dan berbagi keceriaan selama ini
10. Seluruh karyawan Departemen Teknik Industri yang membantu selama ini
11. Teman-teman angkatan 2008 yang telah bersama selama 4 tahun di Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia yang selalu memberi masukan dalam penelitian yang saya lakukan

12. Pihak-pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu di sini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama ini. Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Depok, 14 Juni 2012

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tegar Septyan Hidayat  
NPM : 0806338084  
Program Studi : Teknik Industri  
Departemen : Teknik Industri  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Perancangan Desain Stasiun Kerja dan Metode Kerja pada Pintu Tol  
Berdasarkan Prinsip Ergonomi untuk Meningkatkan  
Performa Operator**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 14 Juni 2012

Yang menyatakan



( Tegar Septyan Hidayat)

## ABSTRAK

Nama : Tegar Septyan Hidayat  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Perancangan Desain Stasiun Kerja dan Metode Kerja Pada Pintu Tol Berdasarkan Prinsip Ergonomi Untuk Meningkatkan Performa Operator

Penelitian ini berfokus pada aspek ergonomis desain pintu tol dan performa operator berbasis lingkungan virtual. Pengambilan data dibagi menjadi data postur kerja dan waktu pelayanan. Postur rangkaian kerja dianalisis melalui *Posture Evaluation Index* (PEI). Sementara data waktu dianalisis dengan pendekatan simulasi antrian. Setelah melakukan evaluasi dari desain aktual, kemudian dibuat rekonfigurasi baik untuk desain yang berjumlah 36 jenis, maupun perubahan metode kerja. Hasil analisis desain menunjukkan konfigurasi optimal yang memiliki nilai PEI terkecil adalah desain dengan tinggi dudukan sebesar 51 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm. Untuk kombinasi konfigurasi desain dan metode kerja rekomendasi, berdasarkan simulasi yang dilakukan dapat mengurangi rata-rata waktu antrian sebesar 82% dari 35,31 detik menjadi 6,4 detik.

Kata Kunci:  
Ergonomi, Simulasi Antrian, *Posture Evaluation Index*, Konfigurasi, Metode Kerja, Desain Stasiun Kerja



## ABSTRACT

Name : Tegar Septyan Hidayat  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Work Station Design and Method Reengineering in Tool Booth based on Ergonomic Principle for Improving Operators Performance

This research studies the ergonomic aspect from toll booth and operators performance. It focused on two main areas, working posture and service time of operators. The analysis of working posture based on Posture Evaluation Index, meanwhile service time using the queuing theory. The output of the study can be divided into ergonomic design and method reengineering. The results suggest that the most ergonomic design which has the lowest value of PEI is with 51 cm in seat height, 5 cm in foot rest height, and 80 cm in table height. For the queuing simulation, the implementation of new configuration and method can reduce the average time of costumer spend in the queue until 82%.

Keywords:

Ergonomic, Queuing Theory, Posture Evaluation Index, Configuration, Work Method, Work Station Design

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Permasalahan .....	5
1.3. Diagram Keterkaitan Masalah .....	5
1.4. Tujuan Penelitian .....	7
1.5. Batasan Penelitian .....	7
1.6. Metodologi Penelitian .....	7
1.7. Sistematika penelitian .....	8
<b>2. STUDI PUSTAKA.....</b>	<b>11</b>
2.1. Perusahaan Jasa Marga .....	11
2.1.1. Visi, Misi, dan Struktur Organisasi Perusahaan.....	12
2.1.2. Lini Operasi Jasa Marga.....	14
2.2. Jalan Tol.....	15
2.2.1. Gardu Tol .....	16
2.2.2. Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol .....	17
2.3. Ergonomi.....	20
2.3.1. Ergonomi dan Perancangan Desain .....	23
2.4. Antropometri.....	24
2.4.1. Variabilitas Manusia .....	25
2.4.2. Data Antropometri .....	27
2.5. Virtual Environment .....	29
2.5.1. Software Siemens Jack.....	32
2.5.2. Jack Analysis Toolkit.....	34
2.5.3. <i>Static Strength Prediction</i> (SSP).....	35
2.5.4. <i>Low Back Analysis</i> (LBA).....	37
2.5.5. <i>Ovako Working Posture Analysis</i> (OWAS) .....	38
2.5.6. Rapid Upper Limb Assesment .....	41
2.6. Metode <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI).....	42
2.7. Teori Antrian ( <i>Queuing Theory</i> ).....	47
2.7.1. Komponen Proses Antrian .....	48

2.7.2.	Struktur Dasar Proses Antrian.....	49
2.7.3.	Notasi dalam Teori Antrian.....	50
2.8.	Software Win Wsb.....	51
<b>3.</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>53</b>
3.1.	Pengambilan Sampel Data .....	53
3.2.	Data Identifikasi Keluhan Muskuloskeletal.....	54
3.3.	Data Input Model Digital Virtual Simulation Jack .....	57
3.3.1.	Data Dimensi Stasiun Kerja.....	57
3.3.2.	Data Antropometri Operator .....	60
3.3.3.	Data Rangkaian Kerja .....	63
3.4.	Data Input Pengolahan Software Win Qsb .....	65
3.4.1.	Data Service Time dan Interarrival Time.....	65
3.5.	Pengolahan Data .....	70
3.5.1.	Pengolahan Data melalui Software Jack .....	70
3.5.2.	Pembuatan Virtual Environment.....	71
3.5.3.	Pembuatan Virtual Human.....	72
3.5.4.	Pembuatan Tugas Kerja pada <i>Virtual Human</i> .....	77
3.5.5.	Pengujian Rangkaian Kerja dengan <i>Jack Task Analysis Toolkit</i> .....	77
3.5.6.	Pengolahan Data melalui Software Win Qsb.....	79
3.6.	Perancangan Rekonfigurasi Model .....	82
3.6.1.	Perancangan Desain Stasiun Kerja.....	82
3.6.2.	Penentuan Persentil Desain .....	86
3.6.3.	Penentuan Kombinasi Rekonfigurasi .....	88
3.6.4.	Perancangan Skenario Metode Kerja.....	90
<b>4.</b>	<b>ANALISIS .....</b>	<b>91</b>
4.1.	Analisis Postur Kondisi Aktual.....	91
4.1.1.	Analisis Konfigurasi Aktual Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	91
4.1.2.	Analisis Konfigurasi Aktual Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	95
4.1.3.	Analisis Konfigurasi Aktual Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	99
4.2.	Analisis Konfigurasi Redesain .....	102
4.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1A .....	102
4.3.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1A Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	102
4.3.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1A Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	106
4.3.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1A Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	109
4.4.	Analisis Konfigurasi Desain 1B.....	113
4.4.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1B Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	113
4.4.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1B Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	116
4.4.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1B Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	118
4.5.	Analisis Konfigurasi Desain 1C.....	121
4.5.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1C Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	122

4.5.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1C Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	125
4.5.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1C Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	128
4.6.	Analisis Konfigurasi Desain 1D .....	131
4.6.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1D Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	131
4.6.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1D Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	134
4.6.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1D Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	137
4.7.	Analisis Konfigurasi Desain 1E.....	140
4.7.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1E Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	140
4.7.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1E Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	142
4.7.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1E Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	145
4.8.	Analisis Konfigurasi Desain 1F .....	148
4.8.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1F Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	149
4.8.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1F Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	152
4.8.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1F Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	155
4.9.	Analisis Konfigurasi Desain 1G .....	158
4.9.1.	Analisis konfigurasi desain 1G persentil 5 dengan SPP dan PEI... ..	158
4.9.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1G Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	161
4.9.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1G Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	163
4.10.	Analisis Konfigurasi Desain 1H.....	166
4.10.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1H Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	167
4.10.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1H Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	170
4.10.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1H Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	173
4.11.	Analisis Konfigurasi Desain 1I.....	175
4.11.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1I Persentil 5 dengan SPP dan PEI... ..	175
4.11.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1I Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	178
4.11.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1I Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	181
4.12.	Analisis Konfigurasi Desain 1J.....	184
4.12.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1J Persentil 5 dengan SPP dan PEI... ..	184
4.12.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1J Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	186

4.12.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1J Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	189
4.13.	Analisis Konfigurasi Desain 1K.....	192
4.13.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1K Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	193
4.13.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1K Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	195
4.13.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1K Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	197
4.14.	Analisis Konfigurasi Desain 1L.....	199
4.14.1.	Analisis Konfigurasi Desain 1L Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	199
4.14.2.	Analisis Konfigurasi Desain 1L Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	201
4.14.3.	Analisis Konfigurasi Desain 1L Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	203
4.15.	Analisis Konfigurasi Desain 2A.....	204
4.15.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2A Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	205
4.15.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2A Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	207
4.15.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2A Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	208
4.16.	Analisis Konfigurasi Desain 2B.....	210
4.16.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2B Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	210
4.16.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2B Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	213
4.16.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2B Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	215
4.17.	Analisis Konfigurasi Desain 2C.....	217
4.17.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2C Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	217
4.17.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2C Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	220
4.17.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2C Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	223
4.18.	Analisis Konfigurasi Desain 2D.....	226
4.18.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2D Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	227
4.18.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2D Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	230
4.18.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2D Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	232
4.19.	Analisis Konfigurasi Desain 2E.....	235
4.19.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2E Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	236

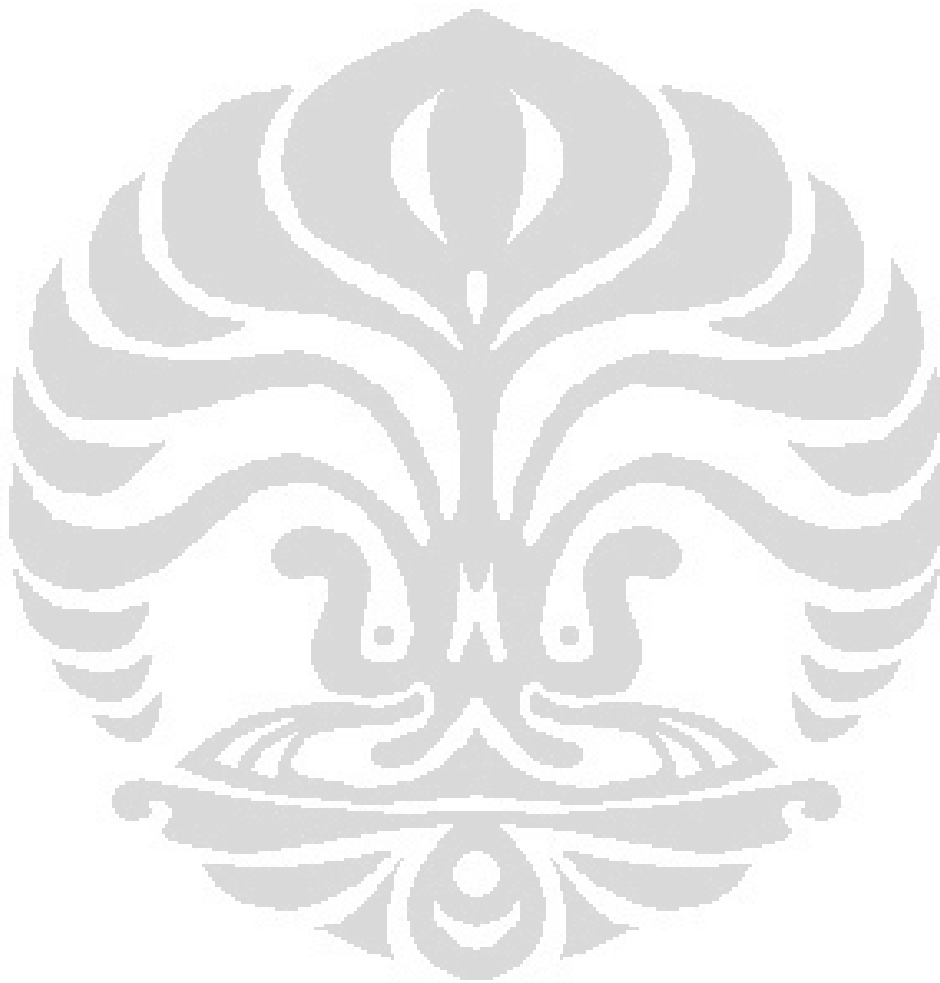
4.19.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2E Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	238
4.19.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2E Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	240
4.20.	Analisis Konfigurasi Desain 2F.....	242
4.20.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2F Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	242
4.20.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2F Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	244
4.20.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2F Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	246
4.21.	Analisis Konfigurasi Desain 2G.....	248
4.21.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2G Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	248
4.21.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2G Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	250
4.21.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2G Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	252
4.22.	Analisis Konfigurasi Desain 2H.....	254
4.22.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2H Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	254
4.22.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2H Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	256
4.22.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2H Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	258
4.23.	Analisis Konfigurasi Desain 2I.....	260
4.23.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2I Persentil 5 dengan SPP dan PEI... ..	260
4.23.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2I Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	262
4.23.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2I Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	264
4.24.	Analisis Konfigurasi Desain 2J.....	266
4.24.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2J Persentil 5 dengan SPP dan PEI... ..	266
4.24.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2J Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	268
4.24.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2J Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	270
4.25.	Analisis Konfigurasi Desain 2K.....	272
4.25.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2K Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	272
4.25.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2K Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	274
4.25.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2K Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	276
4.26.	Analisis Konfigurasi Desain 2L.....	278
4.26.1.	Analisis Konfigurasi Desain 2L Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	278

4.26.2.	Analisis Konfigurasi Desain 2L Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	280
4.26.3.	Analisis Konfigurasi Desain 2L Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	282
4.27.	Analisis Konfigurasi Desain 3A.....	284
4.27.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3A Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	284
4.27.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3A Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	287
4.27.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3A Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	289
4.28.	Analisis Konfigurasi Desain 3B.....	292
4.28.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3B Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	292
4.28.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3B Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	294
4.28.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3B Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	297
4.29.	Analisis Konfigurasi Desain 3C.....	299
4.29.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3C Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	299
4.29.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3C Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	302
4.29.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3C Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	304
4.30.	Analisis Konfigurasi Desain 3D.....	306
4.30.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3D Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	306
4.30.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3D Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	309
4.30.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3D Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	311
4.31.	Analisis Konfigurasi Desain 3E.....	313
4.31.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3E Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	313
4.31.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3E Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	315
4.31.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3E Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	317
4.32.	Analisis Konfigurasi Desain 3F.....	319
4.32.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3F Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	319
4.32.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3F Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	321
4.32.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3F Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	323
4.33.	Analisis Konfigurasi Desain 3G.....	325

4.33.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3G Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	325
4.33.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3G Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	327
4.33.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3G Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	329
4.34.	Analisis Konfigurasi Desain 3H.....	331
4.34.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3H Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	331
4.34.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3H Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	333
4.34.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3H Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	335
4.35.	Analisis Konfigurasi Desain 3I.....	337
4.35.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3I Persentil 5 dengan SPP dan PEI...337	
4.35.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3I Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	339
4.35.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3I Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	341
4.36.	Analisis Konfigurasi Desain 3J.....	343
4.36.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3J Persentil 5 dengan SPP dan PEI...343	
4.36.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3J Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	345
4.36.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3J Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	347
4.37.	Analisis Konfigurasi Desain 3K.....	349
4.37.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3K Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	349
4.37.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3K Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	351
4.37.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3K Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	353
4.38.	Analisis Konfigurasi Desain 3L.....	355
4.38.1.	Analisis Konfigurasi Desain 3L Persentil 5 dengan SPP dan PEI.....	355
4.38.2.	Analisis Konfigurasi Desain 3L Persentil 50 dengan SPP dan PEI.....	357
4.38.3.	Analisis Konfigurasi Desain 3L Persentil 95 dengan SPP dan PEI.....	359
4.39.	Analisis Perbandingan Nilai Ergonomi.....	361
4.39.1.	Analisa Perbandingan Rekapitulasi Nilai PEI Seluruh Konfigurasi.....	361
4.40.	Analisis Desain Faktorial Konfigurasi.....	368
4.41.	Analisis Stasiun Kerja yang direkomendasikan.....	372
4.42.	Analisis Skenario Metode Kerja.....	373
4.43.	Analisis Performa Pelayanan Operator.....	375
4.43.1.	Analisis Performa Pelayanan Kondisi Aktual.....	375
4.43.2.	Analisis Performa Pelayanan Kondisi Rekomendasi.....	376



4.43.3. Analisis Perbandingan Performa Kondisi Rekomendasi dan Aktual.....	378
<b>5. PENUTUP .....</b>	<b>380</b>
5.1. Kesimpulan .....	380
5.2. Saran .....	381
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>382</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Detail Usulan Berdasarkan Skor OWAS .....	41
Tabel 3.1 Tingkat Resiko Keluhan .....	56
Tabel 3.2 Data Antropometri Operator Tol .....	61
Tabel 3.3 Data Persentil Antropometri Operator .....	63
Tabel 3.4 Data Service Time.....	65
Tabel 3.5 Data Interarrival Time.....	68
Tabel 3.6 Nilai PEI kondisi aktual .....	79
Tabel 3.7 Rumus Penentuan desain kursi .....	84
Tabel 3.8 Rumus Perhitungan Desain Meja .....	85
Tabel 3.9 Penentuan dimensi minimum dan maksimum desain.....	87
Tabel 3.10 Kombinasi 36 Rekonfigurasi Desain .....	89
Tabel 4.1 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Aktual .....	93
Tabel 4.2 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Aktual .....	93
Tabel 4.3 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Aktual.....	94
Tabel 4.4 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Aktual .....	96
Tabel 4.5 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Aktual .....	97
Tabel 4.6 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 kondisi aktual .....	97
Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Aktual .....	100
Tabel 4.8 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Aktual .....	100
Tabel 4.9 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Aktual.....	101
Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1A .....	104
Tabel 4.11 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1A.....	104
Tabel 4.12 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1A.....	105
Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 1A .....	107
Tabel 4.14 Elemen Nilai OWAS Konfigurasi 1A Persentil 50.....	108
Tabel 4.15 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1A....	108
Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1A ....	110
Tabel 4.17 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1A.....	111
Tabel 4.18 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1A....	112
Tabel 4.19 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1B.....	114
Tabel 4.20 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1B .....	114
Tabel 4.21 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1B.....	115
Tabel 4.22 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1B....	117
Tabel 4.23 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 1B .....	117
Tabel 4.24 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1B....	118
Tabel 4.25 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1B....	120

Tabel 4.26 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 1B .....	120
Tabel 4.27 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1B....	121
Tabel 4.28 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1C .....	123
Tabel 4.29 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1C .....	123
Tabel 4.30 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1C.....	124
Tabel 4.31 . Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1C...	126
Tabel 4.32 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 1C .....	126
Tabel 4.33 Elemen Nilai RULA pada Persentil 50 Konfigurasi 1C .....	127
Tabel 4.34 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1C....	129
Tabel 4.35 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1C .....	129
Tabel 4.36 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1C....	130
Tabel 4.37 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1D .....	132
Tabel 4.38 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1D.....	132
Tabel 4.39 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1D.....	133
Tabel 4.40 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1D ....	135
Tabel 4.41 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1D.....	135
Tabel 4.42 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1D....	136
Tabel 4.43 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi 1D .....	138
Tabel 4.44 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1D.....	138
Tabel 4.45 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1D....	139
Tabel 4.46 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1E.....	141
Tabel 4.47 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1E .....	142
Tabel 4.48 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 1E.....	143
Tabel 4.49 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1E .....	144
Tabel 4.50 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1E ....	145
Tabel 4.51 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1E.....	146
Tabel 4.52 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1E .....	147
Tabel 4.53 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1E ....	148
Tabel 4.54 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1F .....	150
Tabel 4.55 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1E .....	150
Tabel 4.56 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1F .....	151
Tabel 4.57 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1F .....	153
Tabel 4.58 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1F.....	153
Tabel 4.59 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1F ....	154
Tabel 4.60 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi 1F .....	156

Tabel 4.61 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 1F.....	156
Tabel 4.62 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1F ....	157
Tabel 4.63 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1G .....	159
Tabel 4.64 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1G.....	159
Tabel 4.65 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1G.....	160
Tabel 4.66 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1G ....	162
Tabel 4.67 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1G.....	162
Tabel 4.68 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1G....	163
Tabel 4.69 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi 1G .....	164
Tabel 4.70 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1G.....	165
Tabel 4.71 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1G....	166
Tabel 4.72 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1H .....	168
Tabel 4.73 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1H.....	168
Tabel 4.74 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1H.....	169
Tabel 4.75 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 1H.....	171
Tabel 4.76 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1H.....	171
Tabel 4.77 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1H....	172
Tabel 4.78 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1H ....	173
Tabel 4.79 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1H.....	174
Tabel 4.80 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1H....	174
Tabel 4.81 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1I.....	176
Tabel 4.82 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1I.....	177
Tabel 4.83 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1I .....	178
Tabel 4.84 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1I.....	179
Tabel 4.85 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1I .....	180
Tabel 4.86 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1I ....	181
Tabel 4.87 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi 1I.....	182
Tabel 4.88 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1I .....	183
Tabel 4.89 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1I .....	183
Tabel 4.90 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1J.....	185
Tabel 4.91 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1J .....	185
Tabel 4.92 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1J.....	186
Tabel 4.93 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1J.....	187
Tabel 4.94 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1J .....	188
Tabel 4.95 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1J .....	189
Tabel 4.96 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi 1J.....	190

Tabel 4.97 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1J .....	191
Tabel 4.98 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1J .....	192
Tabel 4.99 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1K .....	194
Tabel 4.100 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1K....	195
Tabel 4.101 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 2C .....	218
Tabel 4.102 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 2C .....	219
Tabel 4.103 Elemen Nilai RULA pada Persentil 5 Konfigurasi 2C .....	220
Tabel 4.104 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 2C .....	221
Tabel 4.105 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 2C .....	222
Tabel 4.106 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 2C...	224
Tabel 4.107 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 2C .....	225
Tabel 4.108 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 2C..	226
Tabel 4.109 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 2D ....	228
Tabel 4.110 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 2D .....	228
Tabel 4.111 Elemen Nilai RULA pada Persentil 5 Konfigurasi 2D.....	229
Tabel 4.112 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 2D ..	231
Tabel 4.113 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 2D .....	231
Tabel 4.114 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 2D..	232
Tabel 4.115 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 2D ..	233
Tabel 4.116 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 2D .....	234
Tabel 4.117 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 2D..	235
Tabel 4.118 Elemen Nilai RULA pada Persentil 5 Konfigurasi 3A .....	286
Tabel 4.119 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 3A..	289
Tabel 4.120 Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 3A..	291
Tabel 4.121 Nilai PEI Seluruh Konfigurasi .....	364
Tabel 4.122 Nilai PEI Seluruh Konfigurasi (lanjutan) .....	365
Tabel 4.123 Nilai PEI Seluruh Konfigurasi (lanjutan) .....	366
Tabel 4.124 Nilai PEI Seluruh Konfigurasi (lanjutan) .....	367
Tabel 4.125 Perbandingan Perubahan Nilai PEI Rekomendasi dan Aktual .....	372
Tabel 4.126 Tarif Tol .....	374
Tabel 4.127 Perbandingan Performa Pelayanan .....	378

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	6
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	10
Gambar 2.1 Struktur Organisasi Perusahaan .....	13
Gambar 2.2 Definisi <i>Human Factors</i> dan Ergonomi.....	22
Gambar 2.3 Struktur Kategori Terminologi Ergonomi.....	22
Gambar 2.4 Sistem Kerja .....	23
Gambar 2.5 Perbedaan Tinggi Tubuh Manusia Dalam Posisi Berdiri Tegak Untuk Berbagai Suku Bangsa.....	26
Gambar 2.6 Data Antropometri Struktural .....	28
Gambar 2.7 Data Antropometri Fungsional.....	28
Gambar 2.8 Kubus Zelter untuk Konsep <i>Virtual Reality</i> .....	29
Gambar 2.9 Environment pada Jack .....	32
Gambar 2.10 Postur Manekin pada Jack.....	33
Gambar 2.11 Model Kode OWAS .....	39
Gambar 2.12 Klasifikasi Postur Punggung OWAS .....	39
Gambar 2.13 Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Atas.....	40
Gambar 2.14 Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Bawah.....	40
Gambar 2.15 Lembar Kerja RULA .....	42
Gambar 2.16 Diagram Alir Metode PEI.....	43
Gambar 2.17 Komponen Sistem Antrian.....	47
Gambar 3.1 Grafik Tingkat Frekuensi Keluhan.....	55
Gambar 3.2 Grafik Tingkat Keparahan Keluhan.....	56
Gambar 3.3 Grafik Tingkat Resiko Keluhan .....	57
Gambar 3.4 Stasiun Kerja Aktual .....	58
Gambar 3.5 Tampak Samping Dimensi Kursi Aktual .....	59
Gambar 3.6 Tampak Belakang Dimensi Kursi Aktual .....	59
Gambar 3.7 Dimensi Area Kerja.....	59
Gambar 3.8 Uji Normalitas Tinggi Badan .....	62
Gambar 3.9 Uji Normalitas Berat Badan .....	62
Gambar 3.10 Instruksi Kerja Operator Tol .....	64
Gambar 3.11 Diagram alir pembuatan model simulasi Jack .....	71
Gambar 3.12 Stasiun Kerja Virtual.....	72
Gambar 3.13 Dimensi Tubuh Manusia Virtual Persentil 5% .....	73
Gambar 3.14 Dimensi Tubuh Manusia Virtual Persentil 50% .....	74
Gambar 3.15 Dimensi Tubuh Manusia Virtual Persentil 50% .....	75
Gambar 3.16 Manekin Jack Wanita Persentil 5%.....	76
Gambar 3.17 Manekin Jack Pria Persentil 50 .....	76
Gambar 3.18 Manekin Jack Pria Persentil 95%.....	76

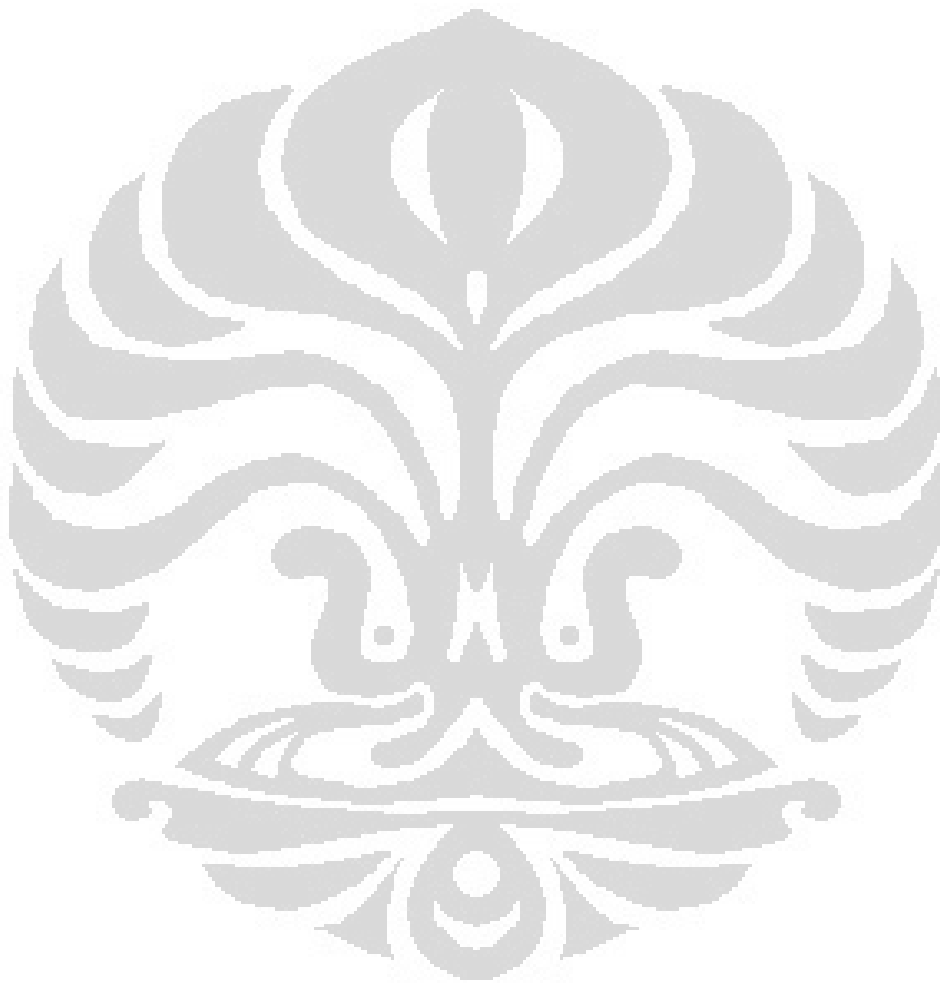
Gambar 3.19 <i>Animation System</i> pada Kondisi Aktual.....	77
Gambar 3.20 Grafik SPP Proses Kerja .....	78
Gambar 3.21 Distribusi Data Service Time.....	80
Gambar 3.22 Distribusi Data Interarrival time .....	80
Gambar 3.23 Kolom Input Win Qsb.....	81
Gambar 3.24 Tampilan Hasil Pengolahan Data Win Qsb .....	82
Gambar 3.25 Desain Kursi Ergonomis .....	83
Gambar 4.1 Persentase Kapabilitas SSP Kondisi Aktual Persentil 5 .....	92
Gambar 4.2 Persentase Kapabilitas SSP Kondisi Aktual Persentil 50 .....	95
Gambar 4.3 Persentase Kapabilitas SSP Kondisi Aktual Persentil 95 .....	99
Gambar 4.4 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1A Persentil 5 .....	103
Gambar 4.5 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1A Persentil 50.....	106
Gambar 4.6 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1A Persentil 95.....	110
Gambar 4.7 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1B Persentil 5 .....	113
Gambar 4.8 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1B Persentil 50 .....	116
Gambar 4.9 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1B Persentil 95 .....	119
Gambar 4.10 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1C Persentil 5 .....	122
Gambar 4.11 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1C Persentil 50 .....	125
Gambar 4.12 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1C Persentil 95 .....	128
Gambar 4.13 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1D Persentil 5.....	131
Gambar 4.14 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1D Persentil 50.....	134
Gambar 4.15 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1D Persentil 95.....	137
Gambar 4.16 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1E Persentil 5 .....	140
Gambar 4.17 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1E Persentil 50 .....	143
Gambar 4.18 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1E Persentil 95 .....	146
Gambar 4.19 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1F Persentil 5.....	149
Gambar 4.20 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1F Persentil 50.....	152
Gambar 4.21 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1F Persentil 95.....	155
Gambar 4.22 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1G Persentil 5 .....	158
Gambar 4.23 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1G Persentil 50.....	161
Gambar 4.24 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1G Persentil 95.....	164
Gambar 4.25 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1H Persentil 5 .....	167
Gambar 4.26 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1H Persentil 50.....	170
Gambar 4.27 Grafik SPP Persentil 95.....	173
Gambar 4.28 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1I Persentil 5 .....	176
Gambar 4.29 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1I Persentil 50 .....	179
Gambar 4.30 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1I Persentil 95 .....	182
Gambar 4.31 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1J Persentil 5 .....	184
Gambar 4.32 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1J Persentil 50 .....	187
Gambar 4.33 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1J Persentil 95 .....	190

Gambar 4.34 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1K Persentil 5 .....	193
Gambar 4.35 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1K Persentil 50 .....	196
Gambar 4.36 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1K Persentil 95 .....	198
Gambar 4.37 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1L Persentil 5 .....	200
Gambar 4.38 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1L Persentil 50 .....	202
Gambar 4.39 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2A Persentil 5 .....	205
Gambar 4.40 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2A Persentil 50 .....	207
Gambar 4.41 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2A Persentil 95 .....	209
Gambar 4.42 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2B Persentil 5 .....	211
Gambar 4.43 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2B Persentil 50 .....	213
Gambar 4.44 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2B Persentil 95 .....	215
Gambar 4.45 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2C Persentil 5 .....	218
Gambar 4.46 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2C Persentil 50 .....	221
Gambar 4.47 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2C Persentil 95 .....	224
Gambar 4.48 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2D Persentil 5 .....	227
Gambar 4.49 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2D Persentil 50 .....	230
Gambar 4.50 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2D Persentil 95 .....	233
Gambar 4.51 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2E Persentil 5 .....	236
Gambar 4.52 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2E Persentil 50 .....	239
Gambar 4.53 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2E Persentil 95 .....	241
Gambar 4.54 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2F Persentil 5 .....	243
Gambar 4.55 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2F Persentil 50 .....	245
Gambar 4.56 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2F Persentil 95 .....	247
Gambar 4.57 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2G Persentil 5 .....	249
Gambar 4.58 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2G Persentil 50 .....	251
Gambar 4.59 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2G Persentil 95 .....	253
Gambar 4.60 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2H Persentil 5 .....	255
Gambar 4.61 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2H Persentil 50 .....	257
Gambar 4.62 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2H Persentil 95 .....	259
Gambar 4.63 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2I Persentil 5 .....	261
Gambar 4.64 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2I Persentil 50 .....	263
Gambar 4.65 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2I Persentil 95 .....	265
Gambar 4.66 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2J Persentil 5 .....	267
Gambar 4.67 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2J Persentil 50 .....	269
Gambar 4.68 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2J Persentil 95 .....	271
Gambar 4.69 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2K Persentil 5 .....	273
Gambar 4.70 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2K Persentil 50 .....	275
Gambar 4.71 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2K Persentil 95 .....	277
Gambar 4.72 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2L Persentil 5 .....	279
Gambar 4.73 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2L Persentil 50 .....	281



Gambar 4.74 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2L Persentil 95 .....	283
Gambar 4.75 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3A Persentil 5 .....	285
Gambar 4.76 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3A Persentil 50 .....	287
Gambar 4.77 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3A Persentil 95 .....	290
Gambar 4.78 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3B Persentil 5 .....	293
Gambar 4.79 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3B Persentil 50 .....	295
Gambar 4.80 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3B Persentil 95 .....	297
Gambar 4.81 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3C Persentil 5 .....	300
Gambar 4.82 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3C Persentil 50 .....	302
Gambar 4.83 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3C Persentil 95 .....	304
Gambar 4.84 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3D Persentil 5 .....	307
Gambar 4.85 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3D Persentil 50 .....	309
Gambar 4.86 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3D Persentil 95 .....	311
Gambar 4.87 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3E Persentil 5 .....	314
Gambar 4.88 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3E Persentil 50 .....	316
Gambar 4.89 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3E Persentil 95 .....	318
Gambar 4.90 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3F Persentil 5 .....	320
Gambar 4.91 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3F Persentil 50 .....	322
Gambar 4.92 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3F Persentil 95 .....	324
Gambar 4.93 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3G Persentil 5 .....	326
Gambar 4.94 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3G Persentil 50 .....	328
Gambar 4.95 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3G Persentil 95 .....	330
Gambar 4.96 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3H Persentil 5 .....	332
Gambar 4.97 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3H Persentil 50 .....	334
Gambar 4.98 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3H Persentil 95 .....	336
Gambar 4.99 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3I Persentil 5 .....	338
Gambar 4.100 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3I Persentil 50 .....	340
Gambar 4.101 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3I Persentil 95 .....	342
Gambar 4.102 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3J Persentil 5 .....	344
Gambar 4.103 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3J Persentil 50 .....	346
Gambar 4.104 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3J Persentil 95 .....	348
Gambar 4.105 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3K Persentil 5 .....	350
Gambar 4.106 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3K Persentil 50 .....	352
Gambar 4.107 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3K Persentil 95 .....	354
Gambar 4.108 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3L Persentil 5 .....	356
Gambar 4.109 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3L Persentil 50 .....	358
Gambar 4.110 Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3L Persentil 95 .....	360
Gambar 4.111 Grafik Perbandingan LBA .....	362
Gambar 4.112 Grafik Perbandingan Nilai RULA .....	363
Gambar 4.113 Grafik Perbandingan PEI Seluruh Konfigurasi .....	364

Gambar 4.115 Interaction Plot.....	370
Gambar 4.116 Stasiun Kerja Rekomendasi .....	373
Gambar 4.117 Hasil Simulasi Kondisi Aktual.....	375
Gambar 4.118 Hasil Simulasi Kondisi Rekomendasi.....	377
Gambar 4.119 Grafik Perbandingan Performa Pelayanan .....	378



# **BAB 1 PENDAHULUAN**

## **1.1. Latar Belakang**

Infratraktur jalan merupakan prasarana penting dalam pembangunan daya saing bangsa. Dengan adanya infrastruktur jalan, maka arus transaksi komoditas barang dan jasa dapat lebih mudah dilakukan. Salah satu bagian infrastruktur jalan yang memegang peranan penting dalam usaha mewujudkan pembangunan bangsa adalah jalan bebas hambatan atau jalan tol. Dalam sebuah negara, jalan tol bisa dijadikan sebagai tolak ukur untuk mengetahui sejauh mana kemajuan perekonomian sebuah negara, baik secara makro maupun secara mikro. Dengan adanya jalan tol maka bisa dijadikan sebagai bukti dan kesiapan sebuah negara dalam menyongsong sebuah peradaban yang serba mudah dan serba cepat dalam setiap melakukan aktivitas. Dewasa ini, jalan tol semakin tidak terpisahkan dari kehidupan masyarakat, karena dianggap mampu mempercepat waktu transportasi yang harus dilakukan serta dianggap lebih nyaman. Lebih lanjut, menurut Badan Pengelola Jalan Tol (BPJT), penyelenggaraan jalan tol itu pada dasarnya memiliki berbagai tujuan diantaranya adalah :

1. Memperlancar lalu lintas di daerah berkembang
2. Meningkatkan pelayanan distribusi barang dan jasa guna menunjang pertumbuhan ekonomi
3. Meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan
4. Meringankan beban dana pemerintah melalui partisipasi pengguna jalan

Selain itu, dengan adanya jalan tol ini memiliki berbagai manfaat diantaranya adalah :

1. Pembangunan jalan tol akan berpengaruh pada perkembangan wilayah & peningkatan ekonomi.
2. Meningkatkan mobilitas dan aksesibilitas orang dan barang.

3. Pengguna jalan tol akan mendapatkan keuntungan berupa penghematan biaya operasi kendaraan (BOK) dan waktu dibanding apabila melewati jalan non tol.
4. Badan usaha mendapatkan pengembalian investasi melalui pendapatan dari penggunaan jalan tol oleh masyarakat

Sedangkan, menurut pengamat ekonomi INDEF, Avilliani menyatakan bahwa dengan adanya jalan tol akan memudahkan akses transportasi antar daerah, sehingga aktifitas bisnis berjalan dengan lancar. Ditambahkannya bahwa apabila badan yang mengelola jalan tol kinerjanya bagus dan transparan, maka arus investasi di industri tol ini bisa dan akan berdampak pada pertumbuhan ekonomi. Namun, apabila kualitas jalan tol ini rendah, maka dampak negatifnya adalah arus barang dan jasa menjadi tidak optimal yang bisa mengakibatkan efek biaya tinggi bagi pengelola maupun penggunaannya.

Menurut data yang dilansir oleh perusahaan Jasa Marga selama tahun 2010, jumlah kendaraan yang melintas naik menjadi 17.216.414 dibanding tahun 2009 yang hanya berjumlah 16.954.733 kendaraan. Dari jumlah ini berarti kendaraan yang menggunakan jalan tol setiap bulannya mencapai rata-rata 47.168 kendaraan. Dari data ini terlihat jelas bahwa jalan tol memegang peranan penting dalam mobilitas pengguna kendaraan dan merupakan bagian yang hampir tidak terpisahkan dari pengguna kendaraan.

Namun, sampai saat fungsi jalan tol sebagai jalan bebas hambatan belumlah berjalan sebagaimana idealnya. Dari berbagai berita yang ada, ternyata masih sering terjadi kemacetan pada jalan tol terutama pada pintu tol yang berfungsi sebagai tempat transaksi masuk dan keluar pada jalan tol. Pada waktu tertentu terutama pada jam sibuk, para pengguna jalan tol harus melakukan antrian yang dibarengi dengan gerakan percepatan, perlambatan dan berhenti berkali-kali karena kemacetan yang terjadi. Kemacetan pada pintu tol ini merupakan salah satu masalah yang sering terjadi sehingga membuat banyak pengguna jalan harus menunggu cukup lama untuk bisa dilayani. Secara sederhana, salah satu penyebab mengapa antrian di pintu tol terus terjadi adalah karena adanya tingkat kedatangan (*flow rate*) kendaraan yang menuju ke pintu tol tidak seimbang dengan tingkat pelayanan (*service rate*) di gardu-gardu pintu tol. Artinya adalah bahwa tingkat

pelayanan yang ada saat ini masih belum bisa menyesuaikan dengan jumlah kendaraan yang melewati pintu tol. Dengan kondisi ini, menyebabkan kendaraan-kendaraan yang berada pada sistem antrian terutama pada bagian belakang merupakan pihak yang paling dirugikan, karena lama waktu pada sistem pelayanan bersifat kumulatif sehingga waktu terlama akan dialami oleh kendaraan yang datang paling akhir. Kerugian waktu ini tidak hanya dilihat dari dimensi waktu yang terbuang saja tetapi juga berefek pada kerugian biaya, misalkan pengguna jalan harus membayar biaya lebih untuk bahan bakar atau *opportunity loss* yang hilang akibat antrian ini.

Lebih lanjut, apabila melihat dari sistem transaksi pintu tol yang dioperasikan di Indonesia pada umumnya masih menggunakan sistem yang dilakukan dengan transaksi secara manual baik pada sistem terbuka maupun tertutup, walaupun ada juga yang sistemnya semi otomatis. Baik sistem manual maupun semi-otomatis sama-sama membutuhkan operator yang bertugas pada pintu tol. Transaksi pengambilan kartu maupun pembayaran difasilitasi oleh operator yang berada di dalam pintu tol. Hal ini berarti, faktor manusia sebagai pelaku utama pelayanan pintu tol tetap memegang peranan penting dalam upaya peningkatan kualitas pelayanan, ditambah dengan faktor teknologi untuk mendukung peran tersebut. Namun, yang sering menjadi persoalan adalah permasalahan mengenai faktor manusia dalam perancangan sistem kerja seringkali kurang menjadi perhatian. Padahal kondisi stasiun kerja pintu tol yang kurang ergonomis berpengaruh besar pada tingkat pelayanan, karena dengan pekerjaan yang masih banyak dilakukan secara manual dan repetitif menyebabkan operator menjadi cepat lelah dan berdampak pada penurunan performa. Sampai saat ini, lebih dari 90% gerbang tol masih didominasi dengan gerbang tol manual dengan adanya operator yang bertugas di dalamnya.

Dengan kondisi yang mayoritas adalah sistem yang masih manual, disinilah peran ergonomik harus lebih difokuskan. Selama ini ternyata faktor ergonomi masih kurang diperhatikan dalam perancangan sistem kerja pada pintu tol. Padahal pekerja pintu tol merupakan subjek yang amat berpotensi terkena keluhan sendi terutama terkait dengan Musculoskeletal Disorder (P.Strauss, et al,

1992). Selain itu, resiko terjadinya keluhan fisik pada operator tol dalam melakukan transaksi sebesar 21% (R. Day, et al, 1996).

Apabila melihat dari hal tersebut, salah satu langkah yang bisa dilakukan untuk meningkatkan performa dari operator pintu tol sekaligus performa pelayanan secara keseluruhan adalah melalui pengembangan sistem kerja yang berfokus pada operator sebagai unsur utamanya. Pengembangan sistem kerja ini meliputi perancangan stasiun kerja yang ergonomis dan nyaman bagi operator yang bekerja, sehingga membuat tidak cepat lelah dan dapat meningkatkan performa operator. Selain itu, juga perlu dikembangkan metode yang membuat operator lebih efisien dalam melakukan pekerjaannya. Jadi komponen penting yang harus ada dalam sistem kerja operator diantaranya adalah efektifitas yang berkaitan dengan metode kerja yang tepat serta waktu penyelesaian pekerjaan yang singkat, serta desain ergonomis menyangkut dimensi peralatan kerja yang sesuai dengan ukuran tubuh operator.

Dalam merancang sistem kerja pada pintu tol ini, terlebih dahulu menganalisis dan mengevaluasi kondisi aktual dari stasiun kerja saat ini, sehingga bisa ditentukan titik-titik kritis untuk perbaikan sistem kerja ke depannya. Untuk mengetahui kondisi stasiun kerja saat ini digunakan beberapa yang salah satunya penggunaan *motion study*. *Motion study* ini dilakukan dengan cara untuk mengamati pekerjaan yang berlangsung lebih cepat dan berulang-ulang secara detail, dengan cara menggunakan kamera untuk merekam gerakan-gerakan yang berlangsung. Hal ini agar berbagai gerakan-gerakan dalam pekerjaan dapat dianalisis, disimulasikan, serta dilakukan perbaikan. Tujuan *motion study* ini adalah untuk mengeliminasi pergerakan yang tidak efektif serta mengakomodasikan pergerakan dalam kondisi yang lebih cepat dan efektif. Selain menggunakan *motion study*, juga digunakan metode perhitungan antropometri dari postur tubuh dan peralatan kerja yang digunakan pada stasiun kerja. Kondisi antropometri ini berguna agar perancangan kerja yang akan dilakukan nanti dapat disesuaikan dengan kondisi operator dan lebih menekankan aspek ergonomis.

Setelah melakukan pengamatan, kemudian dilakukan simulasi berbasis virtual human modeling yang digunakan analisis melalui PEI (*Posture Evaluation*

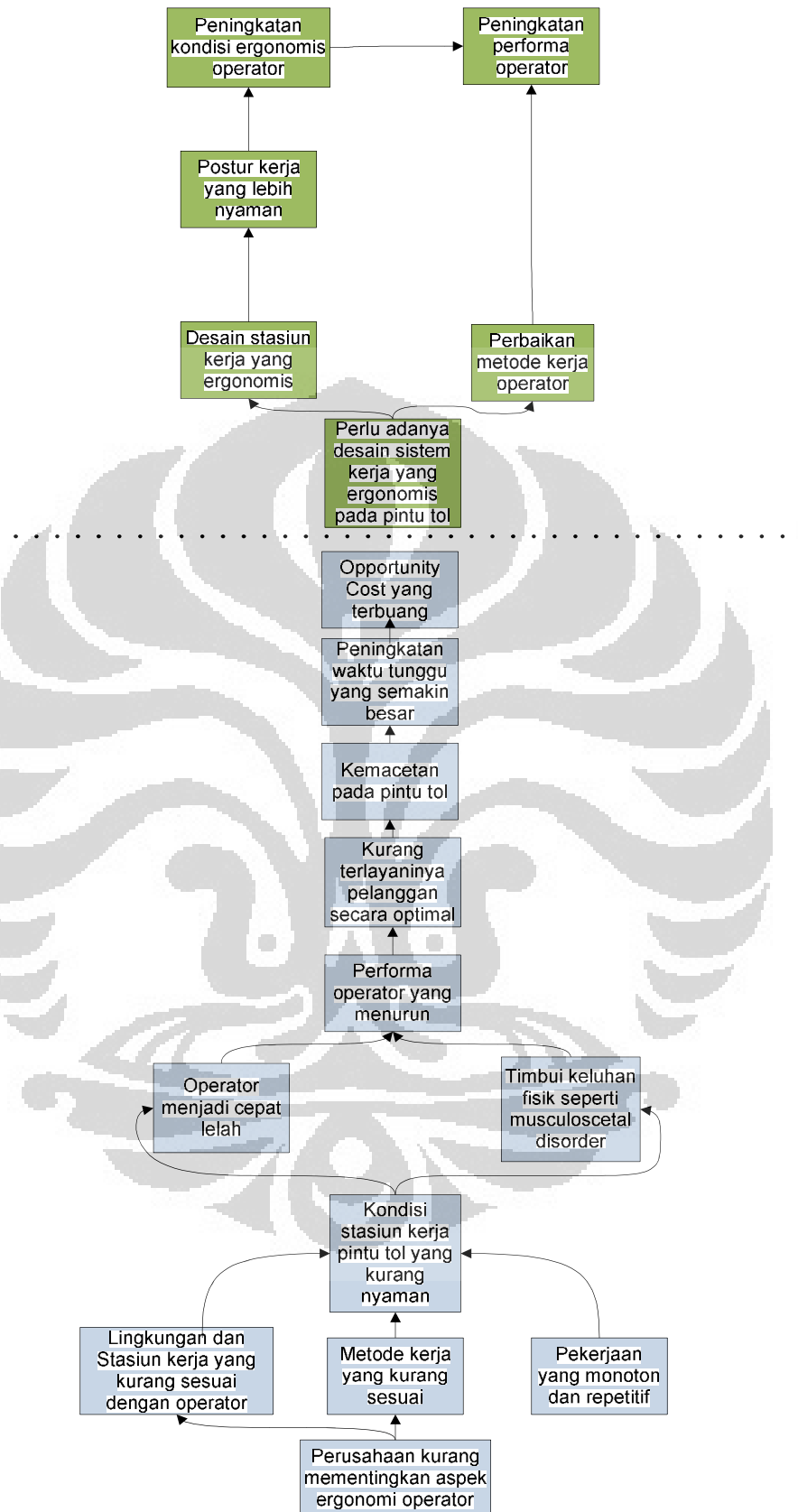
*Index*). PEI merupakan sebuah metode untuk menghitung tingkat kenyamanan postur manusia yang dimodelkan dalam software Jack 6.1 berdasarkan hasil *Task Analysis Toolkits*. Untuk menganalisis PEI ini terlebih dahulu dibuat desain stasiun kerja dari hasil pengamatan ke dalam lingkungan virtual. Dari hasil simulasi ini, nantinya bisa dilihat nilai keergonomisan dari desain stasiun kerja yang ada saat ini, yang kemudian dilihat bagaimana dengan stasiun kerja saat ini berpengaruh terhadap performa operator dengan indikator dari *service rate* dan dilihat berdasarkan simulasi antrian melalui penggunaan software WinQsb. Kemudian dibuat alternatif-alternatif perbaikan stasiun kerja berdasarkan hasil analisis untuk dinilai kelayakannya serta alternatif mana yang optimal guna mendapatkan stasiun kerja yang ergonomis. Dengan adanya usulan perbaikan stasiun kerja di pintu tol, diharapkan bahwa dapat benar-benar meningkatkan keergonomisan dari stasiun kerja serta metode kerja yang berpengaruh pada peningkatan performa operator dan kualitas pelayanan pada pintu tol.

## **1.2. Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan diagram keterkaitan masalah, pokok permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah mengenai desain stasiun kerja dan metode kerja yang belum ergonomis sehingga berpengaruh pada performa pelayanan dari operator pintu tol.

## **1.3. Diagram Keterkaitan Masalah**

Diagram keterkaitan masalah merupakan penyederhanaan dari argumen penulisan penelitian ini berupa penjelasan secara singkat dan detail mengenai masalah yang diangkat serta solusi yang mungkin diterapkan untuk masalah tersebut. Untuk diagram keterkaitan tersebut bisa dilihat di **Gambar 1.1**.



**Gambar 1.1** Diagram Keterkaitan Masalah



#### 1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh pedoman rancangan desain stasiun kerja pintu tol yang ergonomis untuk mengurangi terjadinya *musculoskeletal disorder* dan pengembangan metode kerja sebagai sarana meningkatkan performa pelayanan operator.

#### 1.5. Batasan Penelitian

Batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini diantaranya adalah :

- a. Penelitian dilakukan di tol Cililitan yang dikelola oleh PT. Jasa Marga
- b. Penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel sebanyak 57 operator
- c. Untuk waktu pengambilan data dilakukan pada jam sibuk selama 4 jam
- d. Penelitian dilakukan untuk operator berjenis kelamin laki-laki dan perempuan
- e. Penelitian dilakukan dengan software Jack dan WinQsb
- f. Analisis pada penelitian ini dibedakan menjadi dua bagian yaitu analisis postur melalui metode PEI (Posture Evaluation Index) dan analisis waktu rangkaian kerja melalui simulasi antrian
- g. Untuk performa operator dianalisis dengan menggunakan indikator tingkat pelayanan per pelanggan (*service rate*) dengan dikombinasikan dengan simulasi antrian untuk nantinya bisa dilihat mengenai waktu tunggu antrian ( $Wq$ ) maupun panjang antrian ( $Lq$ ) baik pada stasiun kerja aktual maupun rekomendasi stasiun kerja nantinya

#### 1.6. Metodologi Penelitian

Secara umum, metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap persiapan penelitian
  - a. Menentukan tema dan topik penelitian
  - b. Membuat rancangan penelitian
  - c. Merumuskan permasalahan dan tujuan penelitian
  - d. Melakukan studi literatur mengenai bahasan yang diangkat
2. Tahapan pengumpulan data

- a. Mengidentifikasi kebutuhan data dan variabel penelitian
  - b. Merancang sistem pengambilan data
  - c. Merancang sistem penilaian ergonomis yang akan dilakukan
  - d. Melakukan observasi langsung dan wawancara mengenai keergonomisan stasiun kerja
  - e. Melaksanakan pengambilan data baik berupa data antropometri tubuh, postur, maupun data waktu
3. Tahap pengolahan dan analisis data
- a. Menentukan model
  - b. Membuat model konfigurasi sistem kerja berdasarkan virtual human modeling pada software jack
  - c. Menganalisis model konfigurasi sistem kerja dengan menggunakan beberapa metode seperti PEI (Posture Evaluation Index) pada software Jack
  - d. Melakukan simulasi stasiun kerja saat ini menggunakan simulasi teori antrian melalui software WinQsb
  - e. Membuat rekomendasi perancangan stasiun kerja pada pintu tol
  - f. Mensimulasikan rekomendasi perancangan stasiun kerja pada pintu tol dengan software Jack untuk analisis postur dan WinQsb untuk analisis waktu
  - g. Membandingkan hasil simulasi rekomendasi perancangan stasiun kerja dengan stasiun kerja aktual
4. Tahap penarikan kesimpulan
- a. Membuat kesimpulan keseluruhan penelitian
  - b. Membuat saran untuk penelitian ke depannya

### **1.7. Sistematika penelitian**

Penulisan skripsi ini dibagi ke dalam lima bab, yang dirangkai secara sistematis berdasarkan alur kerja penelitian yang dilakukan penulis.

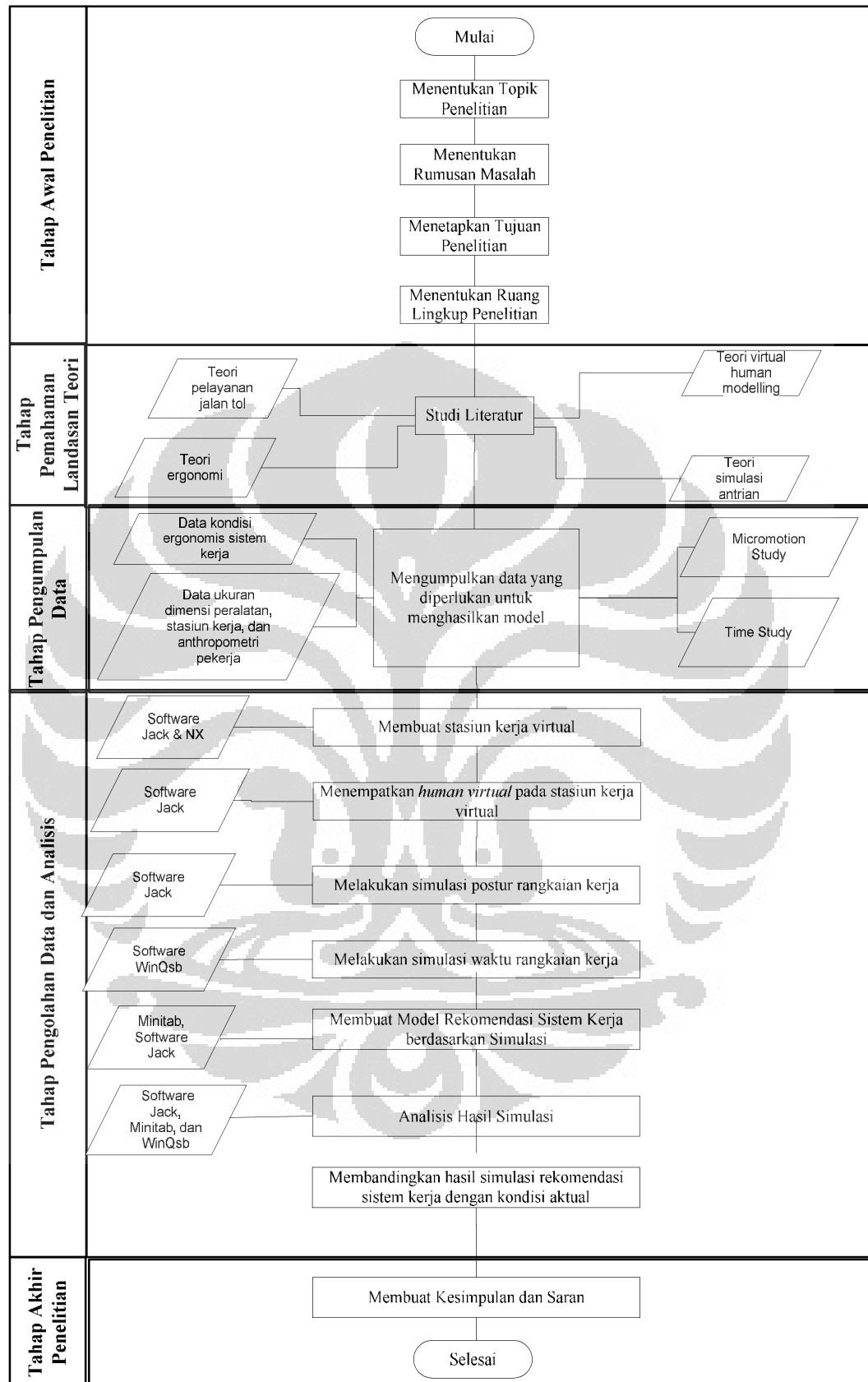
Bab pertama merupakan pendahuluan dari laporan yang dibuat. Di dalamnya berisikan latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian, ruang lingkup dan sistematika penulisan.

Bab kedua merupakan tinjauan atas teori-teori dan literatur yang terkait dengan objek dan metode penelitian yang dijadikan landasan berpikir di dalam melakukan penelitian. Di dalam penelitian ini, teori-teori yang digunakan adalah teori jalan tol, teori ergonomi, *virtual human modeling*, dan simulasi antrian.

Bab ketiga membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Pada bagian awal dibahas mengenai pengambilan data yang dilakukan di pintu tol. Pembahasan kemudian dilanjutkan pada pengolahan data dengan menggunakan simulasi *virtual human modeling* dengan menggunakan software Jack dan simulasi waktu antrian melalui software WinQsb. Setelah melakukan pengolahan data, kemudian menentukan perancangan konfigurasi berdasarkan prinsip desain faktorial untuk kemudian diujikan.

Bab keempat merupakan analisis dari hasil keluaran model, yaitu nilai dari pengolahan data yang dibagi menjadi dua bagian menjadi analisis postur rangkaian kerja dan analisis waktu rangkaian kerja. Untuk analisis postur dianalisis untuk model aktual dan rekomendasi, begitu juga dengan analisis waktu rangkaian kerja. Setelah selesai melakukan analisis, kemudian dilakukan perbandingan untuk mencari hasil yang lebih optimal.

Bab kelima adalah kesimpulan dan saran. Bab ini merangkum keseluruhan proses penelitian yang dilakukan serta hasil dan analisis yang diperoleh dari model simulasi yang dibuat sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan lebih lanjut. Pada bagian akhir dibahas mengenai saran untuk implementasi maupun penelitian selanjutnya.



**Gambar 1.2** Diagram Alir Metodologi Penelitian

## **BAB 2**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Perusahaan Jasa Marga**

Jasa Marga merupakan perusahaan perintis penyelenggaraan jalan tol di Indonesia, yang didirikan pada tanggal 01 Maret 1978. Sebagai jalan tol pertama di Indonesia yang dioperasikan oleh Jasa Marga, Jalan tol Jagorawi (Jakarta-Bogor-Ciawi) merupakan tonggak sejarah bagi perkembangan industri jalan tol di Tanah Air. Berbekal pengalaman selama lebih dari tiga dasawarsa, Perseroan membuktikan kepiawaiannya dengan tetap menjadi pemimpin pasar di industri jalan tol di Tanah Air. Hingga saat ini Perseroan telah mengoperasikan 531 km jalan tol atau 72 % dari total panjang jalan tol di Indonesia.

Perseroan berhasil memenangkan 3 (tiga) konsesi baru yaitu Bogor Ring Road, Semarang-Solo, dan Gempol-Pasuruan pada tahun 2004 serta 2 (dua) ruas JORR 2 yaitu Cengkareng-Kunciran dan Kunciran-Serpong pada tahun 2007. Tiga ruas tol baru lainnya yaitu Surabaya-Mojokerto, JORR W2, serta Gempol-Pasuruan juga menambah jumlah ruas tol yang saat ini dimiliki Perseroan. Sebanyak 8 (delapan) ruas tol baru dengan panjang sekitar 200 km yang saat ini sedang dipersiapkan Perseroan tersebut diharapkan dapat beroperasi secara bertahap antara 2011-2013.

Perseroan telah melalui berbagai peristiwa penting dan perubahan dalam perjalanannya. Pada awal berdirinya, Perseroan berperan tidak hanya sebagai operator, tetapi juga memikul tanggung jawab sebagai otoritas jalan tol di Indonesia. Tahun 2004, peran otorisator dikembalikan kepada Pemerintah dengan dikeluarkannya Undang Undang No. 38 tahun 2004 tentang Jalan. Peran otorisator dilaksanakan oleh Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT). Sebagai konsekuensinya, Jasa Marga menjalankan fungsi sepenuhnya sebagai sebuah perusahaan pengembang dan operator jalan tol dengan berorientasi pada kaidah-kaidah korporasi.

Perubahan ini mendorong Perseroan untuk lebih fokus dalam mengembangkan bisnis jalan tol, mulai dari perencanaan, pembangunan hingga pengoperasian jalan tol. Perseroan pun semakin mendapatkan kepercayaan pemangku kepentingan terutama investor karena Perseroan dapat lebih berkonsentrasi dalam meningkatkan nilai Perseroan.

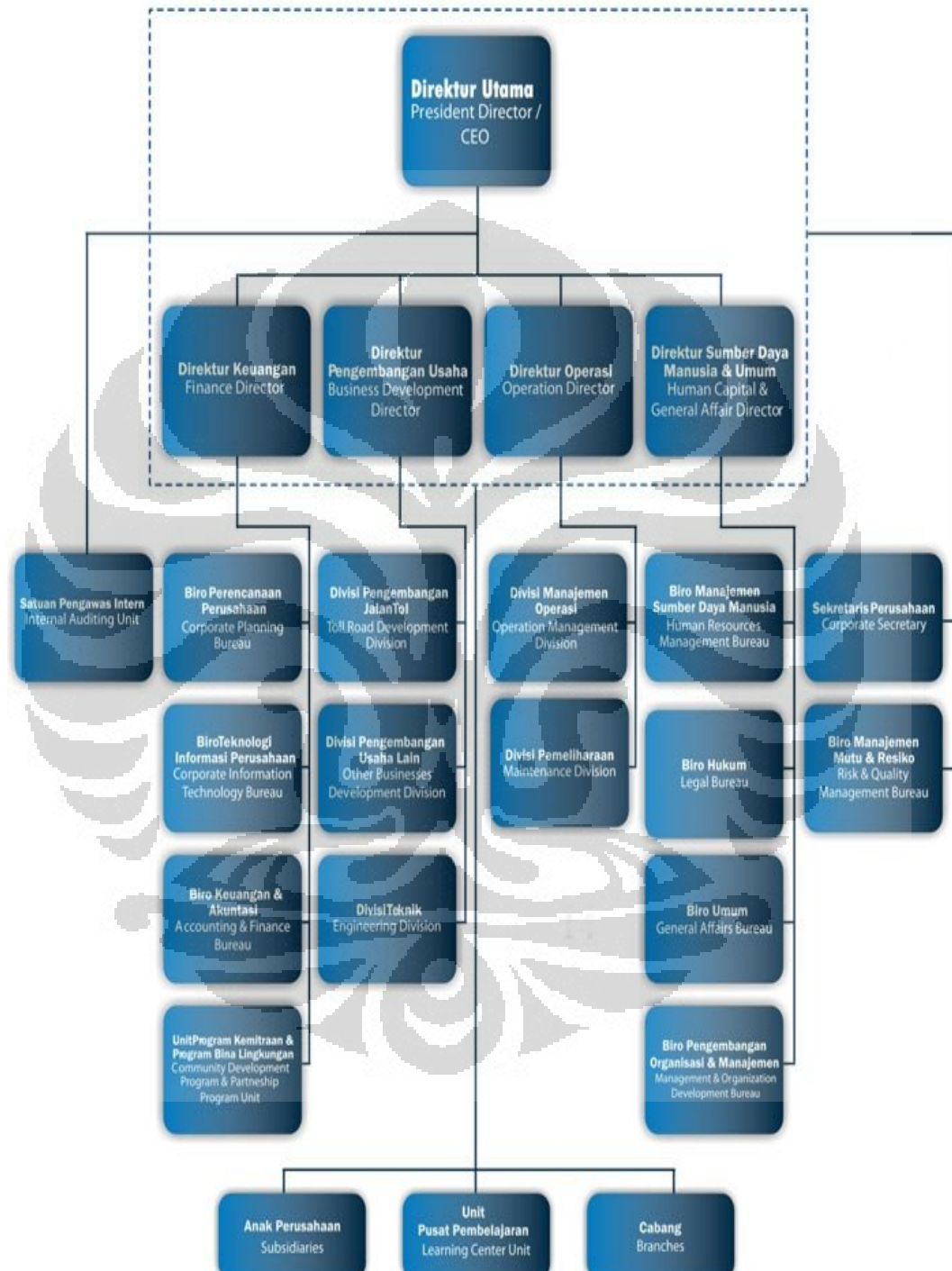
#### 2.1.1. Visi, Misi, dan Struktur Organisasi Perusahaan

Visi Perusahaan Jasa Marga adalah “Menjadi Perusahaan modern dalam bidang pengembangan dan pengoperasian jalan tol, menjadi pemimpin (*leader*) dalam industri jalan tol dengan mengoperasikan mayoritas jalan tol di Indonesia, serta memiliki daya saing yang tinggi di tingkat Nasional dan Regional”.

Misi Perusahaan Jasa Marga adalah “Menambah panjang jalan tol secara berkelanjutan, sehingga Perusahaan menguasai paling sedikit 50% panjang jalan tol di Indonesia dan usaha terkait lainnya, dengan memaksimalkan pemanfaatan potensi keuangan Perusahaan serta meningkatkan mutu dan efisiensi jasa pelayanan jalan tol melalui penggunaan teknologi yang optimal dan penerapan kaidah-kaidah manajemen Perusahaan modern dengan tata kelola yang baik”.

# Struktur Organisasi

## Organizational Structure



**Gambar 2.1** Struktur Organisasi Perusahaan

### 2.1.2. Lini Operasi Jasa Marga

Bidang usaha Jasa Marga adalah membangun dan menyediakan jasa pelayanan jalan tol. Untuk itu Jasa Marga melakukan aktifitas usaha sebagai berikut:

- Melakukan investasi dengan membangun jalan tol baru.
- Mengoperasikan dan memelihara jalan tol.
- Mengembangkan usaha lain, seperti tempat istirahat, iklan, jaringan serat optik dan lain-lain, untuk meningkatkan pelayanan kepada pemakai jalan dan meningkatkan hasil usaha perusahaan.
- Mengembangkan usaha lain dalam koridor jalan tol.

Saat ini Jasa Marga mengelola dan mengoperasikan 13 hak pengusahaan (konsesi) jalan tol melalui sembilan kantor cabang dan satu anak perusahaan yaitu :

- Jalan tol Jagorawi
- Jalan Tol Jakarta-Tangerang
- Jalan Tol Jakarta- Cikampek
- Jalan Tol Dalam Kota Jakarta
- Jalan Tol Prof. Dr.Ir. Sedyatmo
- Jalan Tol Serpong-Pondok Aren (dioperasikan oleh JLJ)
- Jalan Tol Cikampek -Purwakarta-Cileunyi
- Jalan Tol Padalarang –Cileunyi
- Jalan Tol Palimanan-Kanci
- Jalan Tol Semarang
- Jalan Tol Surabaya Gempol
- Jalan Tol Belawan-Medan-Tanjung Morawa
- Jalan Tol Lingkar Luar Jakarta (dioperasikan oleh JLJ)

Salah satu jalan tol yang memiliki kepadatan tinggi adalah Jalan Tol Dalam Kota atau Jakarta *Intra Urban Tollways*. Jalan ini mulai dioperasikan oleh Jasa Marga secara bertahap semenjak tahun 1987, melalui ruas Cawang-Semanggi. Jalan Tol ini dibangun seiring dengan pertumbuhan Jakarta sebagai pusat pemerintahan dan pusat bisnis, dimana mobilitas orang dan barang makin meningkat pula. Jalan Tol sepanjang ini menghubungkan wilayah Timur Jakarta



yaitu Cawang hingga wilayah Barat Kota Jakarta hingga Pluit. Jalan Tol sepanjang 23,55 Km ini saat ini terintegrasi dengan 4 (empat) jalan tol yang menuju ke berbagai wilayah yaitu, Jalan Tol Jagorawi, Jalan Tol Jakarta-Cikampek, Jalan Tol Tangerang-Merak, Serta Jalan Tol Prof Dr. Ir. Sedyatmo. Sementara itu pada tahun 1996 saat selesainya pembangunan ruas Grogol-Pluit, Jalan tol ini menjadi sebuah lingkaran yang tak berujung bersamaan bersama ruas Cawang-Tanjung Priuk-Pluit yang dioperasikan oleh PT Citra Marga Nushapala Persada. Dengan demikian jalan tol ini menjadi salah satu infrastruktur penting Nasional dan menjadi urat nadi transportasi yang penting menghubungkan dari wilayah Tangerang menuju Cikampek serta kota-kota lain di Pantai Utara Jawa (Pantura). Sehingga Jalan tol ini yang memiliki 3 x 2 jalur ini kerap dipadati oleh lalu lintas pada jam-jam tertentu

## **2.2. Jalan Tol**

Jalan adalah prasarana hubungan darat yang diperuntukkan bagi lalu lintas kendaraan, orang dan hewan. Jalan dikelompokkan berdasarkan jalan umum dan jalan khusus. Jalan umum adalah jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas untuk umum. Jalan khusus adalah jalan yang termasuk selain jalan umum (info tol, 2005). Jalan tol adalah jalan umum yang kepada pemakainya dikenakan kewajiban membayar tol dan merupakan jalan alternatif lintas jalan umum yang telah ada. Jalan tol diselenggarakan dengan maksud untuk mempercepat pewujudan jaringan jalan dengan sebagian atau seluruh pendanaan berasal dari pengguna jalan untuk meringankan beban pemerintah. Jalan tol diselenggarakan dengan tujuan meningkatkan efisien pelayanan jasa distribusi guna menunjukkan pertumbuhan ekonomi dengan perkembangan wilayah dengan memperhatikan rencana induk jaringan jalan. Terkait dengan pelayanan yang ada di jalan tol, secara garis besar dibagi menjadi 3 bagian yaitu :

### **a. Pelayanan transaksi**

Pelayanan transaksi merupakan pelayanan yang diberikan pada saat transaksi berlangsung yaitu antara petugas tol dan pengguna jasa kendaraan. Dengan adanya dinamika dan perkembangan tuntutan dari pemakai jalan tol maka faktor mengenai pelayanan transaksi perlu diperhatikan dengan serius, sehingga pemakai jalan tol langsung merasakan bagaimana layanan transaksi yang di berikan.

b. Pelayanan lalu lintas

Pelayanan lalu lintas yaitu pelayanan yang dilakukan terhadap kendaraan yang melalui jalan tol. Pelayanan ini dapat dilihat dari kejadian-kejadian yang terjadi disepanjang jalan tol. Hal-hal yang terkait dengan pelayanan lalu lintas ini diantaranya adalah disediakannya fasilitas patrol, ambulance, pemadam, dan kendaraan rescue, rambu-rambu lalu lintas sebagai penunjuk arah daerah batas. Kecepatan yang dapat digunakan saat pengguna jalan tol mengalami kesulitan.

c. Pelayanan Pemeliharaan

Layanan terhadap pemeliharaan dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu pemeliharaan rutin, pemeliharaan periodik dan pemeliharaan khusus. Pemeliharaan rutin dilakukan setiap waktu-waktu tertentu terhadap seluruh aset jalan tol. Seperti pengecatan garis-garis pembatas jalan, pembatas-pembatas jalan, pengaspalan jalan-jalan yang rusak.

### 2.2.1. Gardu Tol

Gardu tol atau pintu tol adalah tempat pelayanan transaksi tol bagi pemakai tol yang terdiri dari beberapa gardu dan sarana perlengkapan lainnya (info tol, 2005). Penggunaan gerbang tol diatur sebagai berikut:

- a. Bangunan gerbang tol dipergunakan untuk pelaksanaan transaksi tol
- b. Di gerbang tol, pengguna wajib menghentikan kendaraannya untuk mengambil atau menyerahkan karcis masuk atau membayar tol
- c. Dilarang menaikkan atau menurunkan penumpang, barang dan hewan di gerbang tol (PP No. 15 Th 2005 Pasal 25 ayat 4).

Gardu tol adalah ruang tempat bekerja pengumpul tol untuk melaksanakan tugas pelayanan kepada pemakai jalan tol. Berikut merupakan beberapa karakteristik dari gardu tol

- a. Pada sistem pengumpulan tol terbuka berfungsi untuk melayani pembayaran tol kepada pemakai jalan tol.
- b. Pada sistem pengumpulan tol tertutup berfungsi untuk melakukan transaksi.
- c. Gardu masuk adalah untuk melayani pemberian karcis tanda masuk kepada pemakai jalan tol.
- d. Gardu keluar adalah untuk melayani pembayaran tol kepada pemakai jalan

tol. (info tol, 2005)

Hal-hal yang berhubungan dengan waktu pelayanan di gardu jalan tol saat mengadakan transaksi antara lain:

a. Tarif tol

Tarif tol yang dikenakan terhadap pemakai jalan tol sesuai jenis kendaraan dan jarak tempuh kendaraan.

b. Nominal pembayaran.

Nominal pembayaran dikategorikan terhadap pemakai jalan tol yang membayar dengan uang yang pas atau tidak pas, misalnya dengan memberikan pecahan yang besar saat mengadakan transaksi.

c. Kesiapan dalam pembayaran

Pemakai jalan tol kadang-kadang tidak mempersiapkan uang atau tiket tol terlebih dahulu sehingga mencari-cari pecahan atau tiket didepan loket pada saat hendak membayar tol. Ada juga yang melontarkan pertanyaan, misalnya besarnya tarif tol yang harus dibayar, arah tujuan dan panjang yang ditempuh.

d. Jenis ukuran dan muatan (berat) kendaraan.

Ukuran dan berat kendaraan akan menyebabkan jalannya kendaraan jadi lambat yang disebabkan panjang kendaraan dan berat muatannya.

### 2.2.2. Standar Pelayanan Minimum Jalan Tol

Sebagai upaya untuk mempertahankan kualitas jalan sehingga tetap nyaman dipakai pengguna jalan, perusahaan Jasa Marga secara terus-menerus mempertahankan pemenuhan standar pelayanan minimal (SPM) jalan tol. SPM yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.: 392/PRT/M/2005 tanggal 31 Agustus 2005 tentang Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol adalah ukuran yang harus dicapai oleh Badan Usaha Jalan Tol dalam rangka meningkatkan pelayanan kepada masyarakat pengguna jalan tol.

Standar pelayanan minimal untuk jalan tol dinilai sangat penting karena sebagai jalan bebas hambatan, kendaraan bermotor yang melewati jalan tol disarankan untuk mematuhi standar kecepatan minimum yang telah ditentukan. SPM meliputi substansi pelayanan sebagai berikut:

a. Kondisi jalan

Jasa Marga berkewajiban untuk selalu memelihara kondisi kekerasan jalan tol. Salah satu upaya dalam rangka perencanaan dan aktivitas pemeliharaan perkerasan jalan tol adalah dengan melaksanakan survey kekesatan dan ketidakrataan. Dalam kurun 2 (dua) tahun sekali data ini selalu diperbarui guna mendapatkan gambaran terkini kondisi perkerasan jalan tol. Indikator substansi pelayanan kondisi jalan tol terdiri dari:

- Kekesatan : tolok ukur  $> 0,33 \mu\text{m}$
- Ketidakrataan : tolok ukur  $\text{IRI} \leq 4 \text{ m/km}$
- Tidak ada lubang : tolok ukur tidak ada lubang 100% (zero pothole)

Untuk memperoleh data-data tersebut, Perseroan melakukan survey kekesatan permukaan dengan alat Mu-meter, survey ketidakrataan permukaan dengan alat NAASRA Roughness-meter dan survey kondisi visual.

b. Kecepatan tempuh rata-rata

Indikator dari substansi pelayanan kecepatan tempuh rata-rata adalah kecepatan tempuh rata-rata dengan tolok ukur:

- Jalan Tol Dalam Kota :  $\geq 1,6$  kali kecepatan tempuh rata-rata Jalan Non Tol
  - Jalan Tol Luar Kota :  $\geq 1,8$  kali kecepatan tempuh rata-rata Jalan Non Tol
- Metode yang digunakan adalah dengan *Test-Car Runs/Test Vehicle Method* dengan menggunakan teknik average car, dimana surveyor/pengemudi dapat memilih kecepatan kendaraan yang sesuai, yang dapat mewakili kecepatan kendaraan untuk setiap titik/lokasi dan waktu (traffic stream's speed). Waktu pelaksanaan survey dilakukan pada jam-jam padat dan jam-jam kosong sehingga diharapkan dapat mengakomodasi kebutuhan waktu yang digunakan untuk melewati rute-rute tersebut. Sama halnya dengan pemilihan waktu, survey dilakukan pada hari-hari sibuk dan hari-hari tidak sibuk (kosong). Umumnya hari libur yaitu Sabtu dan Minggu digunakan untuk mewakili hari-hari tidak sibuk. Survey waktu tempuh ini umumnya dilakukan 2 (dua) kali setahun dengan populasi pencapaian 100%.

c. Aksesibilitas

Indikator dari substansi pelayanan aksesibilitas adalah kecepatan Transaksi Rata-rata. Tolok ukur kecepatan transaksi dibagi berdasarkan lingkup sebagai berikut:

- Gerbang tol sistem terbuka : < 8 detik setiap kendaraan;
- Gerbang tol sistem tertutup  
Gardu masuk : < 7 detik setiap kendaraan  
Gardu keluar : < 11 detik setiap kendaraan

d. Jumlah Gardu Tol

Tolok ukur jumlah gardu (kapasitas gardu) dibagi berdasarkan lingkup sebagai berikut:

- Kapasitas sistem terbuka : > 450 kendaraan per jam per gardu;
- Kapasitas sistem tertutup :  
Gardu masuk : > 500 kendaraan per jam  
Gardu keluar : > 300 kendaraan per jam

e. Mobilitas

Indikator dari substansi pelayanan mobilitas adalah kecepatan penanganan hambatan lalu lintas yang mencakup:

- Wilayah pengamatan observasi patroli dengan tolok ukur 30 menit per siklus (satu siklus adalah satu kali putaran pengamatan yang dilakukan oleh petugas patroli/kendaraan patroli untuk ke posisi semula)
- Response time dengan tolok ukur  $\leq 30$  menit (waktu yang dihitung mulai dari informasi diterima oleh petugas komunikasi/sentral komunikasi sampai dengan petugas patrol tiba di lokasi/tempat kejadian)
- Penanganan akibat kendaraan mogok dengan tolok ukur: melakukan penderekan ke pintu gerbang tol terdekat/bengkel terdekat dengan menggunakan derek resmi (gratis)
- Patroli kendaraan Derek dengan tolok ukur: 30 menit per siklus pengamatan

f. Keselamatan

Indikator dari substansi pelayanan keselamatan adalah sarana pengatur lalu lintas yang terdiri dari:

- Perambuan: jumlah 100%;
- Marka jalan: jumlah 100% dan reflektivitas  $\geq 80\%$ ;
- Guide post/reflector: jumlah 100% dan reflektivitas  $\geq 80\%$
- Patok KM setiap 1 kilometer: jumlah 100%
- Penerangan Jalan Umum (PJU) wilayah perkotaan: lampu menyala 100%;
- Pagar ruang milik jalan: keberadaan 100%;
- Penanganan kecelakaan
- Pengamanan dan penegakan hukum, dengan tolok ukur: keberadaan Polisi Patroli Jalan Raya (PJR) yang siap panggil 24 jam.
- Unit pertolongan/penyelamatan dan bantuan pelayanan

### 2.3. Ergonomi

Ergonomi merupakan bidang keilmuan yang berasal dari dua buah kata dalam bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti hukum. Ergonomi merupakan suatu kajian terhadap interaksi antara manusia dengan mesin yang digunakannya, beserta faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi tersebut. Tujuan dari kajian ergonomi adalah untuk meningkatkan performa dari sistem dengan meningkatkan kualitas hubungan antara manusia dengan mesin yang digunakan. Menurut Bridger, R.S., (2003), hal ini bisa dilakukan dengan “mendesain ke dalam” sebuah antar muka (*interface*) yang lebih baik atau dengan “mendesain ke luar” faktor-faktor yang ada di lingkungan (*environment*), kegiatan kerja (*task*), atau organisasi (*organization*). Implementasi ilmu ergonomi dalam desain sistem seharusnya membuat suatu sistem bekerja lebih baik dengan mengeliminasi aspek-aspek yang tidak diinginkan, tidak terkontrol, dan tidak terukur, seperti:

- Ketidakefisienan,
- Insiden, cedera, dan kesalahan,
- Kesulitan dalam penggunaan, dan
- Moral yang rendah dan apatisme.

Menurut International Ergonomics Association (2000), ergonomi dapat didefinisikan sebagai disiplin ilmu yang menaruh perhatian kepada interaksi antara manusia dengan elemen – elemen lainnya dalam suatu sistem dan profesi

yang menggunakan teori, prinsip – prinsip, data dan metode untuk mendesain sebuah perancangan yang bertujuan untuk mengoptimasikan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan. Lebih lanjut lagi, IEA menjelaskan ergonomi sebagai ilmu yang berkontribusi pada desain dan evaluasi sebuah pekerjaan, tugas, produk, lingkungan dan sistem dalam rangka membuat hal – hal tersebut sepadan dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia. Sedangkan McCormick (1993) dalam bukunya menggunakan istilah *human factors* untuk mengistilahkan ergonomi, dan mengatakan ergonomi dapat didefinisikan berdasarkan hal-hal dibawah ini :

- Fokus dari *human factors* adalah pada interaksi manusia dengan produk, perlengkapan, fasilitas, prosedur, dan lingkungan yang digunakannya dalam bekerja dan dalam kehidupan sehari-hari.
- Tujuan dari *human factors* ada dua yaitu meningkatkan keefektifan dan keefisienan ditempat bekerja dan aktivitas lain yang dilakukan, sedangkan tujuan yang lain adalah untuk meningkatkan keselamatan kerja, kepuasan kerja, serta kualitas hidup manusia.
- Pendekatan dari *human factors* adalah pendekatan aplikasi sistematis dari informasi yang berhubungan dengan kapasitas manusia, batasan, karakteristik, perilaku, motivasi untuk mendesain benda dan lingkungan yang digunakan oleh mereka (manusia). Hal ini termasuk penelitian investigasi untuk melihat informasi antara manusia dengan lingkungan, dan benda-benda disekitarnya.

Menurut Mark Sanders. S dan Ernest J McCormick,(1993), istilah *human factors* lebih sering digunakan di Amerika Serikat dan beberapa negara lain, sementara istilah ergonomi lebih sering digunakan di negara-negara eropa. Selain *human factors*, beberapa istilah lain yang memiliki definisi dan konteks serupa antara lain *human engineering* dan *engineering psychology*.

Ergonomi merupakan suatu cabang ilmu yang mempelajari sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia, dimana secara hakiki akan berhubungan dengan segala aktivitas manusia yang dilakukan untuk menunjukkan performansinya yang terbaik (Sutalaksana,2006). Sementara itu pada Agustus 2000, *the International Ergonomics Association Executive Council*

mendefinisikan ergonomi sebagai suatu disiplin ilmu *scientific* yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen lain dalam sebuah sistem dan pekerjaan yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang suatu desain yang optimal bagi manusia dan kinerja sistem secara umum.

Author	Definition of Human Factors and Ergonomics
Murrell, 1965	...the scientific study of the relationship between man and his working environment. In this sense, the term environment is taken to cover not only the ambient environment in which he may work but also his tools and materials, his methods of work and the organization of the work, either as an individual or within a working group. All these are related to the nature of man himself; to his abilities, capacities and limitations.
Grandjean, 1980	...is a study of man's behavior in relation to his work. The object of this research is man at work in relation to his spatial environment...the most important principle of ergonomics: Fitting the task to the man. Ergonomics is interdisciplinarian: it bases its theories on physiology, psychology, anthropometry, and various aspects of engineering.
Meister, 1989	...is the study of how humans accomplish work-related tasks in the context of human-machine system operation and how behavioral and nonbehavioral variables affect that accomplishment.
Sanders and McCormick, 1993	...discovers and applies information about human behavior, abilities, limitations, and other characteristics to the design of tools, machines, tasks, jobs, and environments for productive, safe, comfortable, and effective human use.
Hancock, 1997	...is that branch of science which seeks to turn human-machine antagonism into human-machine synergy.

**Gambar 2.2** Definisi *Human Factors* dan Ergonomi

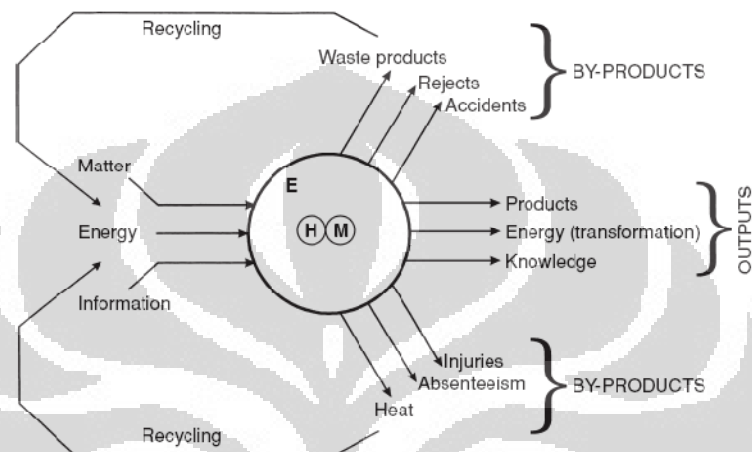
Berikut ini merupakan pendekatan ini dilakukan dengan cara mengkategorikan struktur sederhana yang menjelaskan tentang ergonomi ke dalam bentuk *who, what, how, when/where*, dan *goal* berdasarkan Karwowski (2006).

Who	What	How	When/Where	Goal
Human	System	Engineering	Environment	Safety
People	Machine	Designing	Work	Comfort
Users	Equipment	Applying	Life	Efficiency
Person	Product technology	Studying optimizing		

**Gambar 2.3** Struktur Kategori Terminologi Ergonomi



Fokus kajian dari ilmu ergonomi adalah interaksi antara manusia dengan mesin yang digunakan dan antar muka diantara keduanya. Ketika manusia berinteraksi dengan mesin, manusia tersebut berinteraksi melalui sebuah antar muka. Umpan balik (*feedback*) yang didapat juga diterima melalui antar muka. Berikut merupakan gambaran dari sistem kerja oleh Bridger (2003).



**Gambar 2.4** Sistem Kerja

### 2.3.1. Ergonomi dan Perancangan Desain

Ergonomi berperan besar dalam perancangan desain baik itu yang sifatnya produk maupun sistem. Dalam hal ini seorang perancang desain harus menetapkan bahwa konsep ergonomi sebagai kerangka dasar dalam pengembangan desain untuk membangun tingkat kompetitif dari produk tersebut.

Dalam bidang pekerjaan, prinsip ergonomi memegang peranan penting dalam perancangan system kerja maupun peralatan kerja yang nyaman untuk dapat mengakomodasi karakteristik dari pekerja dan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan. Dalam aplikasi ergonomi, salah satu istilah penting adalah “*to fit the job to the worker*” dalam perancangan sistem kerja begitu juga dalam pengembangan desain produk (Bridger, 1995), sehingga desain yang dihasilkan diharapkan akan memenuhi keinginan konsumen dan diharapkan memiliki nilai tambah, dimana manfaat (*tangible & intangible benefits*) yang akan dirasakan memiliki totalitas manfaat yang lebih dibandingkan biaya pengorbanan yang harus dikeluarkan.

## 2.4. Antropometri

Secara etimologis, istilah antropometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu *antropos* yang berarti manusia, dan *metron* yang berarti ukuran. Sehingga bisa dikatakan, antropometri adalah studi tentang ukuran tubuh manusia. Manusia mempunyai ukuran dan bentuk tubuh yang berbeda-beda. Ilmu teknik yang menggunakan informasi yang telah ada dan perkembangan informasi yang baru tentang ukuran tubuh manusia disebut ilmu antropometri. Penelitian awal tentang ukuran tubuh manusia dilakukan akhir abad 14. Data antropometri yang cukup lengkap dihasilkan pada awal tahun 1800. Metode-metode pengukuran distandarisasikan beberapa kali yang dilakukan pada awal sampai pertengahan abad 20. Standarisasi yang paling baru muncul pada tahun 1980-an yang dikeluarkan oleh *Internasional Standart Organization* (ISO). Metode-metode pengukuran standart mengasumsikan tentang ukuran postur tubuh dan batas-batas penggunaannya. Pelaksanaan penelitian untuk penggunaan ilmu teknik hanya dilakukan untuk kepentingan militer. Pengertian antropometri menurut Stevenson (1989) dan Eko Nurmianto (1991) adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain.

Data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi-dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut. Maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan tersebut. Secara umum sekurang-kurangnya 90% - 95% dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk haruslah mampu menggunakannya dengan selayaknya. Pada dasarnya peralatan kerja yang dibuat dengan mengambil referensi dimensi tubuh tertentu jarang sekali bisa mengakomodasi seluruh range ukuran tubuh dari populasi yang akan memakainya. Survey antropometri dalam skala besar menghabiskan waktu dan biaya. Ada sebuah metode alternatif yang dapat digunakan yaitu dengan mengerjakan survey khusus untuk memperoleh dimensi pokok. Lalu dimensi lain dihasilkan dari dimensi pokok ini dengan menggunakan prosedur statistik. Biasanya metode ini tidak dapat menghasilkan data yang akurat, akan tetapi

metode ini akan menjadi cukup akurat untuk beberapa pelaksanaan praktek tertentu. Aplikasi utama dari penerapan data antropometri adalah :

- Desain lingkup kerja
- Desain lingkungan
- Desain peralatan, perlengkapan mesin
- Desain produk konsumen

#### 2.4.1. Variabilitas Manusia

Manusia mempunyai ukuran-ukuran tubuh yang berbeda-beda. Perbedaan etnis, suku dan bangsa mempunyai ciri-ciri psikologi yang membuat mereka berbeda beda satu sama lain. Perbedaan bahkan muncul dalam kelompok yang sama menurut karakteristik dari gen yang dimiliki. Perbedaan antara satu populasi dengan populasi yang lain adalah dikarenakan oleh factor-faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh. Para perancang harus mempertimbangkan factor-faktor tersebut dan menyesuaikan rancangan dengan faktor tersebut. Faktor-faktor yang paling penting adalah :

##### a. Usia

Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertambah besar – seiring dengan bertambahnya umur – yaitu sejak awal kelahiran sampai dengan umur 20 tahunan. Dari penelitian yang dilakukan oleh A.F. Roche dan G.H. Davila (1972) dalam I Wayan Darma (2004) di USA diperoleh kesimpulan bahwa laki-laki akan tumbuh dan berkembang naik sampai dengan usia 21.2 tahun, sedangkan wanita 17.3 tahun; meskipun ada sekitar 10% yang masih terus bertambah tinggi sampai usia 23.5 tahun (laki-laki) dan wanita 21.1 tahun (wanita). Setelah itu, tidak lagi akan terjadi pertumbuhan justru akan cenderung berubah menjadi penurunan ataupun penyusutan yang dimulai sekitar umur 40 tahunan.

##### b. Jenis kelamin

Secara distribusi statistik ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan yang signifikan diantara rata-rata dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan begitu saja. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya dari pada

wanita kecuali didaerah pinggul dan paha. Lipatan kulit wanita juga lebih besar dari lipatan kulit pria. Oleh karenanya data antropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

c. Posisi Tubuh (*Posture*)

Sikap (*posture*) ataupun posisi tubuh akan berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh sebab itu, posisi tubuh standar harus diterapkan untuk survei pengukuran.

d. Cacat Tubuh

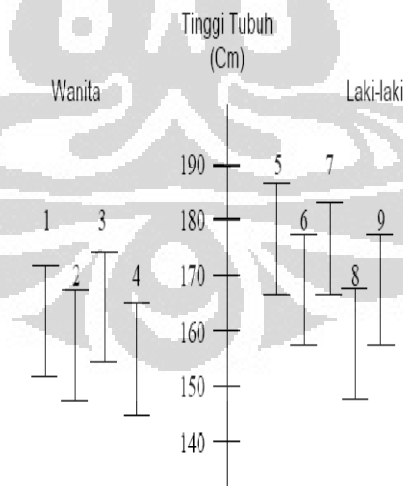
Data antropometri akan diperlukan untuk perancangan produk bagi orang-orang cacat (kursi roda, kaki/tangan palsu, dan lain-lain).

e. Tebal/Tipisnya Pakaian

Faktor iklim yang berbeda akan memberikan variasi yang berbeda pula dalam bentuk rancangan dan spesifikasi pakaian. Dengan demikian dimensi tubuh orang pun akan berbeda dari satu tempat dengan tempat yang lainnya.

f. Suku bangsa

Suku / bangsa (*ethnic*). Setiap suku, bangsa ataupun kelompok etnik akan memiliki karakteristik fisik yang akan berbeda satu dengan yang lainnya. Gambar 2.5 berikut menunjukkan perbedaan dimensi ukuran (tinggi) dari berbagai macam suku bangsa tertentu.



**Gambar 2.5** Perbedaan Tinggi Tubuh Manusia Dalam Posisi Berdiri Tegak Untuk Berbagai Suku Bangsa

#### g. Kehamilan

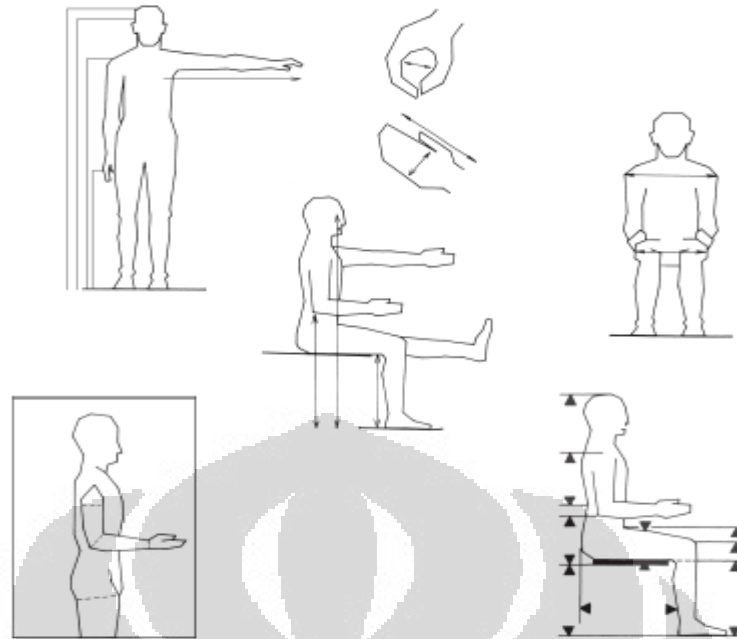
Kehamilan (*pregnancy*), dimana kondisi semacam ini jelas akan mempengaruhi bentuk dan ukuran tubuh (khusus perempuan). Hal tersebut jelas memerlukan perhatian khusus terhadap produk-produk yang dirancang bagi segmentasi produk ini.

#### 2.4.2. Data Antropometri

Menurut Bridger (1995), data antropometri memiliki tiga tipe yaitu:

- Data Antropometri Struktural

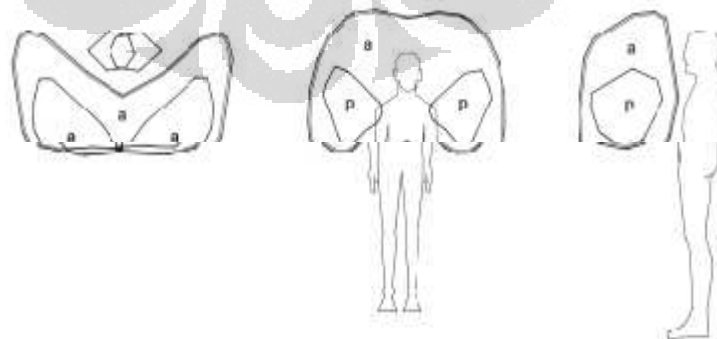
Data antropometri struktural merupakan data antropometri yang didapatkan melalui pengukuran ketika subjek yang diukur berada dalam posisi diam (statis). Pengukuran dimensi tubuh manusia pada data antropometri structural dilakukan dengan cara menghitung jarak dari suatu titik dalam anatomi tubuh manusia terhadap satu titik yang berada dalam permukaan yang tetap. Pengukuran data antropometri structural dapat dilakukan ketika subjek berdiri maupun duduk, asalkan subjek berada dalam posisi yang statis yidak bergerak. Hasil rekapitulasi pengukuran ini berupa data antropometri yang diklasifikasikan dalam persentil tertentu. Lazimnya, persentil yang digunakan adalah persentil 5, persentil 50 dan persentil 95. Data antropometri structural memiliki beberapa kekurangan, salah satunya adalah ketika mengaplikasikan data antropometri structural yang bersifat statis ke dalam penyelesaian suatu desain yang melibatkan gerakan.



**Gambar 2.6** Data Antropometri Struktural

- **Data Antropometri Fungsional**

Data antropometri fungsional dikumpulkan untuk menggambarkan gerakan bagian tubuh terhadap titik posisi yang tetap, seperti misalnya area jangkauan tangan. Daerah yang berada dalam jangkauan tangan disebut zona jangkauan maksimum, atau dalam hal ini menggunakan istilah “working envelopes”. Berbeda dengan data antropometri structural yang diukur dalam keadaan statis, data antropometri fungsional diukur ketika subjek yang diukur melakukan gerakan – gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus dilakukan.



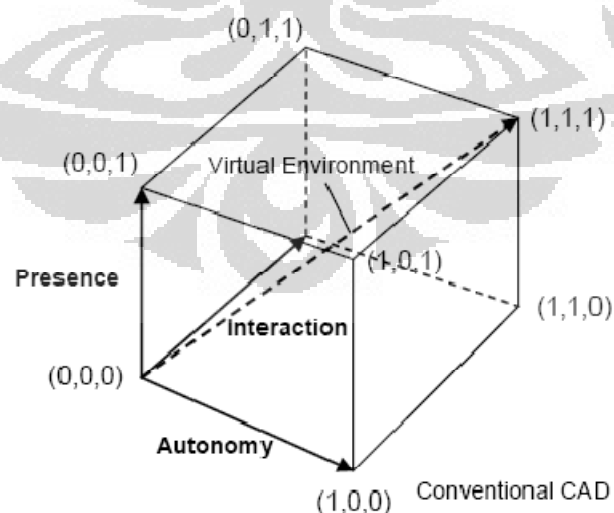
**Gambar 2.7** Data Antropometri Fungsional

- Data Antropometri Newtonian

Tubuh manusia terdiri dari berbagai macam segmen yang memiliki panjang dan massa yang berbeda – beda. Panjang dan massa segmen – segmen tersebut memiliki ukuran masing – masing dan terangkai menjadi satu kesatuan. Panjang dan massa tersebut berhubungan dengan beban yang diterima oleh masing – masing segmen. Untuk mengukur dan membandingkan beban ditanggung suatu segmen digunakanlah data antropometri Newtonian.

## 2.5. Virtual Environment

Menurut Kalawsky, R. (1993a), *Virtual environment* (VE) adalah representasi dari sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer, yaitu suatu representasi yang memungkinkan penggunanya untuk berinteraksi dengan lingkungan sintesis sesuai dengan keadaan lingkungan nyata. Kalawsky juga membicarakan tentang istilah *Virtual Reality* yang pertama kali diperkenalkan Jaron Lanier. Konsep ini merupakan konsep yang sama maknanya dengan *virtual environment*, tetapi lebih dikenal oleh publik. Menurut Zeltzer, D. (1992), dalam *virtual reality* terdapat tiga buah komponen; otonomi, keberadaan, dan interaksi yang kesemuanya berada pada nilai maksimalnya dalam kubus Zelter.



**Gambar 2.8** Kubus Zelter untuk Konsep *Virtual Reality*

Dalam konsepnya, Zelter menyatakan bahwa:

- Otonomi (O) mengacu pada ukuran kualitatif dari kemampuan objek virtual untuk bereaksi terhadap stimulus. Nilai 0 muncul ketika tidak ada reaksi yang timbul dan nilai 1 muncul jika otonomi berada dalam kondisi maksimal.
- Interaksi (I) mengacu pada tingkat aksesibilitas ke parameter atau variabel pada objek. Nilai 0 diberikan pada kontrol variabel yang tidak dilakukan secara langsung. Nilai 1 diberikan jika variabel yang ada bisa dimanipulasi secara langsung (*real time*) ketika program sedang dijalankan.
- Keberadaan (K) mengacu pada tingkat keberadaan dengan sebuah ukuran ketelitian dari sensor *input* dan saluran *output*. Tingkat keberadaan sangatlah bergantung pada kebutuhan dari kerja yang akan dilakukan.

Menurut Kalawsky, R. (1993b), dalam *virtual reality*, titik (1,1,1) sebagai (O,I,K) dalam kubus Zelter menunjukkan kondisi dimana simulasi dapat benar-benar merepresentasikan dunia nyata sehingga akan sulit dibedakan antara dunia nyata dengan simulasi tersebut. Titik (0,1,0) mengindikasikan bahwa pengguna dapat mengontrol semua variabel dari objek atau model secara *real time* selama program berjalan. Sedangkan, titik (0,1,1) merepresentasikan sebuah situasi dimana terdapat tingkat otonomi dan keberadaan yang tinggi, tetapi dengan tingkat interaksi yang rendah. Di dunia ini, seorang manusia dapat menjadi peneliti pasif dengan kebebasan yang dia miliki dilihat dari sudut pandangnya, tetapi tetap memungkinkan “mencelupkan” dirinya pada lingkungan virtual.

*Virtual environment* memiliki atribut seperti di bawah ini:

- Lingkungan yang dihasilkan/diciptakan oleh computer.
- Lingkungan atau pengalaman partisipan mengenai lingkungan yang berada dalam dunia 3 dimensi.
- Partisipan merasakan sebuah keberadaan pada *virtual environment*.
- Partisipan dapat mengatur variabel-variabel yang ada pada *virtual environment*.
- Perilaku objek pada *virtual environment* bisa disesuaikan dengan perilaku objek tersebut di dunia nyata.
- Partisipan dapat berinteraksi secara *real time* dengan *virtual environment*.



Menurut Wilson, J.R. (1999) dalam bukunya, simulasi dalam lingkungan virtual harus dapat mensimulasikan bagaimana model manusia (*virtual human*) berada pada lokasi yang baru, berinteraksi dengan objek dan lingkungan, serta mendapat respon balik yang tepat dari objek yang mereka manipulasi.

*Virtual human* adalah model biomekanis yang akurat dari sosok manusia. Model ini, sepenuhnya meniru gerakan manusia sehingga memungkinkan bagi para peneliti untuk melakukan simulasi aliran proses kerja, dan melihat bagaimana beban kerja yang diterima model ketika melakukan suatu rangkaian pekerjaan tertentu.

Implementasi dari penerapan *virtual environment* sangatlah luas. Beberapa diantaranya menurut Määttä, Timo. (2003) adalah:

- Dalam bidang arsitektur, VE digunakan untuk mengevaluasi desain dari struktur baru.
- Dalam bidang pendidikan dan pelatihan, VE digunakan untuk memperlihatkan pada orang bentuk-bentuk dunia seperti permukaan planet, model molekul, atau bagian dalam dari tubuh hewan. VE juga sudah digunakan untuk keperluan pelatihan pilot dan pengendara.
- Dalam bidang hiburan, VE digunakan oleh studio film, pembuat *video game*, dan perusahaan mainan.
- Dalam bidang kesehatan, VE digunakan dalam perencanaan terapi radiasi dan simulasi bedah untuk keperluan pelatihan.
- Dalam bidang informasi, VE digunakan untuk menyajikan sebuah set data yang rumit dalam bentuk yang mudah dimengerti.
- Dalam bidang ilmu pengetahuan, VE digunakan untuk memodelkan dan mengkaji sebuah fenomena yang rumit di komputer
- Dalam bidang *telepresence*, VE telah digunakan untuk mengembangkan alat kontrol dari robot (*telerobot*).

Berikut ini adalah contoh penggunaan *virtual environment* yang berhubungan langsung dengan kajian ergonomi yang bernilai positif bagi kesehatan dan keselamatan kerja:

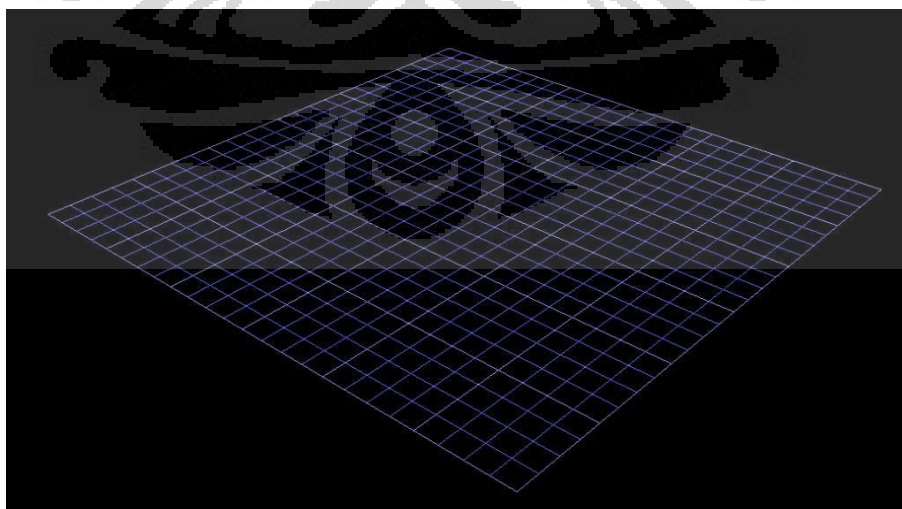
- Penilaian ergonomis tempat kerja, pembagian tugas, seperti dalam perancangan untuk perakitan dan tata letak ruang kerja.

- Pelatihan teknisi pemeliharaan, misalnya untuk bekerja di lingkungan yang berbahaya.
- Perbaikan perencanaan dan pengawasan operasi
- Pelatihan umum untuk industri, termasuk prosedur untuk pergerakan material dan penggunaan mesin pelindung.
- Diagnosa kesalahan (*error*) yang terjadi dan perbaikan dalam proses yang berlangsung di pabrik.

#### 2.5.1. Software Siemens Jack

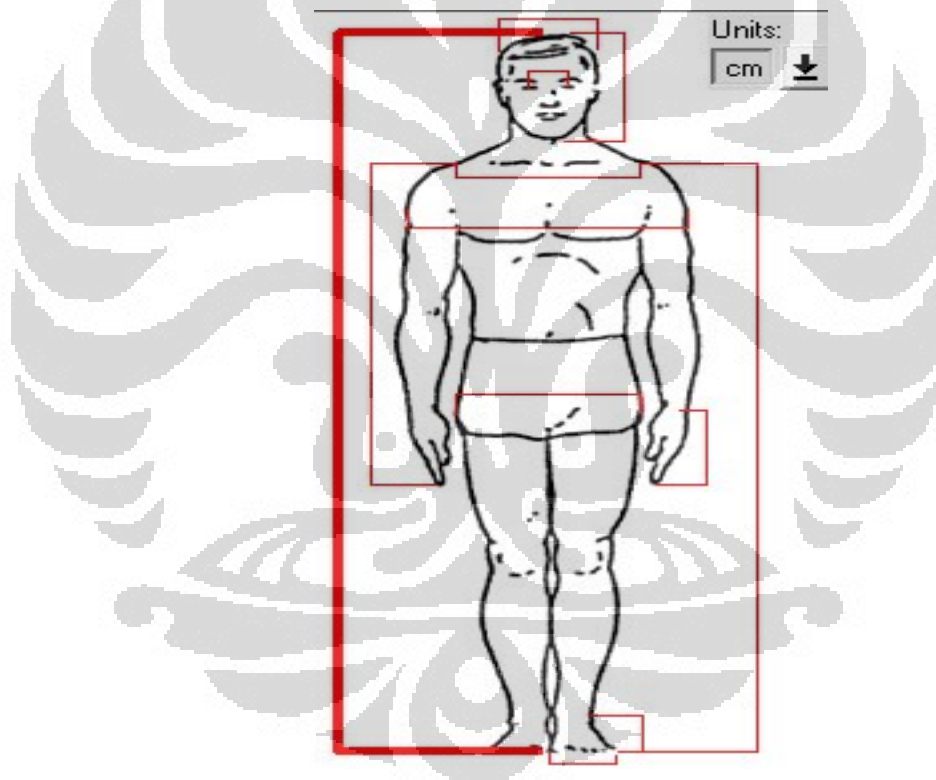
*Software Jack* merupakan sebuah *software* yang berfungsi untuk mensimulasikan atau memodelkan rangkaian pekerjaan. Simulasi dari rangkaian pekerjaan tersebut, dengan *software Jack* kemudian akan dianalisis dengan menggunakan perangkat analisis untuk dilihat sejauh mana kelayakan suatu desain dan lingkungan kerja dari sisi pandang ergonomi.

Fokus pengembangan yang dapat dilakukan Jack adalah menciptakan model tubuh manusia yang paling akurat, yang terdapat dalam sistem apapun. Kemampuan terbaik dari Jack adalah Jack mampu mengisi lingkungan yang dimilikinya dengan model biomekanikal yang tepat, data antropometri yang dapat diatur dan ditentukan sendiri, dan karakteristik ergonomi yang berlaku di dunia nyata.



**Gambar 2.9** Environment pada Jack

Model manekin pada Jack beraksi seperti layaknya manusia sungguhan. Jack telah memperhatikan keseimbangan tubuh, mampu melakukan kegiatan berjalan, dan dapat diberikan perintah untuk mengangkat suatu benda. Model pada Jack juga memiliki “kekuatan” dan jika telah melebihi batas tertentu, maka Jack dapat memberikan peringatan pada penggunaannya. Selain itu, pengguna Jack dapat membuat model pria (Jack) maupun wanita (Jill) dalam berbagai macam ukuran tubuh, berdasarkan populasi yang telah divalidasi. Jack 6.1 menggunakan *database* antropometri ANSUR (Army Natick Survey User Requirements) tahun 1988 untuk membuat model. Namun, Jack juga menyediakan formulir khusus jika pengguna ingin membuat model manekin berdasarkan data antropometri yang ingin diteliti.



**Gambar 2.10** Postur Manekin pada Jack

Banyak perusahaan telah menggunakan perangkat lunak ini untuk mendapatkan banyak keuntungan, beberapa diantaranya:

- Mempersingkat waktu dari proses desain.
- Biaya pengembangan produk yang lebih rendah.
- Meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan.

- Meningkatkan produktivitas.
- Meningkatkan keamanan dan keselamatan kerja.
- Secara tidak langsung akan meningkatkan moral dari pekerja.

Secara umum, ada tujuh langkah yang digunakan dalam melakukan simulasi pada Jack, yaitu:

1. Membuat *virtual environment* pada Jack.
2. Membuat *virtual human*.
3. Memposisikan *virtual human* pada *virtual environment* sesuai dengan yang diinginkan.
4. Memberikan *virtual human* sebuah tugas atau kerja, dan
5. Menganalisis kinerja dari tugas yang dikerjakan oleh *virtual human* dengan TAT.

#### 2.5.2. Jack Analysis Toolkit

*Task Analysis Toolkit* (TAT) adalah sebuah modul tambahan pada *software* Jack yang dapat memperkaya kemampuan pengguna untuk menganalisis aspek ergonomi dan faktor manusia dalam desain kerja di dunia industri. Dengan TAT, para perancang bisa menempatkan *virtual human* ke dalam berbagai macam lingkungan untuk melihat bagaimana model manusia tersebut menjalankan tugas yang diberikan. TAT dapat menaksir resiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi. Kemudian, TAT dapat memberikan intervensi untuk mengurangi resiko. Modul ini juga dapat menunjukkan batasan maksimal dari kemampuan pekerja ketika melakukan kegiatan mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan. Selain itu, TAT juga dapat menunjukkan kegiatan-kegiatan yang tidak produktif dan rentan menjadi penyebab cedera atau kelelahan. Dengan Jack TAT, analisis ergonomi dapat dilakukan lebih awal, yaitu pada fase pembuatan desain, sebelum bahaya dan resiko menjadi semakin sulit untuk diatasi dan menimbulkan biaya yang lebih tinggi.

Jack TAT menyediakan sembilan buah metode analisis ergonomi, seperti tertulis di bawah ini:

- *Low Back Compression Analysis*, yang digunakan untuk mengevaluasi tekanan yang bekerja pada tulang belakang dalam kualitas postur dan kondisi beban tertentu.
- *Static Strength Prediction*, yang digunakan untuk mengevaluasi jumlah persentase populasi pekerja yang mampu menjalankan pekerjaan yang diberikan berdasarkan postur, tenaga yang dibutuhkan, dan ukuran antropometri.
- *NIOSH Lifting Analysis*, yang digunakan untuk mengevaluasi kegiatan mengangkat benda berdasarkan persamaan NIOSH.
- *Metabolic Energy Expenditure*, yang digunakan untuk memprediksi energi yang dibutuhkan untuk melakukan suatu kerja berdasarkan karakteristik pekerja dan rangkaian kegiatan yang akan dilakukan.
- *Fatigue and Recovery Analysis*, yang digunakan untuk menaksir apakah waktu pemulihan yang diberikan bisa mencegah pekerja mengalami kelelahan.
- *Ovako Working Posture Analysis (OWAS)*, yang digunakan untuk mengecek apakah postur yang digunakan dalam bekerja sudah memberikan kenyamanan.
- *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*, yang digunakan untuk mengevaluasi resiko yang menyebabkan gangguan pada tubuh bagian atas.
- *Manual Material Handling Limits*, yang digunakan untuk mengevaluasi dan merancang kegiatan kerja yang berkaitan dengan proses *material handling*, sehingga tingkat resiko cedera dapat dikurangi, dan
- *Predetermined Time Analysis*, yang digunakan untuk memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan suatu kerja berdasarkan sistem *method time measurement (MTM-I)*.

### 2.5.3. *Static Strength Prediction (SSP)*

*Static Strength Prediction* adalah alat analisis ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi persentase populasi yang memiliki kemampuan untuk melaksanakan suatu tugas. Analisis ini dibuat berdasarkan kualitas postur, tenaga yang dibutuhkan, dan ukuran antropometri dari populasi. Prinsip dasar yang

digunakan SSP adalah (Chaffin, Don, B., Johnson, Louise G., & Lawton, G. (2003)).:

$$\begin{array}{l} \text{[Each Joint Load Moment]} < \text{[Population Strength Moments]} \\ \text{(Predicted from model)} \qquad \text{(Statistically defined norms)} \end{array} \quad (2.1)$$

SSP menggunakan konsep biomekanika dalam perhitungannya. Konsep biomekanika diaplikasikan dengan melihat sistem muskuloskeletal yang memungkinkan tubuh untuk mengungkit dan bergerak. Pada tubuh manusia pergerakan otot akan membuat tulang cenderung berotasi pada setiap persendiaan yang ada. Besarnya kecenderungan berotasi ini disebut dengan momen rotasi pada suatu sendi. Selama terjadi pergerakan, maka akan terjadi usaha saling menyeimbangkan antara gaya yang dihasilkan oleh kontraksi otot dengan gaya yang dihasilkan oleh beban pada segmen tubuh dan faktor eksternal lainnya. Secara matematis, hal ini dituliskan dalam persamaan:

$$M_j = S_j \quad (2.2)$$

dimana  $M_j$  adalah gaya eksternal pada setiap persendiaan dan  $S_j$  adalah gaya maksimal yang dapat dihasilkan oleh otot pada setiap persendiaan. Nilai dari  $M_j$  dipengaruhi oleh tiga faktor:

- Beban yang dialami tangan (contohnya: beban mengangkat, gaya dorong, dan lain-lain).
- Postur kerja ketika seseorang mengeluarkan usaha terbesarnya.
- Antropometri seseorang

Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, maka data tersebut diolah dengan mekanika Newton. Gaya yang didapatkan tubuh dari luar akan dikalikan dengan jarak antara titik tempat tubuh menerima gaya luar tersebut dengan persendiaan. Yang perlu diperhatikan dalam perhitungan ini adalah penentuan populasi sendi yang terkena dampak dari gaya luar tersebut. Metode SSP dapat digunakan untuk membantu:

- Menganalisis tugas dan kerja yang berkaitan dengan operasi *manual handling* meliputi proses mengangkat, menurunkan, mendorong, dan menarik.
- Memprediksi persentase pekerja pria dan wanita yang memiliki kemampuan statis untuk melaksanakan sebuah tugas.

- Memberikan informasi apakah kebutuhan dari postur kerja yang digunakan melebihi batasan dalam standar NIOSH atau batasan kemampuan yang ditentukan sendiri.

Di dalam fase perancangan, sebuah kegiatan kerja (seharusnya) hanya dapat diterima, jika persentase pekerja yang mampu melakukannya mencapai 100%. Dalam praktiknya, hal ini mustahil dilakukan karena banyak kerja yang menghasilkan nilai di bawah 100%. Rancangan kegiatan kerja yang menghasilkan nilai 0% haruslah dieliminasi. Selain itu, kegiatan yang memiliki nilai di bawah batas tertentu sebaiknya juga tidak dilanjutkan ke fase selanjutnya pasca perancangan. Dengan informasi yang diberikan SSP, seorang perancang dapat mendesain sebuah kerja yang mampu dilaksanakan oleh sebanyak mungkin orang dalam suatu populasi.

#### 2.5.4. *Low Back Analysis (LBA)*

*Low Back Analysis (LBA)* merupakan metode untuk mengevaluasi gaya-gaya yang bekerja di tulang belakang manusia pada kondisi beban dan postur tertentu. Metode LBA bertujuan untuk:

- Menentukan apabila posisi kerja yang ada telah sesuai dengan batasan beban ideal ataupun menyebabkan pekerja rentan terkena cedera pada tulang belakang.
- Memberikan informasi terjadinya peningkatan risiko cedera pada bagian tulang belakang manusia.
- Memperbaiki tata letak sebuah stasiun kerja beserta tugas-tugas yang akan dilakukan di dalamnya sehingga risiko cedera pada bagian tulang belakang pekerja dapat dikurangi.
- Memprioritaskan jenis-jenis kerja yang membutuhkan perhatian lebih untuk dilakukan perbaikan ergonomi di dalamnya.

Metode ini menggunakan sebuah model biomekanika kompleks dari tulang belakang manusia yang menggabungkan anatomi terbaru dan data-data fisiologis yang didapatkan dari literatur-literatur ilmiah yang ada. Selanjutnya, metode ini akan mengkalkulasi gaya tekan dan tegangan yang terjadi pada ruas lumbar 4 (L4) dan lumbar 5 (L5) dari tulang belakang manusia dan

membandingkan gaya tersebut dengan batas nilai beban ideal yang dikeluarkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH).

Secara matematis, standar *lifting* NIOSH dapat dirumuskan sebagai berikut (NIOSH, 1998) :

$$= \quad \quad \quad (2.3)$$

dimana *RWL* adalah *recommended weight limit*, *LC* adalah beban konstan (*load constant*) dan faktor lain adalah seperti yang tertulis di bawah:

- *HM*, faktor "Horizontal Multiplier"
- *VM*, faktor "Vertical Multiplier"
- *DM*, faktor "Distance Multiplier"
- *FM*, faktor "Frequency Multiplier"
- *AM*, faktor "Asymmetric Multiplier"
- *CM*, faktor "Coupling Multiplier"

#### 2.5.5. *Ovako Working Posture Analysis* (OWAS)

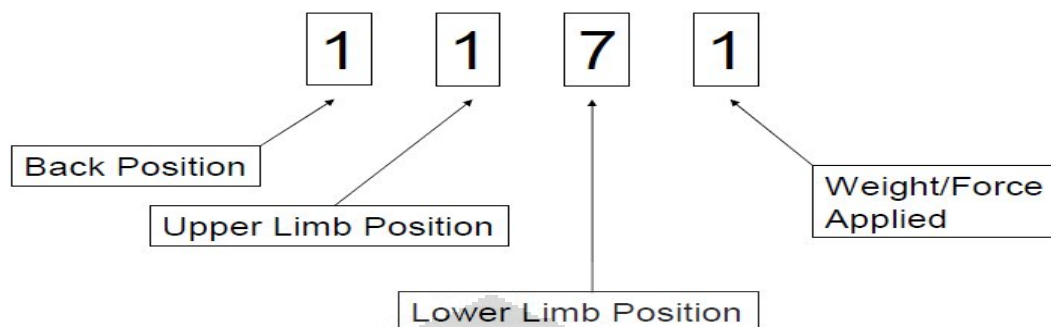
OWAS merupakan metode untuk menganalisa dan mengevaluasi postur kerja manusia yang paling awal dan termudah. Metode ini ditemukan pertama kali oleh Ovako Oy, sebuah perusahaan manufaktur besi yang terletak di Negara Finlandia pada tahun 1977. Metode OWAS didasarkan pada klasifikasi postur kerja yang sederhana dan sistematis yang dikombinasikan dengan tugas, atau pekerjaan, dapat diaplikasikan dalam beberapa bidang, contohnya adalah sebagai berikut:

- Pengembangan tempat kerja atau metode kerja, untuk mengurangi beban muskuloskeletal dengan tujuan membuat usulan yang lebih aman dan lebih produktif
- Perencanaan tempat kerja baru atau metode kerja
- Survei Ergonomi
- Survei kesehatan kerja
- Penelitian dan pengembangan

Metode ini menilai empat bagian tubuh yang dirangkum dalam 4 digit kode. Angka pertama dalam kode untuk menjelaskan postur kerja bagian *back* (tulang punggung), digit kedua adalah bagian *upper limb*, digit ketiga *lower limb*



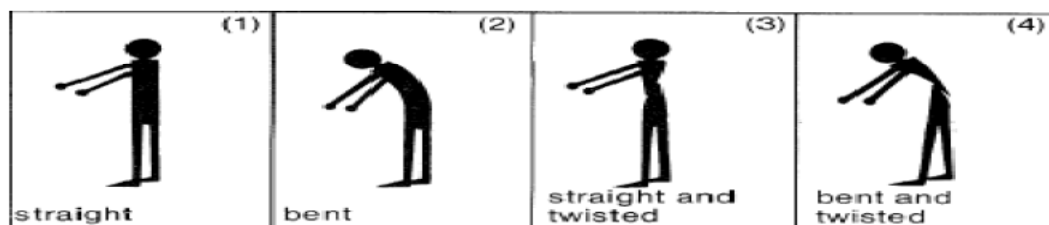
dan terakhir adalah beban yang digunakan selama proses kerja berlangsung. Penjelasan mengenai kode digit akan dijelaskan sebagai berikut.



**Gambar 2.11** Model Kode OWAS

### 1. Postur Bagian Punggung

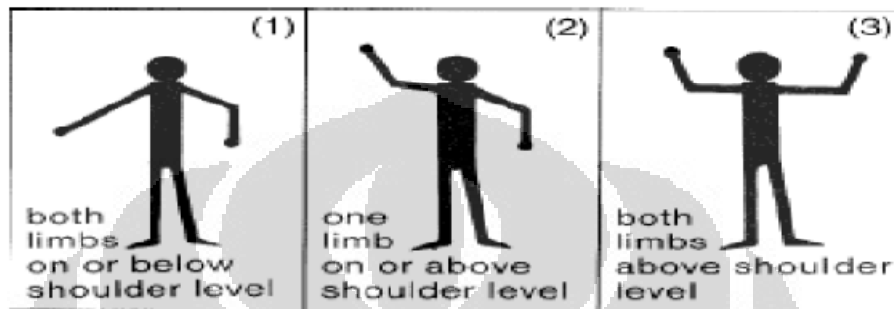
Seperti telah disebutkan sebelumnya, angka pertama dari kode OWAS merupakan kode yang mendefinisikan posisi atau postur bagian punggung manusia. Posisi punggung manusia ini diklasifikasikan ke dalam 4 jenis posisi yang masing – masing posisi tersebut memiliki kode angka mulai dari angka 1 hingga angka 4. Postur bagian punggung pertama, yang memiliki kode 1 adalah posisi punggung yang memiliki karakteristik tegak, lurus tidak mengalami *flexion* ataupun *extension* sedikitpun. Berdasarkan kode OWAS, posisi ini merupakan posisi terbaik untuk punggung. Posisi kedua, yaitu yang memiliki kode 2 adalah posisi punggung yang membungkuk (*bent*). Kemudian untuk posisi yang ketiga, yang merupakan kode 3 adalah posisi punggung yang tegak, namun mengalami putaran, atau *twisted*. Terakhir, posisi punggung yang memiliki kode 4 adalah posisi punggung yang mengalami perputaran (*twisted*) sekaligus membungkuk (*bent*). Menurut skala OWAS, nilai 4 inilah yang memiliki tingkat keparahan terbesar untuk posisi punggung manusia.



**Gambar 2.12** Klasifikasi Postur Punggung OWAS

## 2. Posisi Tungkal Bagian Tubuh Atas

Angka kedua dari sistem 4 angka dari kode OWAS merupakan angka yang mendefinisikan posisi tungkal bagian atas tubuh. Dalam hal ini, tungkal bagian atas tubuh dapat dikatakan sebagai lengan dan tangan. Posisi lengan dan tangan diklasifikasikan menjadi tiga posisi. Posisi pertama yang memiliki kode 1 adalah posisi lengan dan tangan yang berada di bawah level ketinggian bahu.



**Gambar 2.13** Klasifikasi Postur Tungkal Bagian Tubuh Atas  
OWAS

## 3. Posisi Tungkal Tubuh Bagian Bawah

Angka ketiga dari sistem 4 angka dari kode OWAS merupakan angka yang mendefinisikan posisi tungkal dari bagian tubuh bawah (kaki). Posisi kaki dalam metode OWAS diklasifikasikan ke dalam 7 jenis posisi, yang memiliki kode 1 hingga 7. Posisi pertama yaitu posisi kaki yang berada dalam kondisi duduk, dimana kaki (legs) berada di bawah level ketinggian dudukan kursi. Kemudian posisi kedua adalah posisi berdiri dengan dua kaki menapak sempurna di tanah. Ketiga, posisi berdiri dengan satu kaki terangkat. Keempat, posisi berdiri dengan kedua kaki tertekuk di bagian lutut dan pergelangan kaki. Kelima, posisi berdiri dengan satu kaki terangkat sekaligus tertekuk. Keenam, posisi berlutut, dan terakhir posisi tubuh yang sedang berjalan.



**Gambar 2.14** Klasifikasi Postur Tungkal Bagian Tubuh Bawah  
OWAS

#### 4. Beban Ditanggung / Gaya yang Dikerjakan

Angka terakhir dalam metode OWAS adalah angka yang mendefinisikan besarnya beban yang ditanggung, atau gaya yang dikerjakan oleh seseorang ketika melakukan sebuah pekerjaan. Terdapat tiga buah klasifikasi beban, yaitu kurang dari 10 kg, diantara 10 kg hingga 20 kg dan terakhir, lebih dari 20 kg.

Setelah mendapatkan nilai – nilai dari keempat parameter diatas, dilakukan perhitungan untuk menghasilkan skor akhir OWAS. Skor akhir ini memiliki range nilai dari 1 hingga 4, dengan keterangan dari masing – masing skor dapat dilihat dari tabel 2.1

**Tabel 2.1** Detail Usulan Berdasarkan Skor OWAS

Skor	Keterangan	Penjelasan
1	<i>Normal posture</i>	Tindakan perbaikan tidak diperlukan
2	<i>Slightly harmful</i>	Tindakan perbaikan diperlukan di masa datang
3	<i>Distinctly harmful</i>	Tindakan perbaikan diperlukan segera
4	<i>Extremely harmful</i>	Tindakan perbaikan diperlukan secepat mungkin

#### 2.5.6. Rapid Upper Limb Assesment

*Rapid Upper Limb Assessment* adalah sebuah alat analisis ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat resiko cedera dan gangguan muskuloskeletal pada tubuh bagian atas. Analisis dibuat berdasarkan kualitas postur, penggunaan otot, berat beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensinya. Metode ini dibuat melalui pengisian lembar kerja, dimana lembar tersebut akan memudahkan penggunanya untuk menghitung sebuah nilai yang mengindikasikan derajat kepentingan dari tingkat intervensi yang diperlukan untuk mereduksi resiko dan bahaya yang dapat terjadi. Pada metode RULA, bagian tubuh yang dianalisis dibagi menjadi dua grup. Grup A terdiri dari bagian tubuh tangan dan pergelangan tangan. Grup B terdiri dari leher, batang tubuh, dan kaki. Nilai akhir yang dihasilkan RULA adalah sebagai berikut:

- 1 atau 2, nilai ini mengindikasikan resiko dapat diterima.
- 3 atau 4, nilai ini menyatakan bahwa resiko harus diinvestigasi lebih lanjut.
- 5 atau 6, nilai ini menyatakan bahwa resiko harus diinvestigasi lebih lanjut

- dan diberikan perbaikan dengan cepat.
- 7, nilai menyatakan bahwa resiko harus segera diinvestigasi dan diberi perbaikan.

Metode RULA akan membantu penggunaanya untuk:

- Memberikan penilaian terhadap suatu kegiatan kerja dengan cepat sehingga resiko cedera pada tubuh bagian atas dapat dikurangi.
- Membantu dalam pembuatan desain kegiatan kerja atau perbaikan dari kegiatan yang telah ada.
- Mengidentifikasi dan memprioritaskan postur kerja yang membutuhkan perhatian lebih untuk dilakukan perbaikan ergonomi di dalamnya.

### RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

The worksheet is divided into four main sections: A. Arm & Wrist Analysis, B. Neck, Trunk & Leg Analysis, C. Posture Score, and D. Final Score. It includes several tables (Table A, Table B, Table C) and a grid for final scores. The form contains 15 numbered steps with corresponding diagrams and instructions for scoring. At the bottom, there are fields for Subject, Company, Department, Date, and Scorer.

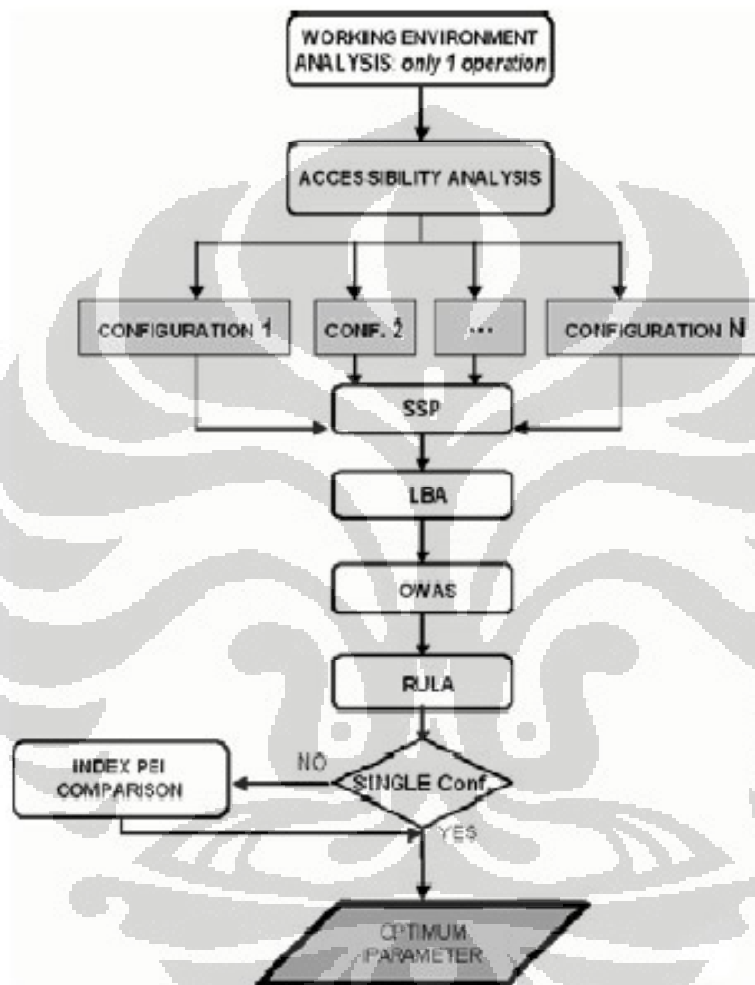
**FINAL SCORE:** 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately

Gambar 2.15 Lembar Kerja RULA

## 2.6. Metode Posture Evaluation Index (PEI)

Metodologi PEI dan WEI dikembangkan oleh Prof. Frans Caputo dan Giuseppe Di Gironimo, Ph.D dari University of Naples Federico II, Italia. Metodologi ini dikembangkan berdasarkan aplikasi *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack. Tujuan dari penggunaan metodologi ini adalah untuk melakukan optimalisasi terhadap fitur geometri pada sebuah stasiun kerja. Dengan optimalisasi yang dilakukan, postur kerja yang paling memberikan

kenyamanan pada pekerja, dalam berbagai macam persentil populasi, dapat ditentukan jika fitur geometri yang menjadi karakter dari sebuah stasiun kerja hanya mempengaruhi sisi ergonomi dari sebuah operasi, maka metode PEI dapat digunakan sehingga optimalisasi dari sebuah operasi pada satu buah stasiun kerja dapat dilakukan.. Metode ini mengikuti alur yang ada pada gambar di bawah:



**Gambar 2.16** Diagram Alir Metode PEI

Sumber: Caputo, Di Gironimo, Marzano, 2006

#### Fase Pertama: Analisis terhadap Lingkungan Kerja

Fase pertama terdiri dari analisis terhadap lingkungan kerja dengan memperhatikan seluruh pergerakan alternatif yang memungkinkan: hal ini, secara umum, meliputi pemahaman terhadap rute alternatif, postur dan kecepatan eksekusi, yang kesemuanya memberikan kontribusi terhadap kesimpulan yang akan diambil. Sangatlah penting untuk mensimulasikan semua operasi di atas

untuk memverifikasi kelayakan dari operasi tersebut. Faktanya, sebagai contoh, tidak menjadi jaminan apakah semua titik yang ditentukan bisa dijangkau oleh postur yang berbeda. Eksekusi dari analisis ini menjamin tingkat kelayakan dari tugas yang ada. Diantara seluruh fase optimalisasi, fase pertama adalah fase yang membutuhkan waktu paling lama karena fase ini membutuhkan pembuatan simulasi secara *real time* dalam jumlah yang banyak, padahal banyak diantaranya yang akan menjadi sia-sia.

#### Fase Kedua: Analisis Keterjangkauan dan Aksesibilitas

Perancangan dari sebuah stasiun kerja selalu membutuhkan kajian pendahuluan terhadap aksesibilitas dari titik-titik kritis (*critical points*). Hal ini adalah masalah yang menarik dan sering muncul dalam lini produksi. Masalah ini berkenaan dengan apakah memungkinkan untuk membawa seluruh metode gerakan yang telah dirancang ke dalam sebuah operasi dan apakah semua titik kritis dapat dijangkau oleh pekerja. Sebuah analisis dapat dilakukan dalam Jack, dengan mengaktifkan algoritma mengenai deteksi benturan. Kegiatan kerja yang tidak memberikan hasil yang memuaskan pada fase ini lebih baik tidak dilanjutkan ke fase berikutnya. Dari analisis terhadap lingkungan, keterjangkauan, dan aksesibilitas, konfigurasi dari tata letak maupun metode kerja yang akan dianalisis pada fase berikutnya dapat ditentukan. Jika jumlah konfigurasi yang memungkinkan untuk diteliti terlalu banyak, maka prosedur *Design of Experiment* (DOE) dapat diterapkan.

#### Fase Ketiga: *Static Strength Prediction*

Setelah konfigurasi kegiatan kerja disusun, pertanyaan berikutnya adalah: berapa banyak pekerja yang memiliki kekuatan untuk melaksanakan tiap kegiatan yang ada pada konfigurasi. Seperti yang telah tertuang pada sub-bab 2.6, kegiatan yang memiliki nilai persentase di bawah batas tertentu sebaiknya tidak dilanjutkan ke fase selanjutnya. Batas bawah yang digunakan dalam penelitian ini adalah 90% seperti yang juga dipakai pada penelitian PEI18. Sehingga konfigurasi yang memiliki persentase di bawah 90% akan dieliminasi.

#### Fase Keempat: *Low Back Analysis*

Kegiatan kerja yang memiliki persentase SSP lebih dari atau sama dengan 90%, kemudian dianalisis dengan menggunakan metode *low back analysis*.

Analisis ini mengevaluasi secara *real time* beban yang diterima oleh bagian tulang belakang model manekin saat melakukan tugas yang diberikan. Nilai tekanan yang dihasilkan, kemudian dibandingkan dengan batasan tekanan yang ada pada standar NIOSH yaitu 3400 N.

#### Fase Kelima: *Ovako Working Posture Analysis*

Kegiatan yang telah dianalisis dengan metode LBA, kemudian, dievaluasi dengan menggunakan OWAS. Metode OWAS mengevaluasi secara *real time* tingkat kenyamanan bentuk postur tubuh dari model manekin selama pelaksanaan aktivitas. Kemudian, OWAS memberikan nilai level antara 1 s.d 4 dan kode 4 digit yang digunakan untuk menilai posisi dari tubuh bagian belakang, kedua tangan, dan kaki beserta tingkat beban yang diterima. Nilai level menunjukkan tingkat kualitas postur secara kuantitatif dan tingkat kepentingan dari langkah-langkah koreksi yang harus dilakukan.

#### Fase Keenam: *Rapid Upper Limb Assessment*

Dari skenario konfigurasi yang diajukan, prosedur mengeliminasi secara progresif kegiatan kerja pada konfigurasi yang: 1) tidak memungkinkan untuk mengakses titik-titik kritis, 2) tidak mampu dilakukan oleh populasi pekerja yang ada 3) sangat memungkinkan memberikan bahaya dan cedera pada bagian tulang belakang. Pada fase kelima, kualitas dari postur kerja dianalisis. Analisis ini mengacu pada keberadaan resiko terjadinya penyakit dan atau bahaya yang dapat timbul pada tubuh bagian atas. Resiko tersebut diberikan nilai antara 1 s.d. 7. Nilai tersebut mengindikasikan tingkat bahaya dari resiko beserta langkah korektif yang harus dilakukan.

#### Fase Ketujuh: Evaluasi PEI

Perbandingan kualitas ergonomi antara satu kegiatan kerja dengan kegiatan lainnya dapat dilakukan pada fase ini. Perbandingan tersebut akan memberikan sebuah klasifikasi resiko yang terjadi pada para bagian muskuloskeletal pekerja, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Yang menjadi acuan dari perbandingan tersebut adalah nilai PEI yang dihasilkan. Nilai PEI tersebut mengintegrasikan hasil dari analisis LBA, OWAS, dan RULA. Konfigurasi dengan nilai tertinggi dinyatakan sebagai konfigurasi yang paling optimal.

Nilai PEI merupakan jumlah total dari tiga buah variabel;  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $I_3$ . Variabel  $I_1$  merupakan hasil normalisasi dari nilai LBA dengan batas kekuatan tekanan pada standar NIOSH (3400 N). Variabel  $I_2$ , dan  $I_3$  merupakan hasil dari indeks OWAS yang dinormalisasi dengan nilai kritisnya ("4") dan indeks RULA yang dinormalisasi dengan nilai kritisnya.

$$= + + \cdot \quad (2.4)$$

dimana:

$I_1 = LBA/3400 \text{ N}$ ,  $I_2 = OWAS/4$ ,  $I_3 = RULA/7$ , dan  $mr$  adalah *amplification factor* dengan nilai 1,42.

Definisi dari PEI dan penggunaan dari ketiga buah metode analisis (LBA, OWAS, RULA) bergantung terhadap hal-hal berikut. Faktor-faktor yang menjadi penyebab utama dari pembebanan yang berlebihan pada biomekanikal adalah: repetisi, frekuensi, postur, usaha kerja, dan waktu pemulihan. Faktor yang memberikan pengaruh paling besar terhadap kegiatan adalah postur ekstrim, khususnya pada tubuh bagian atas. Konsekuensinya, perhatian yang lebih harus diberikan pada evaluasi tingkat ketidaknyaman pada *lumbar disc* L4/L5 (pengaruh  $I_1$ ) dan evaluasi dari tingkat kelelahan pada tubuh bagian atas (pengaruh  $I_3$ ). PEI memungkinkan penggunaannya untuk menentukan modus operandi untuk menjalankan kegiatan kerja dalam cara yang sederhana. Faktanya, postur optimal yang berkaitan dengan kegiatan dasar adalah postur kritis dengan nilai PEI minimum. Variabel yang mempengaruhi nilai akhir PEI bergantung pada tingkat ketidaknyaman pada postur yang dianalisis: semakin tinggi tingkat ketidaknyaman, semakin tinggi nilai PEInya.

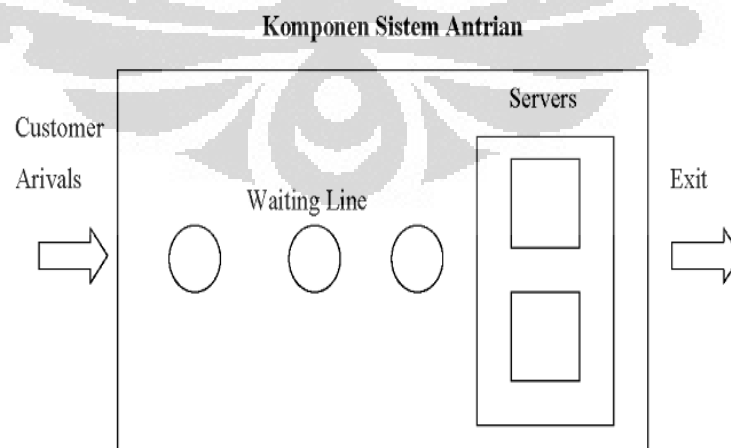
Untuk memastikan tingkat kenyamanan dari kerja, dengan memperhatikan standar keamanan dan keselamatan, sebuah postur yang nilai  $I_1$ -nya lebih dari atau sama dengan 1 akan diasumsikan tidak valid. Berdasarkan hal ini, nilai maksimal yang dapat diterima adalah 3 (kekuatan tekanan yang bekerja pada *lumbar disc* L4/L5 sama dengan batas pada standar NIOSH 3400 N, nilai dari sudut sendi tidak dapat diterima). Dengan mengulangi semua fase di atas untuk tiap konfigurasi, maka nilai ergonomi dari tiap konfigurasi dapat ditentukan, dan akhirnya, kegiatan kerja yang paling optimal dalam konfigurasi dapat dipilih.



## 2.7. Teori Antrian (*Queuing Theory*)

Teori antrian merupakan teori yang menyangkut studi matematis dari suatu sistem antrian baik orang maupun barang yang menunggu untuk dilayani. Teori antrian biasanya digunakan untuk menganalisis tingkat antrian yang terjadi pada suatu sistem apakah antrian yang ada melebihi kapasitas yang tersedia. Teori antrian ini awalnya diperkenalkan oleh A.K.Erlang, yang menggambarkan model antrian untuk menentukan jumlah optimal dari fasilitas telepon switching yang digunakan untuk melayani permintaan yang ada. Eksperimen yang dilakukannya adalah tentang fluktuasi permintaan fasilitas telepon yang berhubungan dengan automatic dialing equipment, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis. Pada waktu sibuk, operator kewalahan untuk melayani penelpon, sehingga membuat penelpon menunggu. Awalnya, Erlang hanya melakukan perhitungan keterlambatan (delay) dari seorang operator, kemudian pada tahun 1917 penelitian dilanjutkan untuk menghitung kesibukan beberapa operator. Masih dalam tahun yang sama, Erlang menerbitkan bukunya yang terkenal berjudul *Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in Automatic Telephone Exchange*. Baru setelah perang dunia kedua, hasil penelitian Erlang diperluas penggunaannya antara lain dalam teori antrian (Supranto, 1987).

Untuk komponen sistem antrian secara garis besar terdiri sumber populasi, tingkat kedatangan, tingkat pelayanan, serta garis tunggu.



**Gambar 2.17** Komponen Sistem Antrian

Proses antrian merupakan suatu proses yang berhubungan dengan kedatangan pelanggan pada suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrian jika belum dapat dilayani, dilayani dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut sesudah dilayani. Sebuah sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan dan suatu aturan yang mengatur pelayanan kepada pelanggan. Sedangkan keadaan sistem menunjuk pada jumlah pelanggan yang berada dalam suatu fasilitas pelayanan, termasuk dalam antriannya. Besarnya populasi merupakan jumlah pelanggan yang memerlukan pelayanan. Dalam proses antrian, banyaknya populasi dibedakan menjadi 2 yaitu populasi terbatas (*finite*) dan populasi tidak terbatas (*unfinite*). Populasi terbatas dapat ditemukan pada suatu perusahaan yang mempunyai sejumlah mesin yang memerlukan perawatan atau perbaikan pada periode tertentu. Populasi yang tidak terbatas merupakan pelanggan yang tidak terhingga contohnya dapat dilihat pada suatu jalan tol yang setiap hari melayani pelanggan yang datang secara acak dan tidak dapat ditentukan dengan pasti.

#### 2.7.1. Komponen Proses Antrian

Dalam sistem antrian, ada 5 komponen dasar yang harus diperhatikan agar penyedia fasilitas pelayanan dapat melayani para pelanggan yang berdatangan, yaitu:

- Bentuk kedatangan pelanggan (pola kedatangan)  
Cara dari suatu populasi memasuki sistem disebut pola kedatangan (*arrival pattern*). Populasi tersebut mungkin datang dengan tingkat kedatangan (*arrival rate*) yang konstan ataupun acak. Bentuk kedatangan para pelanggan biasanya diperhitungkan melalui waktu antar kedatangan, yaitu waktu antara kedatangan dua pelanggan yang berurutan pada suatu fasilitas pelayanan. Bentuk ini dapat bergantung maupun tidak pada jumlah pelanggan yang berada dalam sistem.
- Bentuk fasilitas pelayanan  
Bentuk pelayanan ditentukan oleh waktu pelayanan, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan pada fasilitas pelayanan. Besaran ini dapat bergantung pada jumlah pelanggan yang telah berada di dalam

fasilitas pelayanan ataupun tidak bergantung pada keadaan tersebut. Pelayanan dapat dilakukan dengan satu atau lebih fasilitas pelayanan yang masing-masing dapat mempunyai satu atau lebih saluran atau tempat pelayanan yang disebut dengan *servers*. Apabila terdapat lebih dari satu fasilitas pelayanan maka pelanggan dapat menerima pelayanan melalui suatu urutan tertentu atau fase tertentu. Bentuk pelayanan dapat konstan dari waktu ke waktu.

- Jumlah *server* atau banyaknya tempat *service*
- Kapasitas fasilitas pelayanan untuk menampung para pelanggan  
Kapasitas sistem adalah jumlah maksimum pelanggan, mencakup yang sedang dilayani dan yang berada dalam antrian, yang dapat ditampung oleh fasilitas pelayanan pada saat yang sama. Sebuah sistem yang tidak membatasi jumlah pelanggan di dalam fasilitas pelayanannya dikatakan memiliki kapasitas tak terhingga, sedangkan suatu sistem yang membatasi jumlah pelanggan yang ada di dalam fasilitas pelayanannya dikatakan memiliki kapasitas yang terbatas
- Disiplin Antrian  
Disiplin antrian merupakan pola yang mengatur pelayanan kepada para pelanggan sejak pelanggan itu datang sampai pelanggan tersebut meninggalkan tempat pelayanan.

### 2.7.2. Struktur Dasar Proses Antrian

Banyaknya saluran (*channel*) dalam proses antrian adalah jumlah pelayanan paralel yang tersedia/jumlah jalur untuk memasuki sistem pelayanan/jumlah fasilitas pelayanan, sedangkan banyaknya tahap (*phase*) menunjukkan jumlah pelayanan berurutan yang harus dilalui oleh setiap kedatangan. Proses antrian pada umumnya dikelompokkan ke dalam 4 struktur dasar menurut sifat-sifat fasilitas pelayanannya, yaitu:

- Satu Saluran Satu Tahap (*Single Channel – Single Phase*)  
Struktur antrian ini adalah struktur yang paling sederhana. *Single Channel* artinya hanya ada satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan (ada satu fasilitas pelayanan), *Single Phase* menunjukkan bahwa hanya ada satu

*station* pelayanan atau sekumpulan tunggal operasi yang dilaksanakan, setelah menerima pelayanan, individu-individu keluar dari sistem

- Banyak Saluran Satu Tahap (*Multi Channel – Single Phase*).  
Sistem *Multi Channel – Single Phase* terjadi bila ada 2 atau lebih fasilitas pelayanan yang dialiri oleh antrian tunggal
- Satu Saluran Banyak Tahap (*Single Channel – Multi Phase*)  
*Multi Phase* menunjukkan adanya dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan
- Banyak Saluran Banyak Tahap (*Multi Channel – Multi Phase*)  
Setiap sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada suatu waktu

### 2.7.3. Notasi dalam Teori Antrian

Dalam mengelompokkan model-model antrian yang berbeda-beda akan digunakan suatu notasi yang disebut *Kendall's Notation*. Notasi ini sering digunakan karena beberapa alasan yaitu karena notasi merupakan alat yang efisien untuk mengidentifikasi model-model antrian dan asumsi-asumsi yang harus dipenuhi. Selain itu, hampir semua buku (*literature*) yang membahas teori antrian menggunakan notasi ini. *Kendall's Notation* :

$$(a/b/c):(d/e/f) \quad (2.4)$$

Di mana:

a = distribusi kedatangan (*arrival distribution*)

b = distribusi tingkat pelayanan (distribusi keberangkatan atau waktu pelayanan)

c = banyaknya atau jumlah pelayanan paralel dalam system

d = disiplin antri pelayanan, seperti FCFS, LCFS, prioritas atau random

e = jumlah maksimum pengantri dalam system

f = jumlah sumber kedatangan (jumlah pelanggan yang ingin memasuki system sebagai sumber).

Untuk notasi e dan f, hanya ada 2 kemungkinan yaitu terbatas (F) dan tidak terbatas (I)

Selain notasi berdasarkan notasi Kendall, terdapat notasi lainnya yang menunjukkan kondisi antrian. Berikut ini beberapa notasi yang sering digunakan dalam sistem antrian.

- $n$  = jumlah pelanggan dalam sistem
- $P_n$  = probabilitas kepastian  $n$  pelanggan dalam sistem
- $\lambda$  = jumlah rata-rata pelanggan yang datang per satuan waktu
- $\mu$  = jumlah rata-rata pelanggan yang dilayani per satuan waktu
- $P_0$  = probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem
- $P$  = tingkat intensitas fasilitas pelayanan
- $L$  = jumlah rata-rata pelanggan yang diharapkan dalam sistem
- $L_q$  = jumlah pelanggan yang diharapkan menunggu dalam sistem
- $W$  = waktu yang diharapkan oleh pelanggan selama dalam sistem
- $W_q$  = waktu yang diharapkan oleh pelanggan selama menunggu dalam antrian
- $1/\mu$  = waktu rata-rata pelayanan
- $1/\lambda$  = waktu rata-rata antar kedatangan
- $S$  = jumlah fasilitas pelayanan

## 2.8. Software Win Wsb

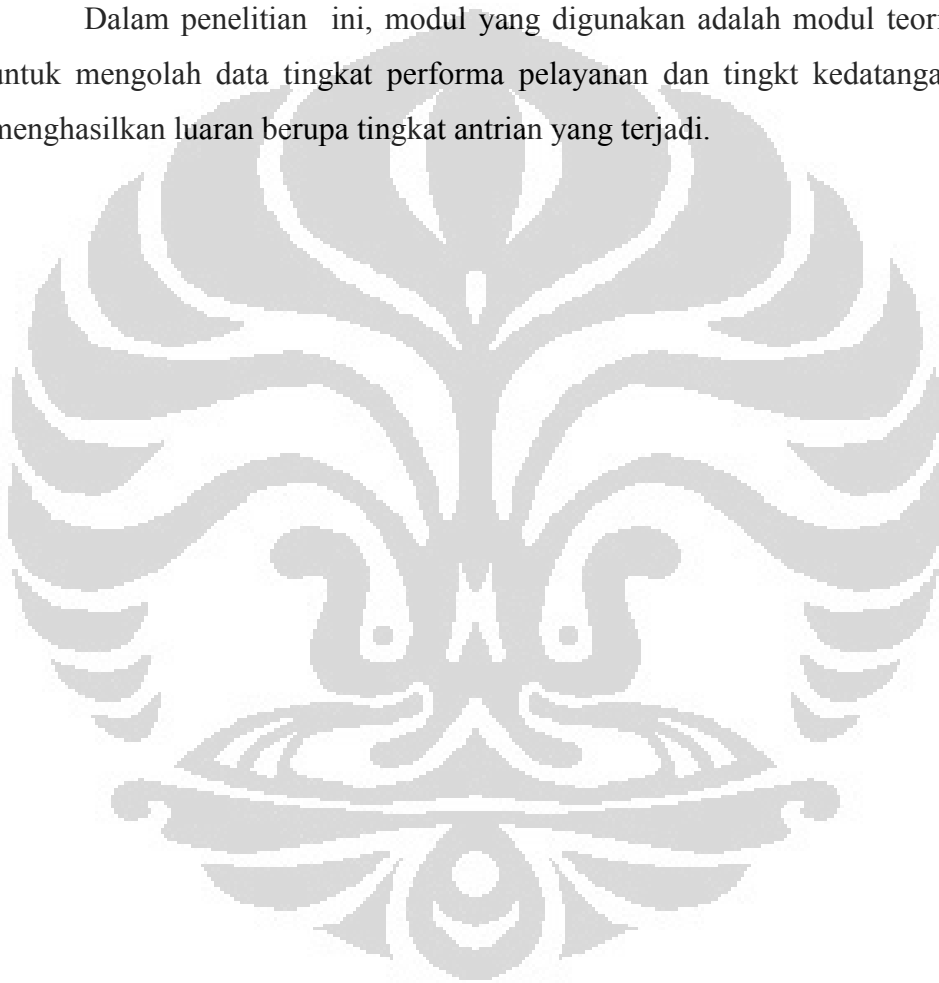
Software QSB (Quantity System for business) atau umumnya juga dikenal dengan nama WINQSB (QSB yang berjalan pada sistem operasi Windows) merupakan software yang mengandung algoritma *problem solving* untuk riset operasi (*operational research*) dan untuk ilmu manajemen, yang dikembangkan oleh Yih-Long Chang. Di dalam software ini terdapat beberapa submodul yang dapat membantu menyelesaikan permasalahan dalam manajemen dan masalah bisnis secara umum.

Pada WINQSB, modul-modul yang terdapat di dalamnya diantaranya adalah

- Analisis Sampling
- Agregat dalam sistem Produksi
- Analisis Keputusan
- Pemrograman dinamis
- *Goal Programming*

- Tata letak fasilitas
- Sistem inventory
- Penjadwalan kerja
- Pemrograman Linier dan Integer
- Perencanaan kebutuhan material (MRP)
- Proses Markov
- Teori antrian

Dalam penelitian ini, modul yang digunakan adalah modul teori antrian untuk mengolah data tingkat performa pelayanan dan tingkat kedatangan untuk menghasilkan luaran berupa tingkat antrian yang terjadi.



## BAB 3 METODE PENELITIAN

Fokus utama pada penelitian ini adalah mengenai desain stasiun kerja yang ergonomis bagi operator pintu tol dan peningkatan kecepatan pelayanan operator. Oleh karena itu, dibutuhkan data-data yang digunakan untuk mendukung permasalahan tersebut. Data-data yang mendukung penelitian ini dapat dibagi menjadi beberapa jenis data diantaranya adalah data keluhan pekerja mengenai kondisi stasiun kerja saat ini yang digunakan untuk memperkuat permasalahan, data antropometri pekerja yang digunakan sebagai dasar untuk merancang dimensi stasiun kerja yang ergonomis. Data lainnya adalah berupa data metode kerja beserta rangkaian kerja yang dilakukan oleh operator dalam melakukan rangkaian kerja. Selain itu, dibutuhkan data waktu pelayanan dan antar kedatangan dari kendaraan untuk bisa dianalisis berdasarkan prinsip simulasi antrian.

### 3.1. Pengambilan Sampel Data

Pengambilan sampel data dilakukan di Pintu Tol Cililitan. Banyaknya data yang diambil dilakukan dengan melakukan perhitungan sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{1 + \frac{N \cdot e}{k}} \quad (3.1)$$

Formula tersebut merupakan formula yang dibuat oleh Yamane dengan keterangan sebagai berikut :

n = banyaknya jumlah sampel

N = banyaknya populasi

e = level error

Banyaknya populasi dihitung dari populasi operator yang berjumlah 104. Level presisi adalah tingkat error yang ditetapkan . Pada penelitian kali ini diambil nilai level error sebesar 9%. Dengan demikian, dapat diperoleh jumlah sampel yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu :

$$n = \frac{N}{1 + \frac{N \cdot e}{k}}$$
$$n = \frac{104}{1 + \frac{104 \cdot 0.09}{k}}$$

= 57 sampel

### 3.2. Data Identifikasi Keluhan Muskuloskeletal

Data identifikasi keluhan pekerja ini untuk melihat keluhan-keluhan yang dialami oleh operator dan berpotensi menimbulkan terjadinya WMSD (*Work Musculoskeletal Disorder*). Pengambilan data keluhan ini dilakukan melalui dua macam cara yaitu secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif berdasarkan pengamatan serta bertanya secara langsung, sedangkan secara kuantitatif dilakukan melalui kuesioner. Dalam hal ini, fokus identifikasi untuk lebih komprehensif lebih menitikberatkan pada kuesioner. Kuesioner dibagikan kepada 57 orang pekerja tol. Kuesioner diawali dengan pertanyaan - pertanyaan keluhan-keluhan yang terjadi saat melakukan pekerjaan beserta intensitas mengalami keluhan. Kemudian pertanyaan mengenai kecenderungan gangguan yang dialami pada bagian-bagian tubuh. Setelah pekerja tol tersebut mengisi kuesioner, hasil dari data mentah tersebut kemudian ditabulasikan. Hasil pengolahan data ini hanya untuk menunjukkan kecenderungan pada bagian tubuh mana responden mengalami keluhan. Dalam kuesioner ini, dilihat tingkat frekuensi dan keparahan dari gangguan yang dialami oleh anggota tubuh. Apabila sudah diperoleh hasil dari tingkat frekuensi dan keparahan kemudian didapatkan tingkat resiko yang merupakan hasil perkalian dari tingkat frekuensi dan keparahan. Untuk tingkat keparahan dan frekuensi, sama-sama menggunakan skala 1-4, dengan semakin tinggi nilainya menunjukkan posisi yang semakin negatif.

Pada bagian pertama kuesioner yaitu mengenai tingkat frekuensi, level tingkat frekuensi berdasarkan ketentuan sebagai berikut :

1. Jarang  
Level tingkat frekuensi ini menunjukkan keluhan yang terjadi beberapa kali dalam jangka waktu sebulan
2. Kadang-kadang  
Level tingkat frekuensi ini menunjukkan keluhan yang terjadi sekitar 1-2 kali dalam seminggu
3. Sering

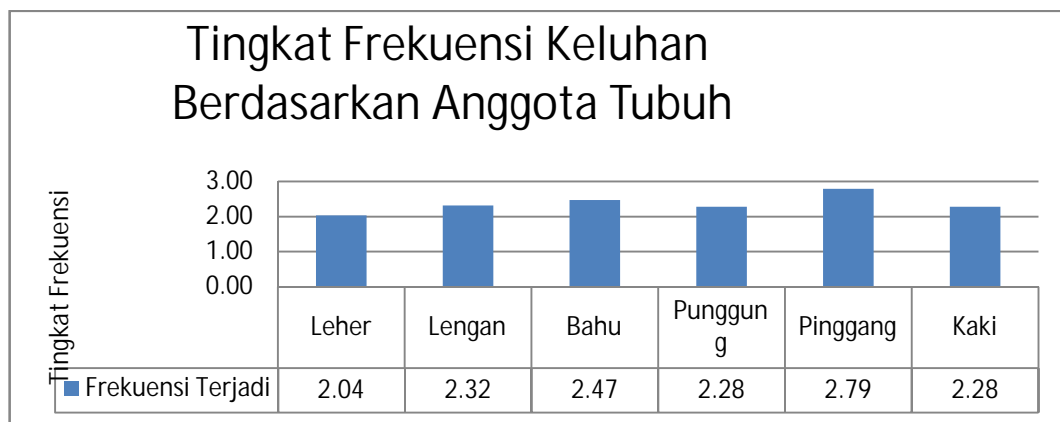


Level tingkat frekuensi ini menunjukkan keluhan yang terjadi 3-5 kali dalam seminggu

4. Selalu

Level tingkat frekuensi ini menunjukkan keluhan yang dialami setiap melaksanakan pekerjaan

Berdasarkan data kuesioner pada kategori frekuensi keluhan pada bagian tubuh maka didapat level keluhan yang dialami oleh operator. Untuk kategori frekuensi cedera pada bagian tubuh, dapat dilihat dari grafik 3.1 berikut.



**Gambar 3.1** Grafik Tingkat Frekuensi Keluhan

Pada bagian kedua kuesioner yaitu mengenai tingkat keparahan, level tingkat keparahan berdasarkan ketentuan sebagai berikut :

1. Tidak Parah

Level tingkat keparahan ini menunjukkan keluhan yang dapat diatasi dengan sedikit peregangan dan tidak menimbulkan efek panjang

2. Sedikit Parah

Level tingkat keparahan ini menunjukkan keluhan yang membutuhkan

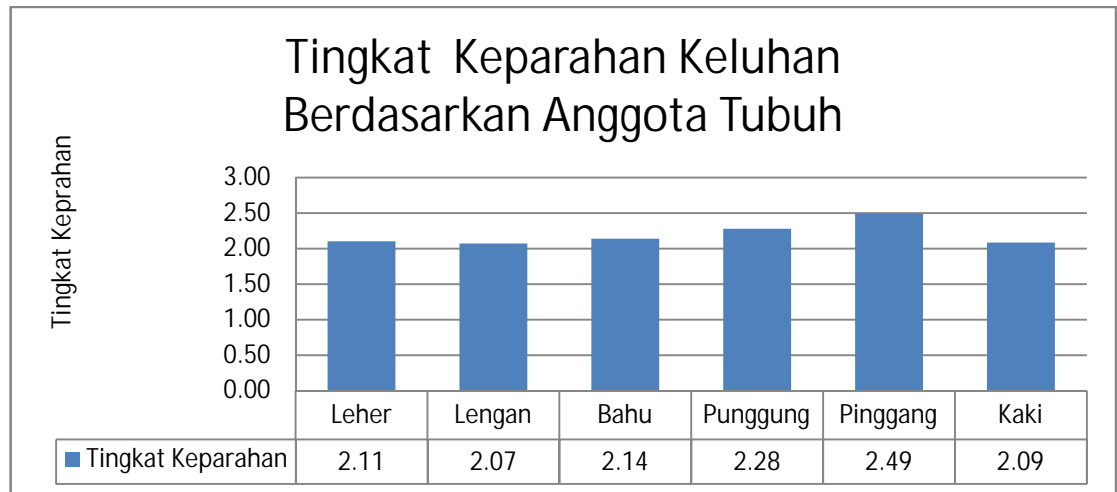
3. Parah

Level tingkat keparahan ini menunjukkan keluhan yang membutuhkan istirahat yang panjang

4. Sangat Parah

Level tingkat keparahan ini menunjukkan keluhan yang membutuhkan penanganan khusus

Berdasarkan data kuesioner pada kategori keparahan keluhan pada bagian tubuh maka didapat level keluhan yang dialami oleh operator. Untuk kategori keparahan cedera pada bagian tubuh, dapat dilihat dari grafik 3.2 berikut.

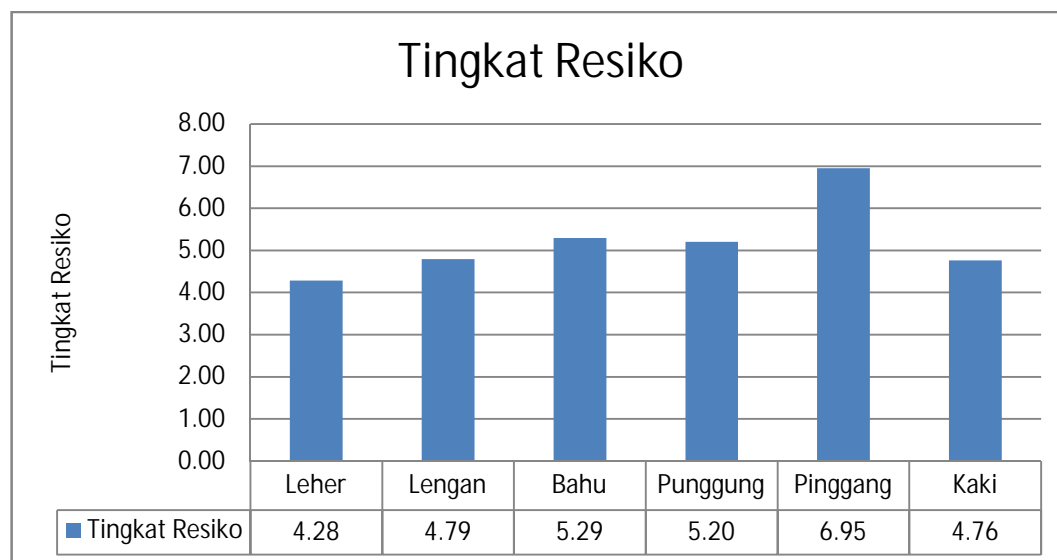


**Gambar 3.2** Grafik Tingkat Keparahan Keluhan

Selanjutnya, kemudian didapatkan tingkat resiko yang merupakan perkalian dari tingkat keparahan dengan tingkat frekuensi.

**Tabel 3.1** Tingkat Resiko Keluhan

Anggota Tubuh	Tingkat Keparahan	Frekuensi Terjadi	Tingkat Resiko
Leher	2.11	2.04	4.28
Lengan	2.07	2.32	4.79
Bahu	2.14	2.47	5.29
Punggung	2.28	2.28	5.20
Pinggang	2.49	2.79	6.95
Kaki	2.09	2.28	4.76



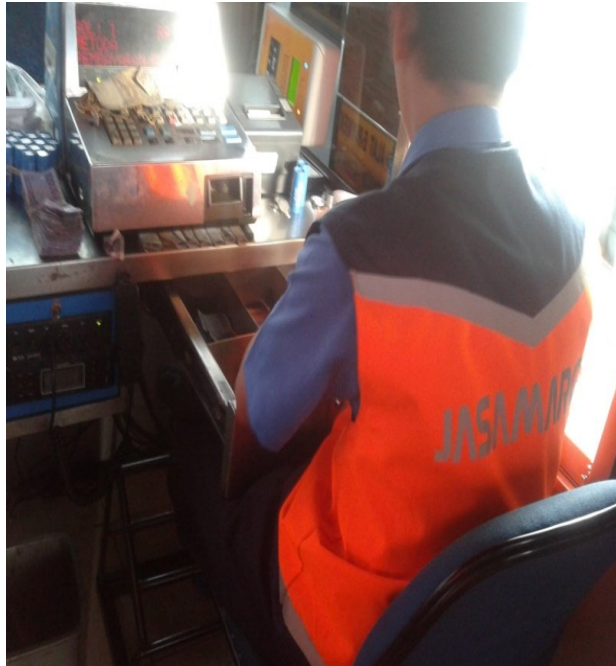
**Gambar 3.3** Grafik Tingkat Resiko Keluhan

Dari hasil pengolahan data kuesioner, dapat diambil kesimpulan bahwa mayoritas gangguan yang terjadi adalah pada bagian - bagian yang berhubungan langsung dengan postur duduk. Hasil ini menunjukkan adanya indikasi ketidaknyamanan yang diakibatkan oleh desain tempat kerja yang kurang ideal sehingga terbentuk postur duduk yang tidak nyaman dan berakibat pada gangguan yang merupakan salah satu tanda terjadinya cedera muskuloskeletal. Apalagi dengan melihat bahwa kegiatan ini merupakan kegiatan yang bersifat repetitif dan disertai dengan postur yang tidak nyaman maka semakin mendorong menjadi faktor utama yang menyebabkan terjadinya WMSD (*Work Musculoskeletal Disorder*).

### 3.3. Data Input Model Digital Virtual Simulation Jack

#### 3.3.1. Data Dimensi Stasiun Kerja

Data dimensi ini dibutuhkan untuk membuat *virtual environment* dari model simulasi Jack dimana pada simulasi ini dibutuhkan suatu rancangan yang disesuaikan dengan kondisi aktual.

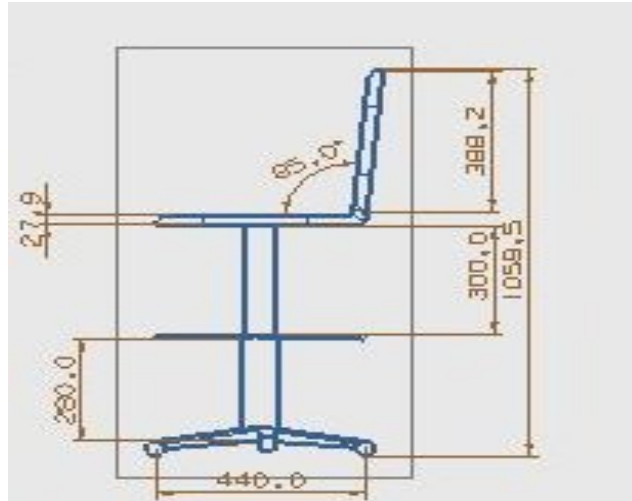


**Gambar 3.4** Stasiun Kerja Aktual

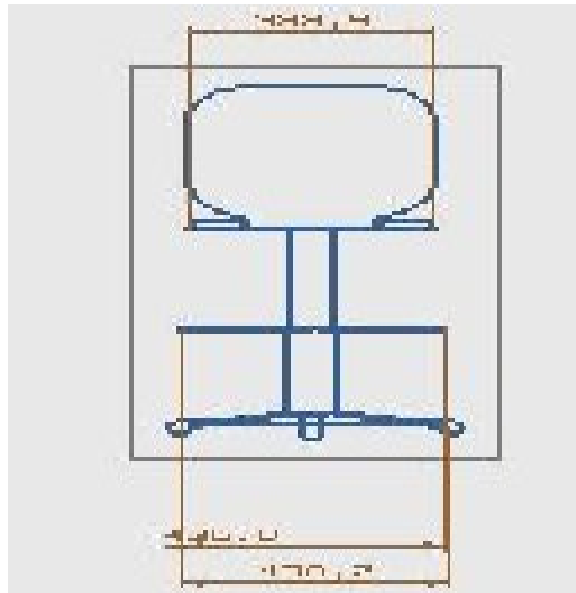
Data-data dimensi stasiun kerja ini diantaranya peralatan kursi, meja, jendela, serta peralatan-peralatan kerja lainnya.

Dari data dimensi peralatan kerja aktual, diantaranya adalah :

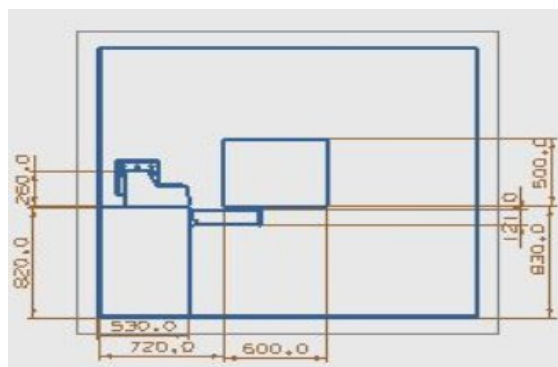
- Tinggi dudukan : 58,5 cm
- Lebar dudukan : 39,9 cm
- Kemiringan dudukan : 105 derajat
- Tinggi meja : 82 cm
- Panjang Jendela : 60 cm
- Lebar Jendela : 50 cm
- Tinggi Jendela dari tanah : 83 cm



**Gambar 3.5** Tampak Samping Dimensi Kursi Aktual



**Gambar 3.6** Tampak Belakang Dimensi Kursi Aktual



**Gambar 3.7** Dimensi Area Kerja

### 3.3.2. Data Antropometri Operator

Data antropometri merupakan data yang dibutuhkan sebagai input pembuatan model manusia virtual. Di dalam *software* Jack dapat dihasilkan model manusia dengan karakteristik detail ukuran tubuh yang seimbang dengan postur tubuh manusia pada umumnya, dengan hanya melakukan input tinggi dan berat badan. Ukuran ini akan dijadikan input dalam pembuatan model manusia sehingga ukuran tubuh manusia virtual dalam *software* Jack sesuai dengan kondisi nyata. Pengambilan data dilakukan secara langsung pada operator. Dari pengukuran ini kemudian dicari nilai persentil 5%, 50% dan 95% karena persentil-persentil tersebut diasumsikan dapat mewakili keseluruhan populasi yang diukur. Data-data badan persentil 5%, 50% dan 95% hanya dapat diperoleh jika keseluruhan data telah terdistribusi secara normal, oleh sebab itu harus ada pengujian sebelumnya untuk membuktikan normalitas kumpulan data tersebut. Untuk mengetahui apakah data antropometri yang telah dikumpulkan adalah data yang terdistribusi normal, maka dilakukan uji normalitas Kolmogorov Smirnov dengan menggunakan *software* minitab. Normalitas dipenuhi jika hasil uji tidak signifikan untuk suatu taraf signifikansi  $\alpha$  tertentu (biasanya  $\alpha = 0.05$  atau  $0.01$ ), untuk penelitian ini diambil nilai  $\alpha = 0.05$ . Cara mengetahui signifikan atau tidak signifikan hasil uji normalitas adalah dengan memperhatikan bilangan pada kolom P-Value pada grafik. Untuk menetapkan kenormalan, kriteria yang berlaku adalah sebagai berikut :

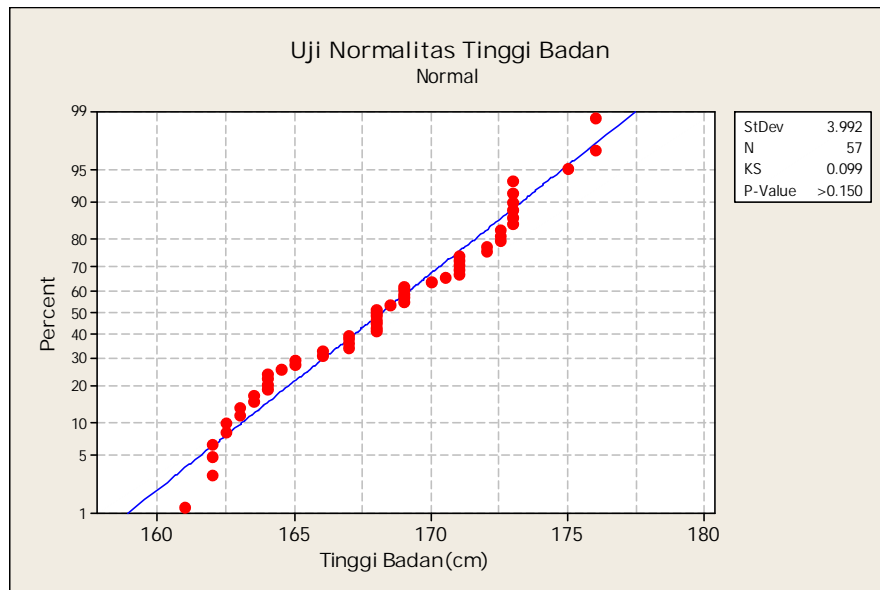
- Jika signifikansi yang diperoleh  $>\alpha$  ( $0.05$ ), maka sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal
- Jika signifikansi yang diperoleh  $<\alpha$  ( $0.05$ ), maka sampel bukan berasal dari populasi yang berdistribusi normal

Berikut merupakan data antropometri dari operator pintu tol

**Tabel 3.2** Data Antropometri Operator Tol

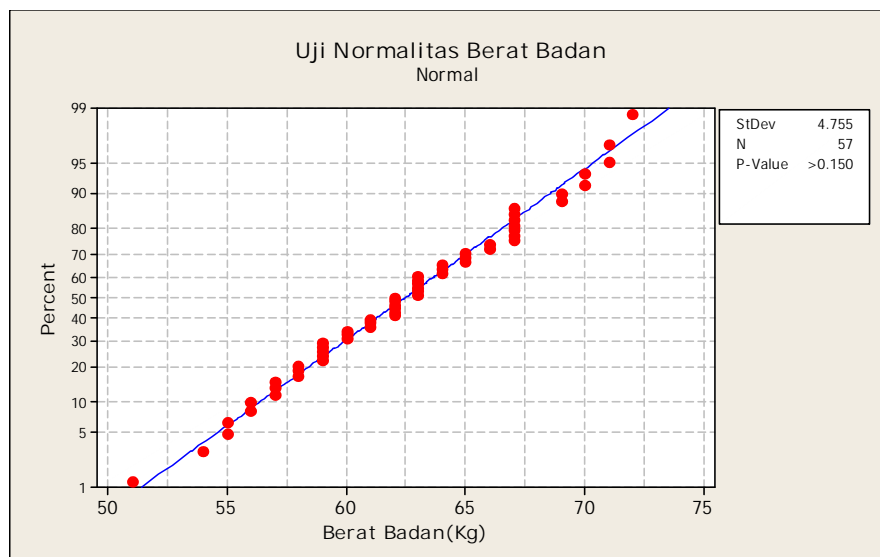
No	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)	No	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
1	161	57	31	168	62
2	162	52	32	168	64
3	162	55	33	168	66
4	162.5	51	34	171	58
5	162.5	57	35	169	67
6	164	52	36	170	62
7	163.5	55	37	169	63
8	163	55	38	169	64
9	163.5	59	39	170.5	67
10	163	56	40	171	63
11	164.5	62	41	172	67
12	164	65	42	171	69
13	165	57	43	171	65
14	164	58	44	171	63
15	164	61	45	172.5	61
16	165	65	46	172.5	63
17	168	66	47	172.5	58
18	162	63	48	173	62
19	167	67	49	172	67
20	169	69	50	173	72
21	168	62	51	173	70
22	166	60	52	173	71
23	166	63	53	173	64
24	167	56	54	175	70
25	167	59	55	176	78
26	167	60	56	176	67
27	168	62	57	173	70
28	169	60			
29	168	59			
30	168.5	67			

Berikut merupakan uji normalitas dari karakteristik tinggi badan maupun berat badan dari operator yang diukur.



**Gambar 3.8** Uji Normalitas Tinggi Badan

Gambar ini menunjukkan bahwa untuk tinggi badan, data terdistribusi secara normal dengan P-Value data  $>0.15$ . Dari standar deviasi, nilainya sebesar 3,992, yang menunjukkan penyimpangan data yang tidak terlalu besar pada populasi ini.



**Gambar 3.9** Uji Normalitas Berat Badan

Dari gambar di atas untuk karakteristik berat badan populasi dapat dilihat bahwa data terdistribusi secara normal dengan P-Value yang didapatkan lebih dari



0.15. Hal ini menunjukkan bahwa populasi tersebut merupakan kumpulan yang terdistribusi secara normal.

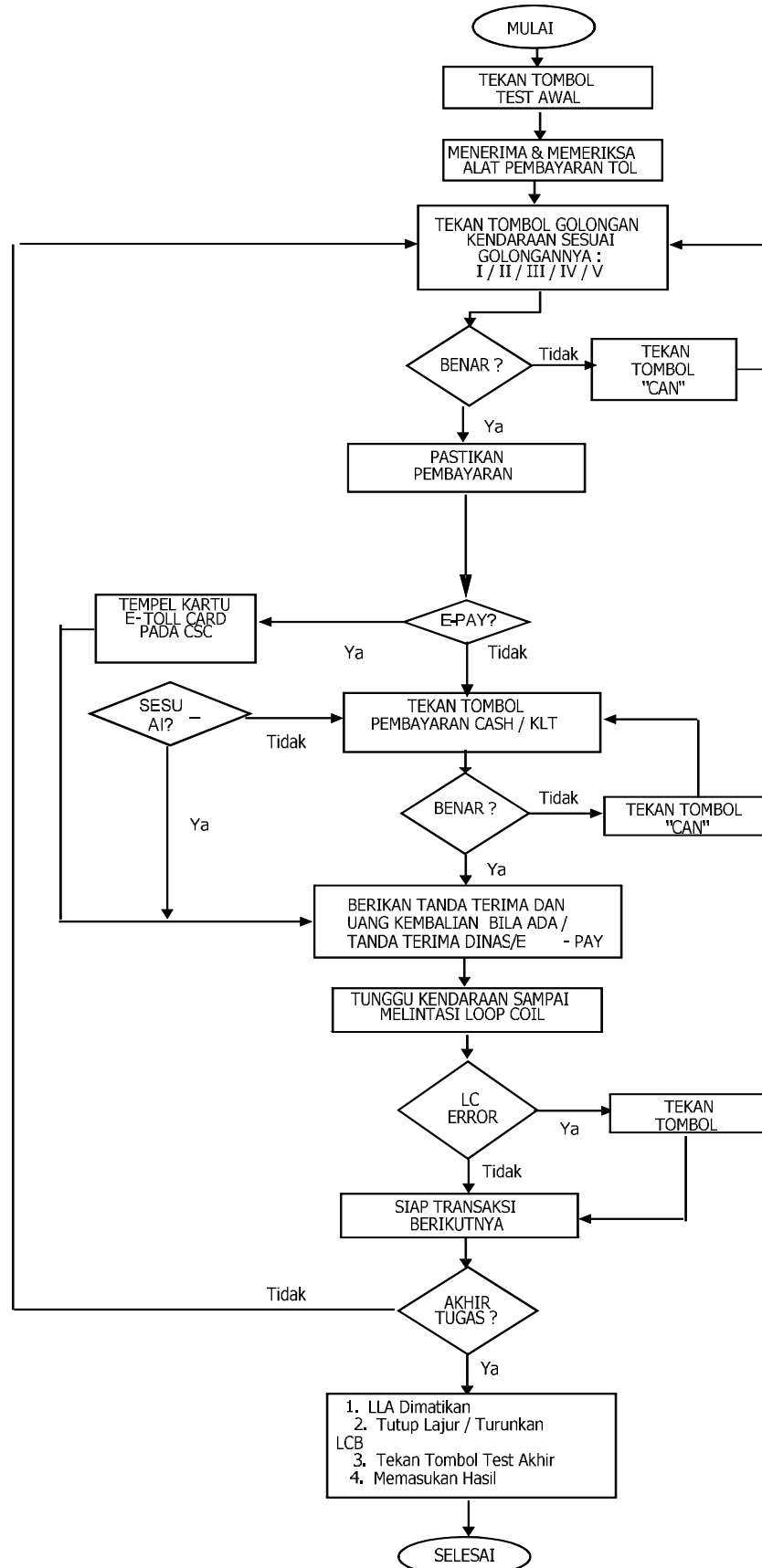
Dari pengumpulan data antropometri tersebut, kemudian dibuat persentilnya berdasarkan 3 jenis persentil yaitu 5%, 50%, dan 95%.

**Tabel 3.3** Data Persentil Antropometri Operator

<b>Persentil</b>	<b>5<sup>th</sup></b>	<b>50<sup>th</sup></b>	<b>95<sup>th</sup></b>
Tinggi (cm)	162	168	173.5
Berat (kg)	54.0	62	70.3

### 3.3.3. Data Rangkaian Kerja

Untuk rangkaian kerja berdasarkan hasil observasi yang dilakukan secara garis besar mengikuti instruksi kerja yang terdapat pada gambar berikut.



**Gambar 3.10** Instruksi Kerja Operator Tol

Dari rangkaian kerja ini, secara garis besar langkah-langkah kerja yang dilakukan oleh operator dalam melayani pelanggan adalah sebagai berikut :

1. Pelanggan memasuki jalur
2. Operator menekan tombol golongan kendaraan
3. Operator melakukan transaksi pembayaran dengan pelanggan
4. Operator menekan tombol cash
5. Operator memberikan tanda terima dan memberikan kembalian apabila tidak menggunakan uang pas
6. Pelanggan melintas ke arah luar jalur

### 3.4. Data Input Pengolahan Software Win Qsb

#### 3.4.1. Data Service Time dan Interarrival Time

Untuk data service time dan interarrival time, merupakan data yang didapatkan dari observasi selama jam sibuk yaitu pada shift 1 dan shift 2. Berikut merupakan *service time* dari operator pintu tol.

**Tabel 3.4** Data Service Time

No	Service Time (S)	No	Service Time (S)	No	Service Time (S)
1	5.76	86	6.86	171	7.34
2	7.65	87	3.87	172	14.01
3	6.34	88	7.54	173	7.29
4	4.67	89	10.67	174	8.43
5	8.34	90	13.45	175	7.89
6	16.23	91	12.13	176	4.39
7	7.65	92	7.45	177	4.4
8	8.65	93	5.29	178	5.27
9	8.45	94	7.58	179	10.42
10	4.32	95	9.76	180	9.32
11	5.76	96	8.45	181	8.47
12	5.54	97	9.54	182	22.15
13	5.54	98	7.88	183	7.22
14	8.56	99	5.22	184	10.66
15	7.45	100	8.34	185	6.66
16	14.53	101	5.46	186	6.25
17	8.43	102	6.67	187	8.22

**Tabel 3.4** Data Service Time (lanjutan)

<b>18</b>	4.54	<b>103</b>	7.89	<b>188</b>	19.45
<b>19</b>	8.34	<b>104</b>	9.45	<b>189</b>	7.36
<b>20</b>	6.45	<b>105</b>	8.45	<b>190</b>	6.35
<b>21</b>	8.75	<b>106</b>	8.43	<b>191</b>	4.35
<b>22</b>	6.43	<b>107</b>	5.49	<b>192</b>	6.21
<b>23</b>	14.35	<b>108</b>	6.54	<b>193</b>	5.98
<b>24</b>	5.45	<b>109</b>	8.45	<b>194</b>	6.08
<b>25</b>	5.34	<b>110</b>	7.43	<b>195</b>	11.32
<b>26</b>	11.34	<b>111</b>	6.32	<b>196</b>	4.33
<b>27</b>	4.67	<b>112</b>	4.58	<b>197</b>	6.4
<b>28</b>	7.23	<b>113</b>	5.32	<b>198</b>	4.73
<b>29</b>	9.65	<b>114</b>	6.75	<b>199</b>	4.94
<b>30</b>	5.45	<b>115</b>	5.43	<b>200</b>	6.24
<b>31</b>	7.23	<b>116</b>	6.32	<b>201</b>	7.32
<b>32</b>	4.56	<b>117</b>	7.88	<b>202</b>	8.98
<b>33</b>	7.64	<b>118</b>	9.43	<b>203</b>	6.87
<b>34</b>	6.87	<b>119</b>	4.12	<b>204</b>	11.67
<b>35</b>	9.08	<b>120</b>	8.45	<b>205</b>	8.32
<b>36</b>	11.34	<b>121</b>	7.67	<b>206</b>	7.12
<b>37</b>	6.45	<b>122</b>	4.67	<b>207</b>	7.56
<b>38</b>	7.86	<b>123</b>	7.5	<b>208</b>	7.73
<b>39</b>	6.3	<b>124</b>	8.21	<b>209</b>	8.76
<b>40</b>	6.86	<b>125</b>	8.5	<b>210</b>	7.45
<b>41</b>	8.13	<b>126</b>	7.8	<b>211</b>	4.09
<b>42</b>	22.65	<b>127</b>	5.8	<b>212</b>	11.18
<b>43</b>	10.45	<b>128</b>	4.6	<b>213</b>	8.32
<b>44</b>	8.93	<b>129</b>	8.34	<b>214</b>	6.32
<b>45</b>	4.53	<b>130</b>	5.71	<b>215</b>	8.45
<b>46</b>	4.56	<b>131</b>	6.24	<b>216</b>	9.32
<b>47</b>	4.87	<b>132</b>	9.32	<b>217</b>	9.12
<b>48</b>	6.85	<b>133</b>	7.43	<b>218</b>	13.23
<b>49</b>	5.54	<b>134</b>	14.32	<b>219</b>	6.45
<b>50</b>	8.43	<b>135</b>	6.34	<b>220</b>	7.83
<b>51</b>	13.12	<b>136</b>	7.34	<b>221</b>	8.78
<b>52</b>	12.56	<b>137</b>	6.46	<b>222</b>	6.78
<b>53</b>	8.23	<b>138</b>	4.91	<b>223</b>	7.43
<b>54</b>	10.8	<b>139</b>	12.34	<b>224</b>	4.21
<b>55</b>	9.24	<b>140</b>	16	<b>225</b>	4.58

**Tabel 3.4** Data Service Time (lanjutan)

<b>56</b>	5.67	<b>141</b>	6.14	<b>226</b>	5.32
<b>57</b>	8.32	<b>142</b>	4.32	<b>227</b>	8.21
<b>58</b>	21.43	<b>143</b>	6.34	<b>228</b>	7.45
<b>59</b>	6.93	<b>144</b>	9.43	<b>229</b>	6.32
<b>60</b>	5.67	<b>145</b>	7.67	<b>230</b>	10.12
<b>61</b>	6.08	<b>146</b>	8.49	<b>231</b>	7.45
<b>62</b>	6.43	<b>147</b>	8.45	<b>232</b>	4.67
<b>63</b>	9.43	<b>148</b>	12.36	<b>233</b>	7.21
<b>64</b>	7.23	<b>149</b>	6.89	<b>234</b>	6.73
<b>65</b>	8.84	<b>150</b>	4.91	<b>235</b>	8.21
<b>66</b>	8.47	<b>151</b>	17.63	<b>236</b>	7.87
<b>67</b>	4.78	<b>152</b>	5.05	<b>237</b>	5.37
<b>68</b>	9.34	<b>153</b>	13.56	<b>238</b>	6.34
<b>69</b>	8.32	<b>154</b>	7.21	<b>239</b>	7.67
<b>70</b>	5.67	<b>155</b>	8.45	<b>240</b>	7.3
<b>71</b>	8.34	<b>156</b>	5.25	<b>241</b>	7.45
<b>72</b>	6.25	<b>157</b>	8.94	<b>242</b>	7.12
<b>73</b>	4.58	<b>158</b>	5.37	<b>243</b>	11.12
<b>74</b>	13.45	<b>159</b>	14.66	<b>244</b>	8.15
<b>75</b>	8.32	<b>160</b>	8.84	<b>245</b>	6.39
<b>76</b>	7.45	<b>161</b>	8.23	<b>246</b>	5.15
<b>77</b>	8.45	<b>162</b>	7.45	<b>247</b>	9.34
<b>78</b>	6.74	<b>163</b>	7.83	<b>248</b>	8.32
<b>79</b>	4.64	<b>164</b>	9.12	<b>249</b>	7.87
<b>80</b>	5.49	<b>165</b>	8.15	<b>250</b>	6.43
<b>81</b>	6.73	<b>166</b>	8.03	<b>251</b>	5.87
<b>82</b>	9.45	<b>167</b>	7.13	<b>252</b>	9.13
<b>83</b>	8.04	<b>168</b>	10.12	<b>253</b>	8.76
<b>84</b>	11.23	<b>169</b>	8.45		
<b>85</b>	4.85	<b>170</b>	11.34		

Untuk interarrival time, yang merupakan data jeda waktu antar kedatangan di pintu tol berikut merupakan pengumpulan data yang didapatkan.

**Tabel 3.5** Data Interarrival Time

<b>No</b>	<b>Arrival Time (S)</b>	<b>No</b>	<b>Arrival Time (S)</b>	<b>No</b>	<b>Arrival Time (S)</b>
<b>1</b>	8.84	<b>86</b>	24.75	<b>171</b>	4.41
<b>2</b>	16.45	<b>87</b>	14.89	<b>172</b>	14.01
<b>3</b>	7.96	<b>88</b>	8.62	<b>173</b>	7.29
<b>4</b>	13.01	<b>89</b>	5.8	<b>174</b>	3.01
<b>5</b>	7.12	<b>90</b>	7.03	<b>175</b>	3.43
<b>6</b>	16.54	<b>91</b>	6.66	<b>176</b>	4.39
<b>7</b>	10.53	<b>92</b>	11.63	<b>177</b>	4.4
<b>8</b>	7.46	<b>93</b>	8.67	<b>178</b>	5.27
<b>9</b>	19.87	<b>94</b>	16.02	<b>179</b>	10.42
<b>10</b>	7.67	<b>95</b>	16	<b>180</b>	3.49
<b>11</b>	5.53	<b>96</b>	8.93	<b>181</b>	8.47
<b>12</b>	8.34	<b>97</b>	10.21	<b>182</b>	22.15
<b>13</b>	11.87	<b>98</b>	5.62	<b>183</b>	7.22
<b>14</b>	7.99	<b>99</b>	8.65	<b>184</b>	10.66
<b>15</b>	13.71	<b>100</b>	7.56	<b>185</b>	6.66
<b>16</b>	8.17	<b>101</b>	6.74	<b>186</b>	6.25
<b>17</b>	22.58	<b>102</b>	3.5	<b>187</b>	8.22
<b>18</b>	7.17	<b>103</b>	5.32	<b>188</b>	19.45
<b>19</b>	5.64	<b>104</b>	4.28	<b>189</b>	7.36
<b>20</b>	4.87	<b>105</b>	3.15	<b>190</b>	6.35
<b>21</b>	5.69	<b>106</b>	6.73	<b>191</b>	4.35
<b>22</b>	7.15	<b>107</b>	5.95	<b>192</b>	6.21
<b>23</b>	7.89	<b>108</b>	4.12	<b>193</b>	5.98
<b>24</b>	12.29	<b>109</b>	4.48	<b>194</b>	6.08
<b>25</b>	7.23	<b>110</b>	3.68	<b>195</b>	11.32
<b>26</b>	5.41	<b>111</b>	8.11	<b>196</b>	4.33
<b>27</b>	5.67	<b>112</b>	6.32	<b>197</b>	6.4
<b>28</b>	6.25	<b>113</b>	6.34	<b>198</b>	4.73
<b>29</b>	6.69	<b>114</b>	8.34	<b>199</b>	4.94
<b>30</b>	21.57	<b>115</b>	9.52	<b>200</b>	6.24
<b>31</b>	11.14	<b>116</b>	5.67	<b>201</b>	7.32
<b>32</b>	4.51	<b>117</b>	4.13	<b>202</b>	8.98
<b>33</b>	5.16	<b>118</b>	5.43	<b>203</b>	3.81
<b>34</b>	6.65	<b>119</b>	7.84	<b>204</b>	11.67
<b>35</b>	6.67	<b>120</b>	6.61	<b>205</b>	5.04
<b>36</b>	8.02	<b>121</b>	3.78	<b>206</b>	3.24
<b>37</b>	16.01	<b>122</b>	10.34	<b>207</b>	4.35

**Tabel 3.5** Data Interarrival Time (lanjutan)

<b>38</b>	5.26	<b>123</b>	5.87	<b>208</b>	7.73
<b>39</b>	12.97	<b>124</b>	3.52	<b>209</b>	4.79
<b>40</b>	34.18	<b>125</b>	8.42	<b>210</b>	5.37
<b>41</b>	11.03	<b>126</b>	13.21	<b>211</b>	4.09
<b>42</b>	16.37	<b>127</b>	4.67	<b>212</b>	11.18
<b>43</b>	10.17	<b>128</b>	7.19	<b>213</b>	8.32
<b>44</b>	9.54	<b>129</b>	4.66	<b>214</b>	3.49
<b>45</b>	12.59	<b>130</b>	7.86	<b>215</b>	3.49
<b>46</b>	30	<b>131</b>	4.02	<b>216</b>	3.33
<b>47</b>	11.25	<b>132</b>	8.56	<b>217</b>	3.55
<b>48</b>	9.7	<b>133</b>	5.88	<b>218</b>	4.81
<b>49</b>	6.6	<b>134</b>	4.68	<b>219</b>	4.82
<b>50</b>	9.47	<b>135</b>	7.64	<b>220</b>	3.05
<b>51</b>	9.12	<b>136</b>	7.64	<b>221</b>	8.78
<b>52</b>	9.28	<b>137</b>	4.78	<b>222</b>	4.25
<b>53</b>	17.39	<b>138</b>	6.17	<b>223</b>	14.63
<b>54</b>	6.55	<b>139</b>	8.43	<b>224</b>	3.06
<b>55</b>	9.77	<b>140</b>	6.48	<b>225</b>	3.83
<b>56</b>	7.18	<b>141</b>	6.21	<b>226</b>	11.66
<b>57</b>	7.5	<b>142</b>	11.32	<b>227</b>	21.58
<b>58</b>	9.52	<b>143</b>	4.66	<b>228</b>	16.07
<b>59</b>	11.2	<b>144</b>	15.92	<b>229</b>	9.7
<b>60</b>	13.78	<b>145</b>	5.23	<b>230</b>	5.66
<b>61</b>	5.75	<b>146</b>	8.49	<b>231</b>	3.84
<b>62</b>	17.94	<b>147</b>	4.69	<b>232</b>	4.63
<b>63</b>	7.66	<b>148</b>	12.36	<b>233</b>	4.39
<b>64</b>	4.87	<b>149</b>	6.89	<b>234</b>	7.6
<b>65</b>	6.6	<b>150</b>	4.91	<b>235</b>	5.69
<b>66</b>	11.83	<b>151</b>	17.63	<b>236</b>	10.43
<b>67</b>	7.28	<b>152</b>	5.05	<b>237</b>	10.42
<b>68</b>	8.18	<b>153</b>	3.67	<b>238</b>	5.85
<b>69</b>	6.19	<b>154</b>	7.21	<b>239</b>	6.68
<b>70</b>	17.18	<b>155</b>	7.75	<b>240</b>	3.72
<b>71</b>	12.74	<b>156</b>	5.25	<b>241</b>	8.57
<b>72</b>	5.26	<b>157</b>	8.94	<b>242</b>	9.32
<b>73</b>	5.27	<b>158</b>	5.37	<b>243</b>	13.66
<b>74</b>	5.02	<b>159</b>	14.66	<b>244</b>	26.43
<b>75</b>	5.35	<b>160</b>	4.72	<b>245</b>	31.32
<b>76</b>	7.31	<b>161</b>	3.73	<b>246</b>	18.12

**Tabel 3.5** Data Interarrival Time (lanjutan)

<b>77</b>	7.33	<b>162</b>	3.24	<b>247</b>	43.2
<b>78</b>	4.58	<b>163</b>	3.77	<b>248</b>	8.56
<b>79</b>	13.46	<b>164</b>	4.71	<b>249</b>	7.5
<b>80</b>	6.44	<b>165</b>	5.19	<b>250</b>	10.12
<b>81</b>	22.52	<b>166</b>	8.03	<b>251</b>	8.34
<b>82</b>	4.6	<b>167</b>	4.76	<b>252</b>	9.43
<b>83</b>	5.79	<b>168</b>	3.59	<b>253</b>	8.34
<b>84</b>	17.93	<b>169</b>	3.76		
<b>85</b>	33.3	<b>170</b>	4.13		

### 3.5. Pengolahan Data

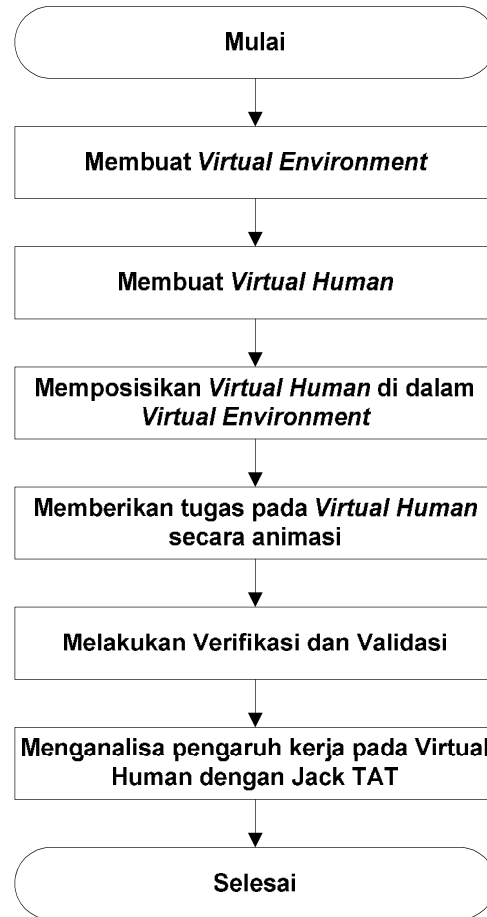
Di dalam penelitian ini digunakan metode simulasi untuk mencapai tujuan akhir dari penelitian yaitu desain stasiun dan metode kerja ergonomis yang dapat meningkatkan performa operator. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka digunakan metode *virtual environment simulation* dengan menggunakan *software* Jack. Model simulasi yang dihasilkan oleh *software* Jack akan memberikan usulan mengenai desain stasiun kerja. Untuk melihat tingkat performa pelayanan operator digunakan *software* WinQsb.

#### 3.5.1. Pengolahan Data melalui Software Jack

Alur pembuatan model simulasi Jack mengikuti suatu tahapan yang sistematis seperti yang terlihat pada diagram alir **Gambar 3.11**. Berdasarkan diagram alur tersebut, langkah pembuatan model simulasi pada *software* Jack dibagi ke dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Membuat sebuah *virtual environment*
2. Membuat model *virtual human*
3. Memposisikan *virtual human model* pada *virtual environment* sesuai dengan keadaan riil
4. Memberikan tugas atau kerja pada *virtual human* sesuai dengan gerakan kerja yang diinginkan
5. Melakukan verifikasi dan validasi dari model yang telah dibuat
6. Menganalisis kinerja *virtual human model* dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack.

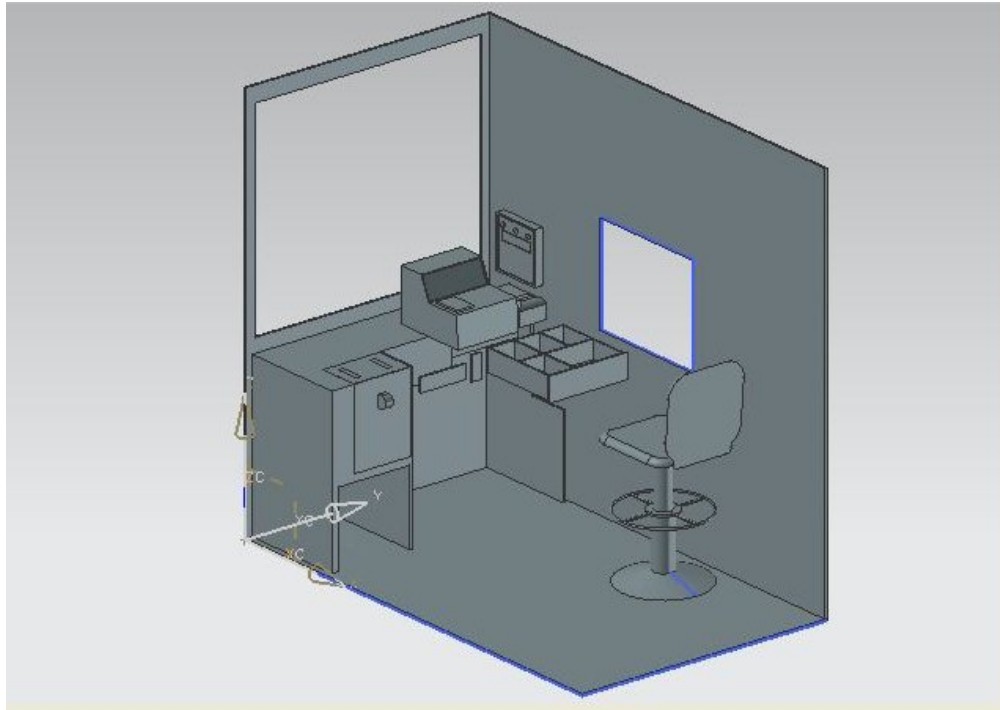




**Gambar 3.11** Diagram alir pembuatan model simulasi Jack

### 3.5.2. Pembuatan Virtual Environment

Pembuatan *virtual environment* dilakukan untuk menciptakan suatu lingkungan yang mirip dengan keadaan aktual dalam suatu software Jack. Proses ini dilakukan dengan membuat desain stasiun kerja aktual terlebih dahulu di *software* NX 6 dan setelah desain selesai dibuat, kemudian desain diimpor ke dalam lingkungan simulasi *software* Jack. Hasil dari tersebut akan membentuk lingkungan *virtual* pada *software* Jack yang memiliki dimensi dan ukuran yang sesuai dengan lingkungan aktual sehingga *virtual environment* benar-benar merupakan representasi dari keadaan aktual.



**Gambar 3.12** Stasiun Kerja Virtual

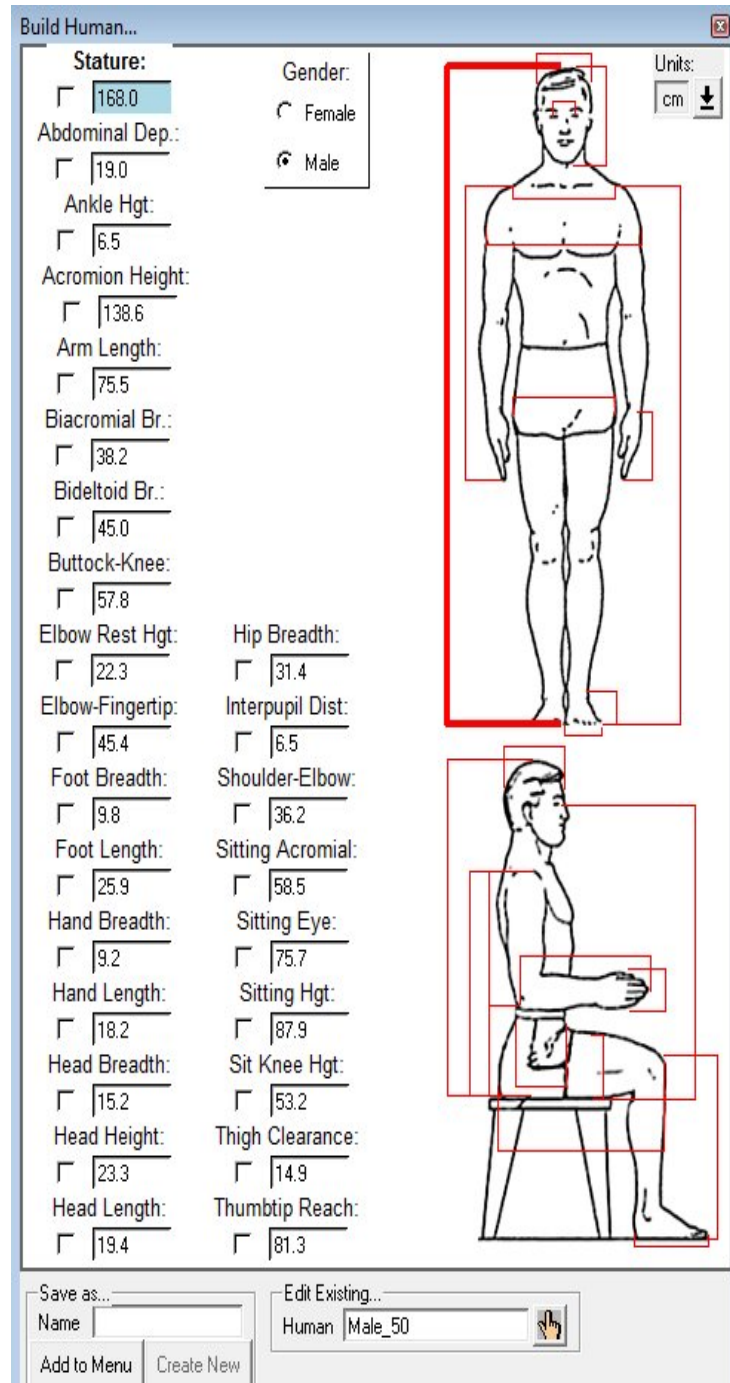
### 3.5.3. Pembuatan Virtual Human

Dalam menganalisis pengaruh desain stasiun kerja terhadap kondisi ergonomi operator, komponen penting yang amat dibutuhkan adalah pembuatan model manusia virtual pada software Jack. Dalam hal ini, dari data antropometri yang dimasukkan kemudian diklasifikasikan menjadi 3 bagian persentil yaitu persentil 5%, 50%, dan 95% dari data pengumpulan antropometri yang telah dilakukan pada 57 orang. Untuk jenis persentil 5% merupakan jensi kelamin wanita, karena memiliki tinggi badan 162 cm, yang dalam kebijakan di pintu tol untuk minimal tinggi badan wanita adalah 160 cm dan pria adalah 165 cm. Sedangkan untuk jenis persentil 50% dan 95% berjenis kelamin pria. Berikut merupakan spesifikasi dimensi tubuh dari 3 jenis persentil manusia virtual di Jack yang merepresentasikan operator.

Build Human...

<b>Stature:</b> <input type="checkbox"/> 162.0 <b>Abdominal Dep.:</b> <input type="checkbox"/> 17.3 <b>Ankle Hgt:</b> <input type="checkbox"/> 6.1 <b>Acromion Height:</b> <input type="checkbox"/> 132.3 <b>Arm Length:</b> <input type="checkbox"/> 71.9 <b>Biacromial Br.:</b> <input type="checkbox"/> 35.3 <b>Bideloid Br.:</b> <input type="checkbox"/> 41.6 <b>Buttock-Knee:</b> <input type="checkbox"/> 55.0 <b>Elbow Rest Hgt:</b> <input type="checkbox"/> 21.6 <b>Elbow-Fingertip:</b> <input type="checkbox"/> 43.2 <b>Foot Breadth:</b> <input type="checkbox"/> 8.9 <b>Foot Length:</b> <input type="checkbox"/> 23.8 <b>Hand Breadth:</b> <input type="checkbox"/> 8.2 <b>Hand Length:</b> <input type="checkbox"/> 17.6 <b>Head Breadth:</b> <input type="checkbox"/> 14.5 <b>Head Height:</b> <input type="checkbox"/> 21.8 <b>Head Length:</b> <input type="checkbox"/> 18.7	<b>Gender:</b> <input checked="" type="radio"/> Female <input type="radio"/> Male	<b>Units:</b> cm
<b>Hip Breadth:</b> <input type="checkbox"/> 32.5 <b>Interpupil Dist:</b> <input type="checkbox"/> 6.2 <b>Shoulder-Elbow:</b> <input type="checkbox"/> 34.1 <b>Sitting Acromial:</b> <input type="checkbox"/> 55.7 <b>Sitting Eye:</b> <input type="checkbox"/> 74.0 <b>Sitting Hgt:</b> <input type="checkbox"/> 85.4 <b>Sit Knee Hgt:</b> <input type="checkbox"/> 51.1 <b>Thigh Clearance:</b> <input type="checkbox"/> 15.5 <b>Thumbtip Reach:</b> <input type="checkbox"/> 78.3		
<b>Save as...</b> Name: <input type="text"/> <input type="button" value="Add to Menu"/> <input type="button" value="Create New"/>	<b>Edit Existing...</b> Human Female_5 <input type="button" value="Edit"/>	

**Gambar 3.13** Dimensi Tubuh Manusia Virtual Persentil 5%



**Gambar 3.14** Dimensi Tubuh Manusia Virtual Persentil 50%

Build Human...

Stature:

Abdominal Dep.:

Ankle Hgt:

Acromion Height:

Arm Length:

Biacromial Br.:

Bideltoid Br.:

Buttock-Knee:

Elbow Rest Hgt:

Elbow-Fingertip:

Foot Breadth:

Foot Length:

Hand Breadth:

Hand Length:

Head Breadth:

Head Height:

Head Length:

Gender:  Female  Male

Hip Breadth:

Interpupil Dist:

Shoulder-Elbow:

Sitting Acromial:

Sitting Eye:

Sitting Hgt:

Sit Knee Hgt:

Thigh Clearance:

Thumbtip Reach:

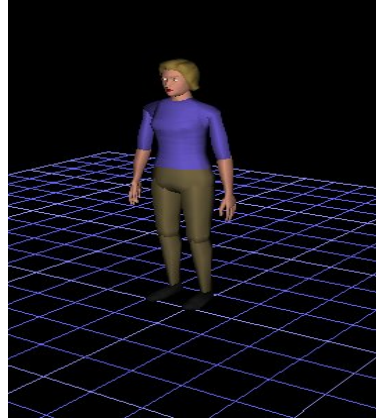
Units:

Save as...  
Name

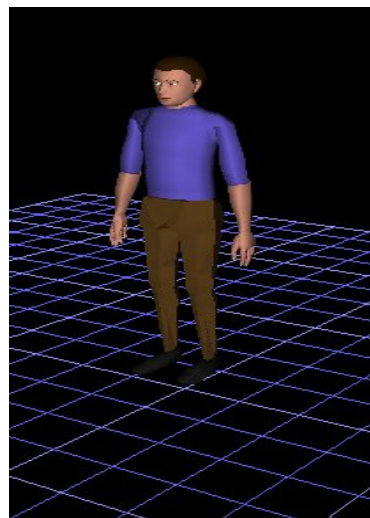
Edit Existing...  
Human

Add to Menu Create New

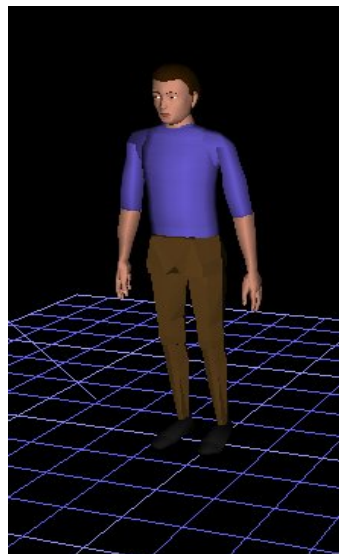
**Gambar 3.15** Dimensi Tubuh Manusia Virtual Persentil 50%



**Gambar 3.16** Manekin Jack Wanita Persentil 5%



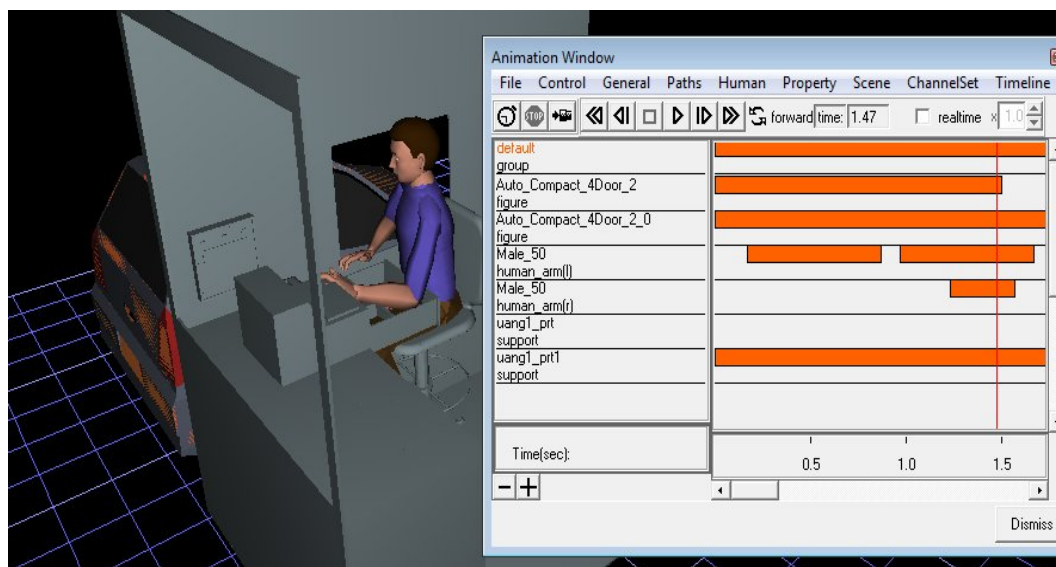
**Gambar 3.17** Manekin Jack Pria Persentil 50



**Gambar 3.18** Manekin Jack Pria Persentil 95%

### 3.5.4. Pembuatan Tugas Kerja pada *Virtual Human*

Setelah model manusia virtual dimasukkan pada stasiun kerja virtual, langkah selanjutnya adalah memberikan tugas kerja sesuai dengan instruksi kerja operasi di pintu tol . Pemberian tugas tersebut dilakukan dengan menggunakan modul *animation system* seperti yang terlihat pada **Gambar 3.19** pada software Jack.



**Gambar 3.19** Animation System pada Kondisi Aktual

### 3.5.5. Pengujian Rangkaian Kerja dengan Jack *Task Analysis Toolkit*

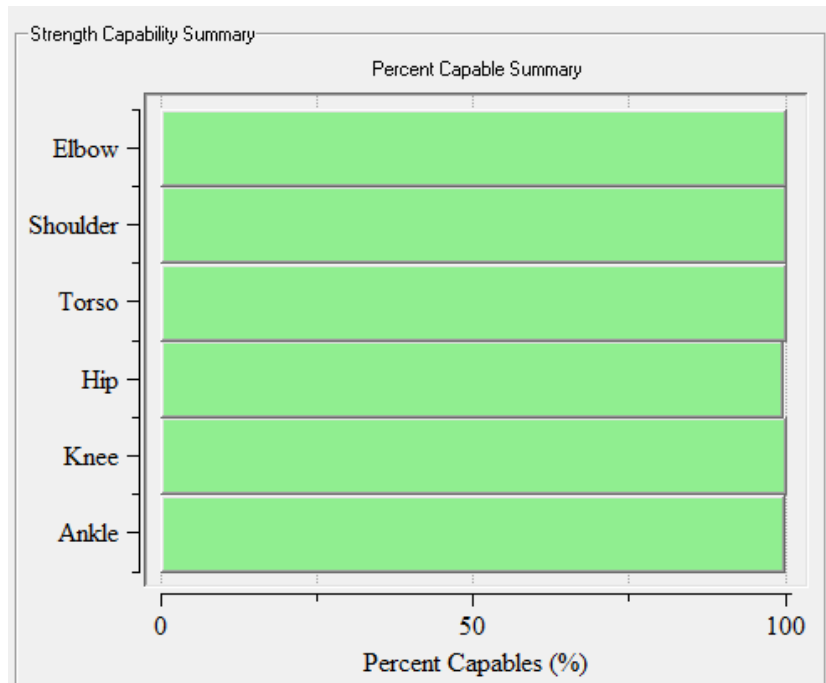
Untuk melakukan pengujian ergonomi berdasarkan postur dan kinerja digunakan modul *Jack Analysis Toolkit*. Dalam penelitian ini terdapat empat *tools* yang digunakan untuk menganalisis kinerja model manusia virtual yaitu :

- *Static Strength Prediction*
- *Low Back Analysis*
- *Ovako Working Posture Analysis System*
- *Rapid Upper Limb Assessment*

Keempat metode tersebut akan menghasilkan *output* penilaian secara *real-time* ketika simulasi dijalankan, sehingga akan terlihat bobot kelelahan dan resiko pada tubuh bagian atas dan bawah yang dirasakan oleh model *virtual* akibat postur dan kerja yang dilakukan.

Pengolahan data pertama yaitu melalui *Static Strength Prediction* (SSP). SSP digunakan untuk memastikan apakah kegiatan kerja dapat dilakukan oleh

seluruh populasi. Persentase minimal yang dapat diterima adalah 90% dari keseluruhan operator. Hasil pengolahan data SSP dapat terlihat pada gambar berikut.



**Gambar 3.20** Grafik SPP Proses Kerja

Setelah melakukan perhitungan SSP, kemudian melakukan pengolahan berdasarkan animasi real time untuk kondisi aktual. Animasi ini dijalankan secara real-time untuk mencari titik ekstrim postur yang memberikan skor paling tinggi bagi tiap pengujian. Skor yang tinggi menandakan kondisi yang semakin tidak ergonomis dapat membahayakan operator. Hasil penilaian untuk LBA, OWAS dan RULA yang tertinggi kemudian didokumentasikan untuk bahan analisis selanjutnya dalam menentukan desain stasiun kerja yang dapat memberikan postur dengan nilai ekstrim LBA, OWAS dan RULA yang terendah.

Setelah melakukan pengujian, kemudian dihitung nilai ergonomi atau nilai PEI dari hasil pengujian yang dilakukan. Perhitungan ini didapatkan dari perhitungan nilai-nilai ergonomi kondisi aktual yang dilakukan melalui LBA, OWAS dan RULA. Formula perhitungan nilai PEI ditunjukkan oleh persamaan

$$PEI = I_1 + I_2 + (mr. I_3) \quad (3.1)$$

Untuk :

$$I_1 = LBA / 3400 N$$



$$I_2 = \text{OWAS}/4$$

$$I_3 = \text{RULA}/7$$

$$mr = 1,42$$

Perhitungan PEI ini untuk kondisi aktual dilakukan terhadap 3 jenis persentil yaitu persentil 5, 50, dan 95. Berikut merupakan nilai PEI kondisi aktual dari perhitungan yang telah dilakukan.

**Tabel 3.6** Nilai PEI kondisi aktual

Jenis Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
Persentil 5	603	3	5	1.439
Persentil 50	808	3	5	2,002
Persentil 95	901	3	5	2,029

### 3.5.6. Pengolahan Data melalui Software Win Qsb

Pengolahan data untuk menghitung simulasi antrian menggunakan software WinQsb. Untuk perhitungan simulasi antrian ini menggunakan *data service time* dan *interarrival time*. Service time ini didapatkan dari observasi waktu pelayanan yang dibutuhkan operator untuk melayani pelanggan di rentang tertentu. Interarrival time ini didapatkan dari jeda waktu kedatangan kendaraan pada pintu tol dengan asumsi menggunakan 1 server.

Untuk memasukkan data service time ke dalam software WinQsb, terlebih dahulu dicari distribusi yang sesuai dengan data. Dari data service time tersebut, kemudian dibuat distribusi yang sesuai. Dari data tersebut kemudian dimasukkan untuk melihat pola distribusi yang paling sesuai. Berikut merupakan hasil distribusi dari data service time tersebut yaitu terdistribusi secara Lognormal.

Auto::Fit of Distributions

distribution	rank	acceptance
Lognormal(2.11, 1.6, 0.44)	100	do not reject
Exponential(3.93, 3.63)	0.	reject
Triangular(3.74, 17.8, 4.25)	0.	reject
Uniform(3.93, 17.4)	0.	reject

Lognormal  
 minimum = 2.11444  
 mu = 1.597  
 sigma = 0.44005

**Gambar 3.21** Distribusi Data Service Time

Untuk data interarrival time, sama seperti data service time, terlebih dahulu dicari distribusi yang sesuai dengan data. Dari data tersebut kemudian dimasukkan untuk melihat pola distribusi yang paling sesuai. Berikut merupakan hasil distribusi dari data arrival time tersebut yaitu terdistribusi secara eksponensial.

Exponential  
 minimum = 4.51  
 beta = 5.9616

**Gambar 3.22** Distribusi Data Interarrival time

Setelah mendapatkan distribusi data yang sesuai beserta nilai parameternya, kemudian dimasukkan pada kolom input pada WinQsb sesuai dengan tampilan berikut ini.

Data Description	ENTRY
Number of servers	1
Service time distribution (in Second)	LogNormal
Mean of log(x) (u)	1.597
Standard deviation of log(x) (s>0)	0.44005
(Not used)	
Service pressure coefficient	
Interarrival time distribution (in Second)	Exponential
Location parameter (a)	
Scale parameter (b>0) (b=mean if a=0)	5.9616
(Not used)	
Arrival discourage coefficient	
Batch (bulk) size distribution	Constant
Constant value	1
(Not used)	
(Not used)	
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per Second	
Idle server cost per Second	
Customer waiting cost per Second	
Customer being served cost per Second	
Cost of customer being balked	
Unit queue capacity cost	

Gambar 3.23 Kolom Input Win Qsb

10-14-2007	Performance Measure	Result
1	System: M/G/1	From Simulation
2	Customer arrival rate ( $\lambda$ ) per Second =	0.1677
3	Service rate per server ( $\mu$ ) per Second =	0.1838
4	Overall system effective arrival rate per Second =	0.1672
5	Overall system effective service rate per Second =	0.1668
6	Overall system utilization =	91.7559 %
7	Average number of customers in the system (L) =	6.3303
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	5.4128
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	5.8991
10	Average time customer spends in the system (W) =	37.8987 Seconds
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	32.3985 Seconds
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	35.3094 Seconds
13	The probability that all servers are idle (Po) =	8.2441 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw or Pb) =	91.7559 %
15	Average number of customers being balked per Second =	0
16	Total cost of busy server per Second =	\$0
17	Total cost of idle server per Second =	\$0
18	Total cost of customer waiting per Second =	\$0
19	Total cost of customer being served per Second =	\$0
20	Total cost of customer being balked per Second =	\$0
21	Total queue space cost per Second =	\$0
22	Total system cost per Second =	\$0
23	Simulation time in Second =	14400.0000
24	Starting data collection time in Second =	0
25	Number of observations collected =	2402
26	Maximum number of customers in the queue =	21
27	Total simulation CPU time in second =	1.6560

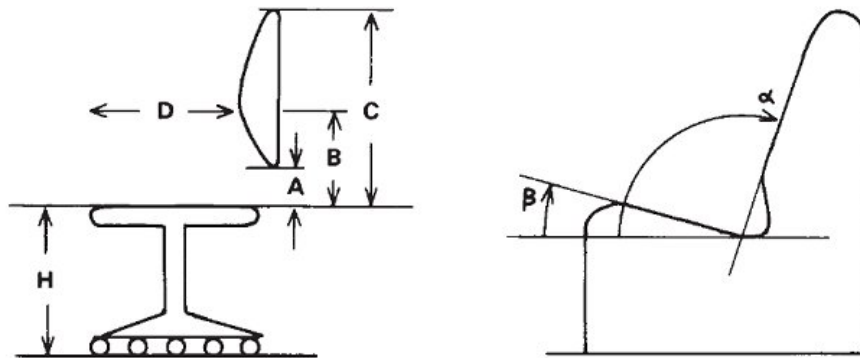
Gambar 3.24 Tampilan Hasil Pengolahan Data Win Qsb

### 3.6. Perancangan Rekonfigurasi Model

#### 3.6.1. Perancangan Desain Stasiun Kerja

Dalam merancang desain stasiun kerja, perlu diperhatikan beberapa variabel penting yang harus dipenuhi dalam perancangan desain yang baru. Dalam perancangan ini perubahan-perubahan yang menyangkut desain harus memenuhi kaidah ergonomi. Dalam rencana perubahan ini, ada beberapa perubahan komponen peralatan kerja ini. Peralatan kerja yang mengalami perubahan desain dalam hal ini adalah desain kursi, meja, dan jendela.

Komponen pertama yang perlu diperhatikan dalam perubahan desain ini adalah desain kursi kerja operator. Desain kursi kerja merupakan faktor penting yang mempengaruhi kerja dari operator, sehingga desain ini harus benar-benar diperhatikan oleh pengguna. Dalam desain kursi ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam desain secara ergonomis berdasarkan Peasant (2003).



**Gambar 3.25** Desain Kursi Ergonomis

Sumber : Pheasant.S, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomis and the Design of Work, Second Edition*, Taylor & Francis, London, 2003, p.75

#### A. Kursi

- Tinggi dudukan

Tinggi dudukan (H pada gambar) harus lebih rendah dari tinggi popliteal operator dengan kriteria sebagai berikut:

- kaki bagian bawah harus dapat membentuk sudut antara  $5-30^\circ$  relatif terhadap vertikal
- sudut antara paha dan tubuh adalah sekitar  $95-120$  derajat.

- Kemiringan dudukan

Kemiringan dudukan ( $\beta$  pada gambar) yang baik adalah antara  $5 - 10$  derajat.

- Tinggi sandaran

Tinggi sandaran ini harus dapat menahan  $60-80\%$  dari tinggi bahu ketika operator sedang duduk.

- Kemiringan sandaran

Kemiringan sandaran kursi yang baik adalah sekitar  $100-110$  derajat. Kemiringan sandaran kursi ini dihitung dari posisi horizontal. (seperti  $\alpha$  pada gambar)

- Lebar dudukan

Lebar dudukan harus 10-30% lebih besar dari lebar bokong operator

- Sandaran kaki

Sandaran kaki merupakan komponen penting yang perlu ada pada kursi kerja, hal ini karena dengan intensitas pekerjaan operator yang tinggi dan repetitif dalam postur duduk, berpotensi mengalami keluhan di bagian kaki apabila dibiarkan begitu saja. Dalam penentuan sandaran kaki ini ada 2 faktor penting yang perlu diperhatikan yaitu tinggi sandaran kaki, yang merupakan tinggi dari sandaran kaki ke bawah, dan lebar sandaran kaki, yang merupakan area bagi tempat menaruh kaki. Untuk penentuan tinggi sandaran kaki disesuaikan dengan tinggi lutut dan tinggi kursi. Untuk lebar sandaran kaki disesuaikan dengan lebar kaki dari operator yaitu dengan perhitungan lebar 2 kaki ditambah kelonggaran.

- Sandaran Lengan

Sandaran lengan mengikuti tinggi dari tinggi siku dari antropometri

Berikut rumus yang digunakan dalam penentuan desain kursi berdasarkan prinsip tersebut.

**Tabel 3.7** Rumus Penentuan desain kursi

Variabel	Rumus Perhitungan
Tinggi Dudukan (Seat Height)	$(TP+2) \cos 30^\circ \leq SH \leq (TP+2) \cos 5^\circ$
Kemiringan Dudukan	$5^\circ$
Tinggi Sandaran (Backrest Height)	$0.6 TB \leq BH \leq 0.8 TB$
Kemiringan sandaran	$100-110^\circ$
Lebar dudukan (Seat Wide)	$1.1 LB \leq SW \leq 1.3 LB$
Tinggi sandaran lengan (Armrest Height)	$TS \leq AH \leq 1.1 TS$

## B. Meja

Komponen kedua yang perlu diperhatikan dalam perancangan desain adalah desain meja kerja operator. Desain meja kerja tempat untuk menaruh

peralatan-peralatan kerja operator, dan secara mayoritas menjadi tempat menjangkau peralatan. Dalam penentuan meja kerja ini, beberapa variabel yang perlu diperhatikan adalah:

- Tinggi meja

Tinggi meja harus disesuaikan dengan tinggi siku dalam keadaan 90 derajat. Maka tinggi meja minimum harus dihitung pada saat operator tidak mengalami flexion dan abduction, sementara tinggi maksimum harus dihitung pada saat siku siswa mengalami fleksi sebesar 25 derajat dan abduksi sebesar 20 derajat.

Berikut ini merupakan rumus untuk menentukan variabel meja dalam desain.

**Tabel 3.8** Rumus Perhitungan Desain Meja

Variabel	Rumus Perhitungan
Tinggi Meja	$(TB-PLA)+[(P+2) \cos 30^\circ] \leq DH \leq [(TPop+2) \cos 5^\circ]+[(TB-PLA)0.8517] +((TB)0.1483)$

### C. Jendela

Komponen berikutnya yang perlu diperhatikan dalam desain stasiun kerja ini adalah desain jendela. Desain jendela ini meliputi panjang jendela, lebar jendela, dan tinggi jendela dari tanah. Alasan pemilihan faktor desain jendela ini karena merupakan tempat interaksi dari operator terhadap transaksi pelanggan.

- Panjang Jendela

Panjang jendela merupakan jarak dari titik bawah jendela ke titik atas jendela. Dalam penentuan panjang jendela yang perlu diperhatikan adalah jarak dari tangan ke kepala. Hal ini agar dalam panjang jendela bisa sesuai dengan jarak tangan maupun tinggi kepala agar pelanggan yang berada di luar jendela dapat dilihat dengan jelas.

- Lebar Jendela

Lebar Jendela merupakan jarak dari titik ujung samping ke ujung samping yang lain pada jendela. Penentuan lebar jendela ini harus memperhatikan

jangkauan lengan maupun jangkauan pandangan yang dapat dilihat oleh operator.

- Tinggi Jendela dari Tanah

Tinggi jendela dari tanah merupakan tinggi dari jendela dari tanah untuk penentuan posisi yang sesuai dengan posisi tangan dari operator.

### 3.6.2. Penentuan Persentil Desain

Untuk selanjutnya, ditentukan jenis persentil untuk perancangan desain tersebut berdasarkan persentil. Untuk peralatan pertama yaitu kursi, komponen-komponen yang ada di dalamnya seperti tinggi dudukan menggunakan range antropometri mulai dari persentil 50 sampai pada persentil 95. Hal ini untuk memberikan keleluasaan bagi persentil 5 dan 50, sekaligus agak tidak terlalu tinggi bagi operator. Untuk tinggi sandaran kursi akan dihitung menggunakan acuan tinggi bahu operator dengan persentil 95. Hal ini dimaksudkan agar sandaran ini dapat menopang punggung dengan ukuran tubuh persentil 5, 50 maupun 95. Untuk lebar dudukan menggunakan acuan berdasarkan persentil 95 untuk memberikan kelonggaran bagi persentil 5 dan persentil 50. Untuk komponen sandaran kaki, baik untuk tinggi maupun lebar menggunakan acuan persentil 95. Penentuan sandaran kaki berdasarkan persentil 95 ini, berguna untuk memberikan kesesuaian tinggi dan lebarnya agar bisa dipijak oleh operator dengan persentil 5, 50 maupun 95. Penentuan berikutnya yaitu penentuan tinggi sandaran lengan mengikuti persentil 50 dengan kelonggaran sebesar 0.1 untuk bisa mengakomodasi persentil 95 sekaligus juga bisa digunakan untuk persentil 5.

Untuk peralatan kerja meja, komponen-komponennya seperti tinggi meja mengikuti persentil 95 untuk memberikan keleluasaan bagi persentil 5 dan 50. Apabila menggunakan persentil 5 ataupun 50 sebagai patokan, maka terdapat kemungkinan operator dengan persentil 95 yang memiliki siku lebih panjang harus menekuk tangannya untuk bisa menyesuaikan..

Untuk penentuan jendela, menggunakan persentil 95 baik untuk panjang jendela, lebar jendela, dan tinggi jendela dari tanah. Hal ini untuk memberikan keleluasaan untuk ketiga persentil yaitu persentil 5, 50, dan 95.



Berikut merupakan nilai dari masing-masing peralatan kerja berdasarkan desain persentil dengan kisaran nilai minimum dan maksimum dari data antropometri.

**Tabel 3.9** Penentuan dimensi minimum dan maksimum desain

<b>Komponen Kursi</b>	<b>Nilai Minimum (cm)</b>	<b>Nilai Maksimum (cm)</b>
Tinggi Dudukan (Seat Height)	47.11	54.19
Kemiringan Dudukan (Seat Angle)	5 derajat	10 derajat
Tinggi Sandaran (Backrest Height)	37.92	50.56
Kemiringan Sandaran (Backrest Angle)	100 derajat	110 derajat
Lebar Dudukan (Seat Width)	37.73	44.59
Tinggi Sandaran Kaki (Footrest)	4	13
Lebar Sandaran Kaki	23.8	27.8
Sandaran Tangan (Armrest)	21	25
Tinggi Meja (Desk Height)	70.34	83.09
Lebar Jendela	65.16	75.04
Panjang Jendela	72.5	80.45
Tinggi Jendela-Tanah	74.77	80.12

Keterangan :

TB = Tinggi Bahu

LB = Lebar Bokong

TP = Tinggi Pinggul

PLA = Panjang Lengan Atas

TL = Tinggi Lutut

PLB = Panjang Lengan Bawah

TPop = Tinggi Popliteal

PT = Panjang Telapak Kaki

PB = Popliteal-Buttock

TBd = Tinggi Badan

TS = Tinggi Siku

### 3.6.3. Penentuan Kombinasi Rekonfigurasi

Untuk penentuan kombinasi konfigurasi mengikuti perubahan-perubahan desain yang dilakukan. Dalam hal ini, nilai untuk konfigurasi mengikuti range nilai dari persentil yang ditetapkan di atas. Dalam hal ini untuk penentuan konfigurasi ada yang bersifat tetap maupun berubah antar konfigurasi. Dalam hal ini penentuan nilai yang ditetapkan dari kisaran nilai minimum dan maksimum adalah :

- Tinggi dudukan(TD) : 47 cm, 51 cm, dan 54 cm
- Kemiringan dudukan(KD) : 7 derajat
- Kemiringan sandaran(KS) : 105 derajat
- Lebar dudukan(LD) : 44 cm
- Tinggi Sandaran Kaki(TF) : 5 cm dan 10 cm
- Lebar Sandaran Kaki(LF) : 27 cm
- Tinggi Sandaran Tangan (TA) : 23 cm
- Tinggi Sandaran Punggung (TSP) : 48 cm
- Tinggi meja (TM) : 70, 75, dan 80 cm
- Lebar Jendela (LJ) : 75 cm
- Panjang Jendela (PJ) : 80 cm
- Tinggi Jendela dari tanah : 74 cm dan 78 cm

Dari faktor-faktor ini dapat dilihat bahwa terdapat faktor yang sifatnya tetap dan yang sifatnya berubah-ubah. Untuk faktor yang sifatnya berubah-ubah yaitu terdapat 4 faktor yaitu tinggi dudukan, tinggi sandaran kaki, tinggi meja, dan tinggi jendela dari tanah. Dari faktor yang sifatnya berubah-ubah ini kemudian dibuat desain berdasarkan prinsip kombinasi faktorial yaitu jumlah kombinasi desain yang dibutuhkan berdasarkan level dari faktor. Untuk jumlah kombinasinya berdasarkan perhitungan berikut :

- Tinggi dudukan (TD) : 3 level
- Tinggi meja (TM) : 3 level
- Tinggi sandaran kaki (TF) : 2 level
- Tinggi Jendela dari tanah (TJT) : 2 level

Jadi dibutuhkan sebanyak  $3 \times 3 \times 2 \times 2 = 36$  kombinasi desain yang dibutuhkan berdasarkan prinsip ini.

Berikut merupakan hasil kombinasi konfigurasi dari faktor-faktor tersebut.

**Tabel 3.10** Kombinasi 36 Rekonfigurasi Desain

Konfigurasi	TD	TM	TF	TJT	PJ	LF	LJ	LD	KD	TA	TSP
1A	54	80	10	75	80	27	75	44	7	23	48
1B	54	80	5	74	80	27	75	44	7	23	48
1C	54	70	10	74	80	27	75	44	7	23	48
1D	54	70	5	74	80	27	75	44	7	23	48
1E	54	70	10	75	80	27	75	44	7	23	48
1F	54	75	10	74	80	27	75	44	7	23	48
1G	54	75	5	75	80	27	75	44	7	23	48
1H	54	75	5	74	80	27	75	44	7	23	48
1I	54	70	5	75	80	27	75	44	7	23	48
1J	54	80	5	75	80	27	75	44	7	23	48
1K	54	80	10	74	80	27	75	44	7	23	48
1L	54	75	10	75	80	27	75	44	7	23	48
2A	51	70	10	74	80	27	75	44	7	23	48
2B	51	80	10	75	80	27	75	44	7	23	48
2C	51	80	5	75	80	27	75	44	7	23	48
2D	51	80	5	74	80	27	75	44	7	23	48
2E	51	70	5	74	80	27	75	44	7	23	48
2F	51	75	5	74	80	27	75	44	7	23	48
2G	51	80	10	74	80	27	75	44	7	23	48
2H	51	70	10	75	80	27	75	44	7	23	48
2I	51	75	5	75	80	27	75	44	7	23	48
2J	51	70	5	75	80	27	75	44	7	23	48
2K	51	75	10	74	80	27	75	44	7	23	48
2L	51	75	10	75	80	27	75	44	7	23	48
3A	47	80	5	75	80	27	75	44	7	23	48
3B	47	70	5	75	80	27	75	44	7	23	48
3C	47	80	10	74	80	27	75	44	7	23	48
3D	47	80	5	74	80	27	75	44	7	23	48
3E	47	70	10	75	80	27	75	44	7	23	48
3F	47	70	5	74	80	27	75	44	7	23	48
3G	47	75	5	75	80	27	75	44	7	23	48
3H	47	75	10	74	80	27	75	44	7	23	48
3I	47	80	10	75	80	27	75	44	7	23	48
3J	47	70	10	74	80	27	75	44	7	23	48
3K	47	75	5	74	80	27	75	44	7	23	48
3L	47	75	10	75	80	27	75	44	7	23	48

Dari tabel ini bisa dilihat bahwa untuk kolom yang berwarna biru merupakan tabel yang menunjukkan kombinasi dari 4 faktor, sedangkan faktor lainnya dibuat tetap yaitu berdasarkan nilai yang sama untuk setiap konfigurasi. Ketiga puluh enam konfigurasi tersebut nantinya diujikan terhadap persentil 5, 50, dan 95, untuk melihat kombinasi yang terbaik dari segi PEI. Di analisis selanjutnya, kemudian dianalisis berdasarkan prinsip desain faktorial untuk melihat faktor dan level yang berpengaruh signifikan terhadap hasil PEI.

#### 3.6.4. Perancangan Skenario Metode Kerja

Berikut merupakan perubahan metode kerja yang dilaksanakan pada pintu tol sebagai sarana meningkatkan performa pelayanan.

1. Pada jarak 30 cm sebelum tempat operator, terdapat sebuah titik bagi pengguna kendaraan untuk menunjukkan uang yang akan digunakan untuk pembayaran. Hal ini agar operator bisa segera melihat uang pembayaran yang ditunjukkan oleh pengguna tol tersebut dan segera menyiapkan kembalian
2. Pengguna datang pada sistem dan menunjukkan uang yang hendak dibayarkan
3. Operator tol menekan tombol nomor golongan dengan struk pembayaran secara bersamaan. Hal ini untuk mengefisienkan gerakan kerja yang harus dilakukan oleh operator
4. Pembayaran dan pemberian kembalian dilakukan secara bersamaan
5. Untuk kembalian uang, diterapkan sistem “Paket Uang Kembalian” dimana sebelum operator bertugas terlebih dahulu sudah disiapkan uang kembalian yang diterapkan dalam sistem paket. Sistem paket ini berarti pengelompokkan uang berdasarkan kemungkinan uang pembayaran yang dilakukan

Skenario metode kerja ini kemudian akan disimulasikan untuk dilihat tingkat performa yang dihasilkan melalui skenario ini.

## **BAB 4 ANALISIS**

Bab ini membahas tentang sisi ergonomi desain stasiun kerja operator tol baik aktual maupun rekonfigurasi desain yang berjumlah sebanyak 36 jenis desain melalui *Task Analysis Toolkits* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack 6.1. Semua konfigurasi desain yang ada akan dihitung besar nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) dan dibandingkan satu sama lain untuk mendapatkan desain stasiun kerja yang paling ergonomis bagi operator pintu tol. Dari pemilihan konfigurasi yang paling ergonomis kemudian dikombinasikan dengan perubahan metode yang dilakukan yang kemudian diujicobakan pada sistem nyata untuk dihitung waktunya kemudian dianalisis dari segi simulasi antrian menggunakan *software* WinQsb. Dari analisis konfigurasi desain dan metode tersebut, kemudian dipilih bagaimana performa sistem aktual sesudah perubahan penerapan sehingga bisa menghasilkan suatu kesimpulan.

### **4.1. Analisis Postur Kondisi Aktual**

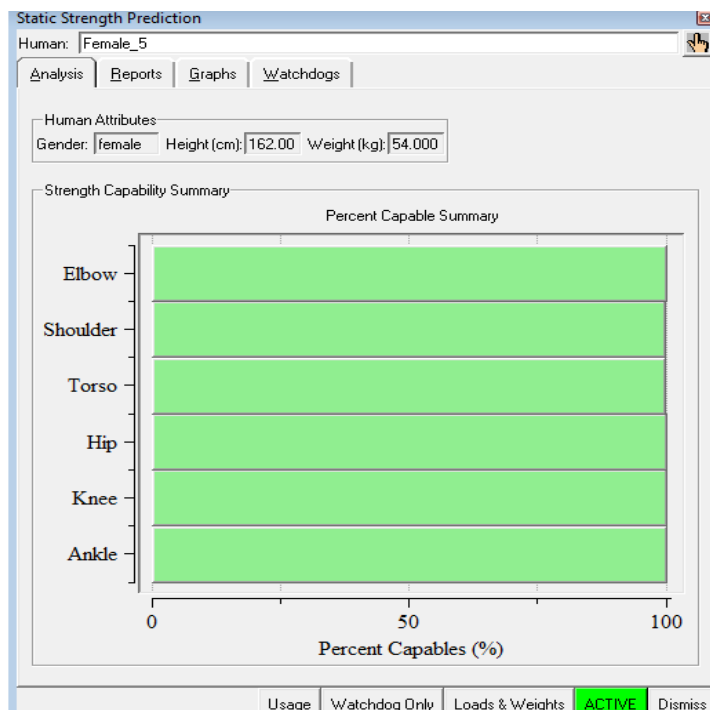
Analisis kondisi aktual bertujuan untuk menganalisis nilai-nilai ergonomi aktual desain stasiun kerja saat ini. Berdasarkan nilai-nilai ergonomi tersebut dapat dianalisis tingkat kenyamanan aktual yang dari kondisi stasiun kerja saat ini. Analisis untuk kondisi aktual stasiun kerja diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Untuk persentil 5 diujikan pada jenis kelamin wanita karena memiliki tinggi badan kurang dari 165 cm. Sedangkan untuk persentil 50 dan 95 diujikan kepada operator virtual jenis kelamin laki-laki.

#### **4.1.1. Analisis Konfigurasi Aktual Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Pada kondisi aktual pertama, objek yang akan dianalisis adalah operator dengan persentil 5. Operator dengan persentil 5, sesuai dengan data antropometri yang didapat dari hasil pengukuran langsung memiliki ukuran tinggi badan 162 cm dan berat badan 54 kg, dengan gerakan kerja posisi duduk.

Analisis aktual operator persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan

terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.1** Persentase Kapabilitas SSP Kondisi Aktual Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya seperti yang telah dibahas sebelumnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Aktual

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
Aktual	603	3	5

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 603 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 3 yang berarti postur tergolong berpengaruh, sehingga tindakan perbaikan di masa datang diperlukan. Nilai 3 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 3-1-4-1.

**Tabel 4.2** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Aktual

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	3	1	4	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 3, yaitu kondisi batang tubuh mengalami pergerakan berputar ke samping. Hal ini berakibat menimbulkan tekanan pada ruas L4-L5 pada spinal tulang belakang model.
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.

3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg

**Tabel 4.3** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Aktual

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	3	3	3	1	2	3	5
	<b>Group Score</b>						
	5				4		

Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang merupakan bagian leher dan batang tubuh. Nilai RULA total ini menunjukkan perlu adanya investigasi dan perubahan segera.

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 3, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $100^{\circ}$  dengan posisi agak menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengahrentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh



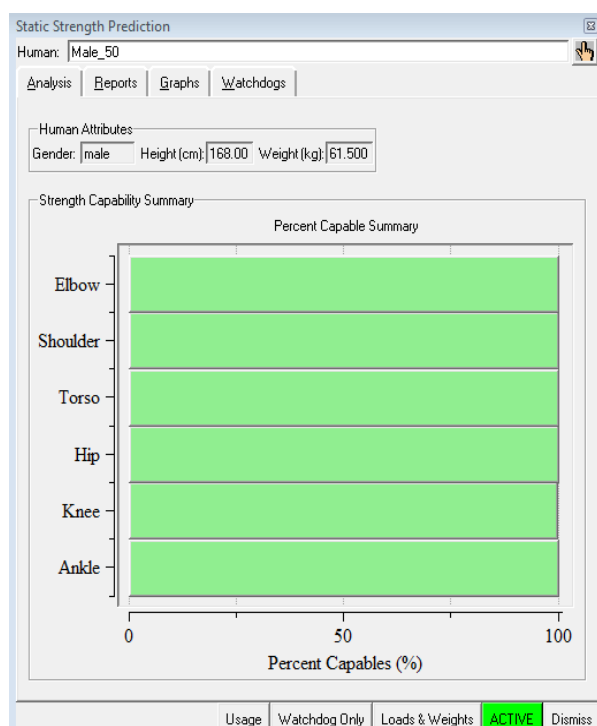
adalah 3 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur membungkuk membentuk sudut lebih dari  $20^\circ$  dengan posisi yang cenderung menyamping.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja aktual dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja aktual untuk persentil 5 adalah 1,942.

#### 4.1.2. Analisis Konfigurasi Aktual Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Pada kondisi aktual kedua, objek yang akan dianalisis adalah operator dengan persentil 50. Operator dengan persentil 50, sesuai dengan data antropometri yang didapat dari hasil pengukuran langsung memiliki ukuran tinggi badan 168 cm dan berat badan 61 kg, dengan gerakan kerja posisi duduk.

Analisis aktual operator persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.2** Persentase Kapabilitas SSP Kondisi Aktual Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya seperti yang telah dibahas sebelumnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.4** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Aktual

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
Aktual	808	3	5

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 808 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 3 yang berarti postur tergolong berpengaruh, sehingga tindakan perbaikan di masa datang diperlukan. Nilai 3 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 3-1-4-1.

**Tabel 4.5** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Aktual

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	3	1	4	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 3, yaitu kondisi batang tubuh mengalami pergerakan berputar ke samping. Hal ini berakibat menimbulkan tekanan pada ruas L4-L5 pada spinal tulang belakang model.
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.6** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 kondisi aktual

<b>Elemen nilai RULA</b>	<b>Body Group A</b>				<b>Body Group B</b>		<b>Total</b>
	<b>Upper Arm</b>	<b>Lower Arm</b>	<b>Wrist</b>	<b>Wrist Twist</b>	<b>Neck</b>	<b>Trunk</b>	
	3	3	3	1	2	3	5
	<b>Group Score</b>						
	5				4		

Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang

merupakan bagian leher dan batang tubuh. Nilai RULA total ini menunjukkan perlu adanya investigasi dan perubahan segera.

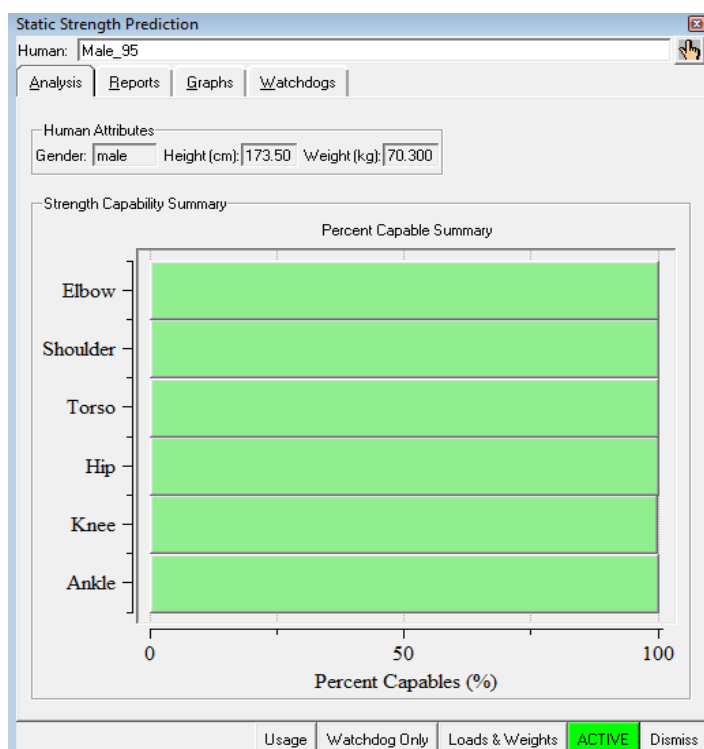
Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 3, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $100^{\circ}$  dengan posisi agak menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 3 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur membungkuk membentuk sudut lebih dari  $20^{\circ}$  dengan posisi yang cenderung menyamping.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja aktual dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja aktual untuk persentil 50 adalah 2,002. Nilai ini merupakan peringatan untuk melakukan perubahan pada stasiun kerja, dimana stasiun kerja perbaikan harus menghasilkan nilai PEI yang lebih rendah dari 2,002 untuk menghasilkan tingkat kenyamanan yang lebih tinggi dan resiko cedera yang lebih rendah.

#### 4.1.3. Analisis Konfigurasi Aktual Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Pada kondisi aktual ketiga, objek yang akan dianalisis adalah operator dengan persentil 95. Operator dengan persentil 95, sesuai dengan data antropometri yang didapat dari hasil pengukuran langsung memiliki ukuran tinggi badan 173.5 cm dan berat badan 70.3 kg, dengan gerakan kerja posisi duduk.

Analisis aktual operator persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.3** Persentase Kapabilitas SSP Kondisi Aktual Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.7** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Aktual

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
Aktual	901	3	5

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 901 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 3 yang berarti postur tergolong berpengaruh, sehingga tindakan perbaikan di masa datang diperlukan. Nilai 3 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 3-1-4-1.

**Tabel 4.8** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Aktual

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	3	1	4	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 3, yaitu kondisi batang tubuh mengalami pergerakan berputar ke samping. Hal ini berakibat menimbulkan tekanan pada ruas L4-L5 pada spinal tulang belakang model.

2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.9** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Aktual

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	3	3	3	1	2	3	5
	<b>Group Score</b>						
	5				4		

Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang merupakan bagian leher dan batang tubuh. Nilai RULA total ini menunjukkan perlu adanya investigasi dan perubahan segera.

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 3, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $45^{\circ}$ - $90^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $100^{\circ}$  dengan posisi agak menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa

perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 3 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur membungkuk membentuk sudut lebih dari  $20^{\circ}$  dengan posisi yang cenderung menyamping.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja aktual dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja aktual untuk persentil 95 adalah 2,029. Nilai ini merupakan peringatan untuk melakukan perubahan pada stasiun kerja, dimana stasiun kerja perbaikan harus menghasilkan nilai PEI yang lebih rendah dari 2,029 untuk menghasilkan tingkat kenyamanan yang lebih tinggi dan resiko cedera yang lebih rendah.

#### **4.2. Analisis Konfigurasi Redesain**

Analisis rekonfigurasi desain bertujuan untuk menganalisis nilai-nilai ergonomi dari kombinasi desain stasiun kerja yang sejumlah 36 desain. Analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Dari analisis ini ditampilkan nilai-nilai ergonomi yaitu LBA, OWAS, dan RULA yang kemudian ditransformasikan menjadi nilai PEI. Berdasarkan nilai-nilai ergonomi tersebut dapat dianalisis tingkat kenyamanan dari kondisi stasiun kerja serta nantinya dipilih stasiun kerja terbaik dari segi ergonomis.

#### **4.3. Analisis Konfigurasi Desain 1A**

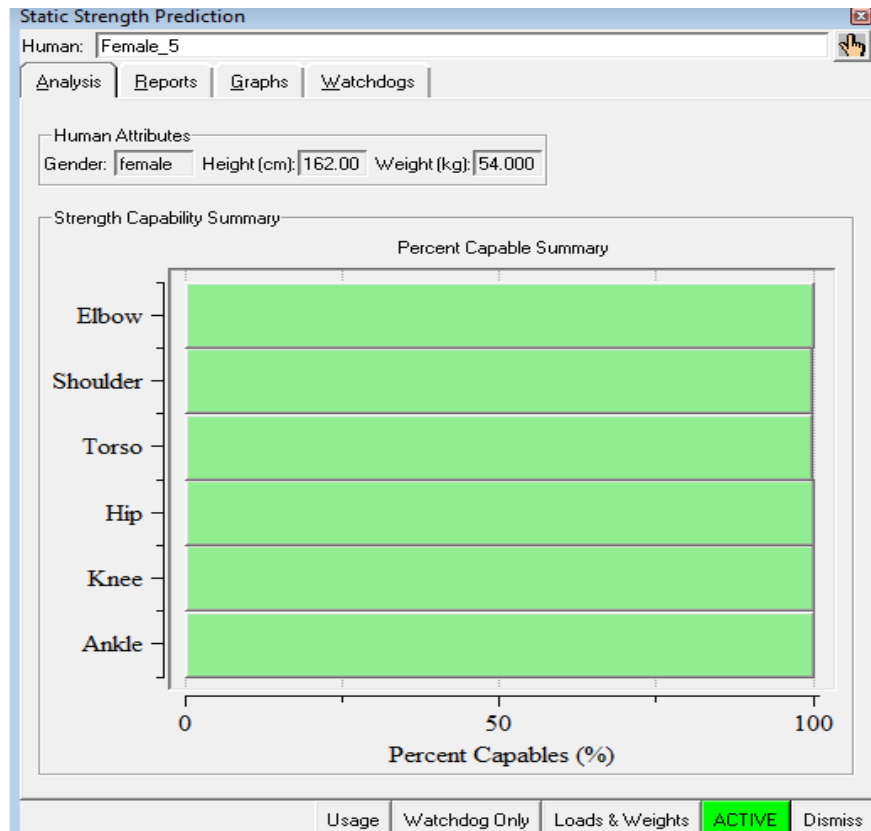
Pada analisis konfigurasi desain 1A, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1A ini merupakan desain yang memiliki kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 54 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran 10 cm, dan tinggi jendela 78 cm.

##### **4.3.1. Analisis Konfigurasi Desain 1A Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 1A persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan



pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.4** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1A Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1A

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1A	433	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 433 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.11** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1A

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.

3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.12** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1A

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

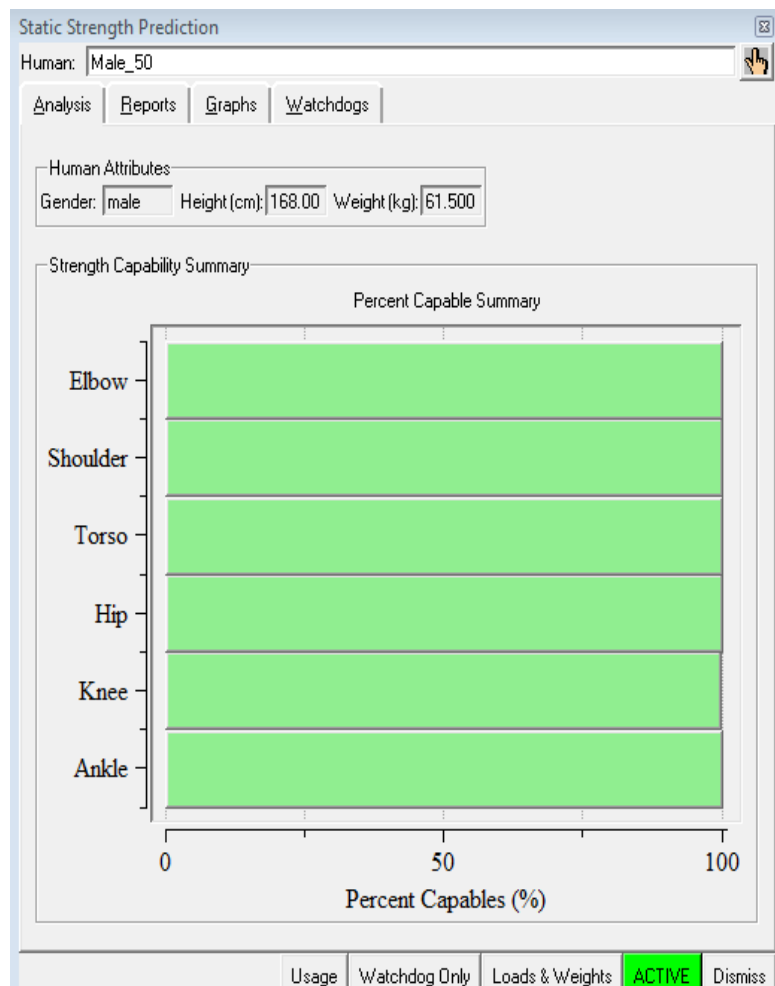
Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang merupakan bagian leher dan batang tubuh.

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1A persentil 5 adalah 0,986, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.3.2. Analisis Konfigurasi Desain 1A Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1A persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.5** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1A Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.13** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 1A

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1A	591	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 591 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.14** Elemen Nilai OWAS Konfigurasi 1A Persentil 50

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.15** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1A

<b>Elemen nilai RULA</b>	<b>Body Group A</b>				<b>Body Group B</b>		<b>Total</b>
	<b>Upper Arm</b>	<b>Lower Arm</b>	<b>Wrist</b>	<b>Wrist Twist</b>	<b>Neck</b>	<b>Trunk</b>	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

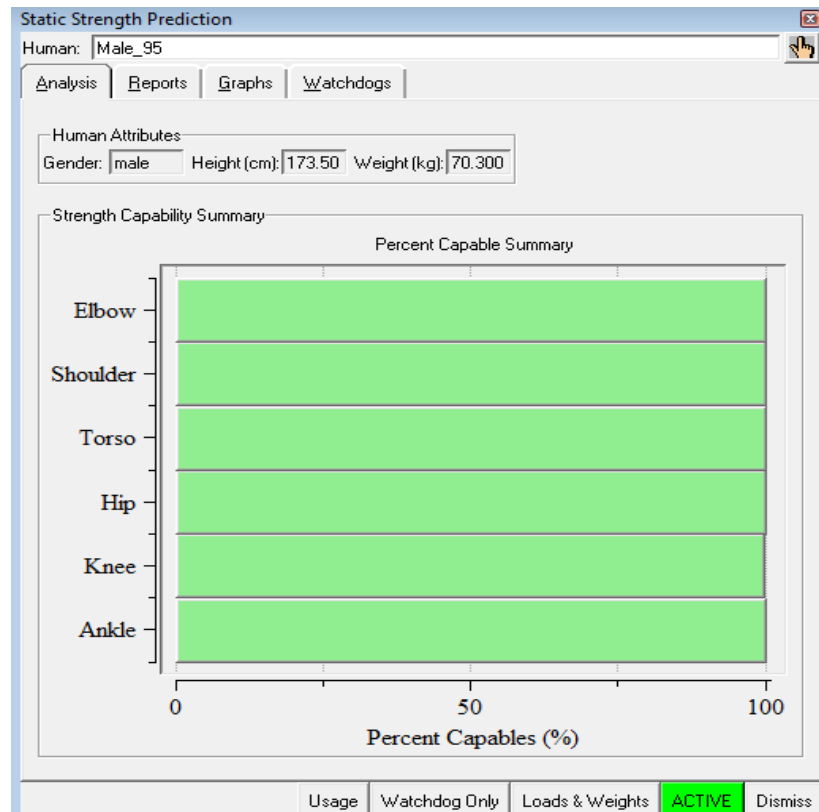
Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang merupakan bagian leher dan batang tubuh.

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1A persentil 50 adalah 1,032, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.3.3. Analisis Konfigurasi Desain 1A Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1A persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.6** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1A Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.16** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1A

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1A	659	1	3



Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 659 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.17** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1A

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.18** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1A

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang merupakan bagian leher dan batang tubuh.

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

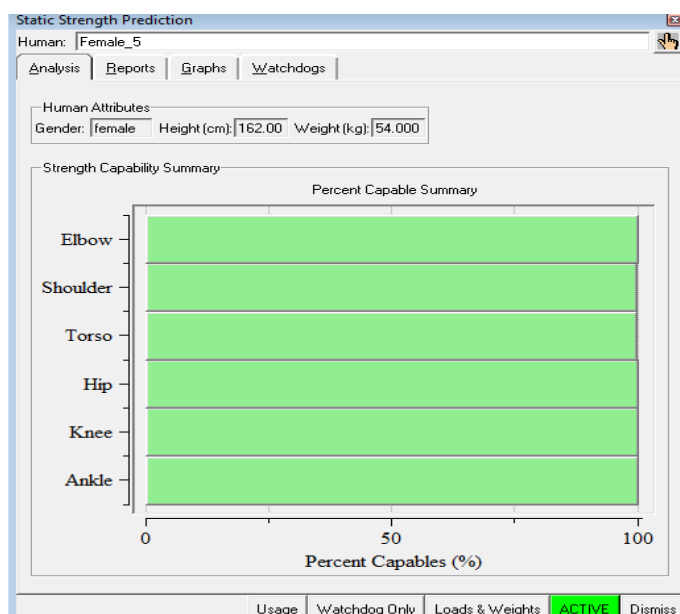
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1A persentil 95 adalah 1,052, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 95.

#### 4.4. Analisis Konfigurasi Desain 1B

Pada analisis konfigurasi desain 1B, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1B ini memiliki kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan 54 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### 4.4.1. Analisis Konfigurasi Desain 1B Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1B persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.7** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1B Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.19** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1B

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1B	461	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 461 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.20** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1B

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.21** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1B

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	Group Score						
	4				2		

Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang merupakan bagian leher dan batang tubuh.

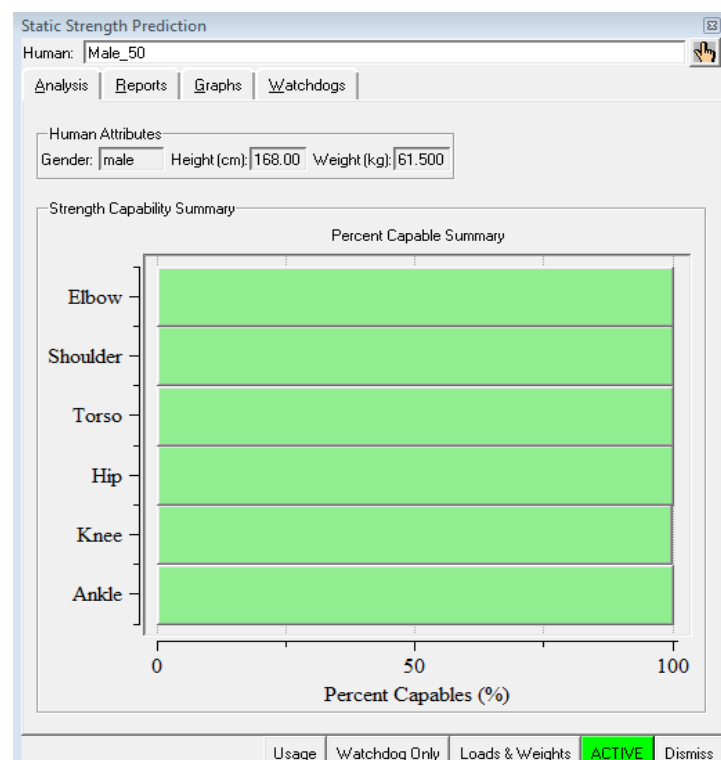
Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA

ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1B persentil 5 adalah 0,994, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.4.2. Analisis Konfigurasi Desain 1B Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1B persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.8** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1B Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

**Tabel 4.22** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1B

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1B	616	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 616 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.23** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 1B

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.24** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1B

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	Group Score						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

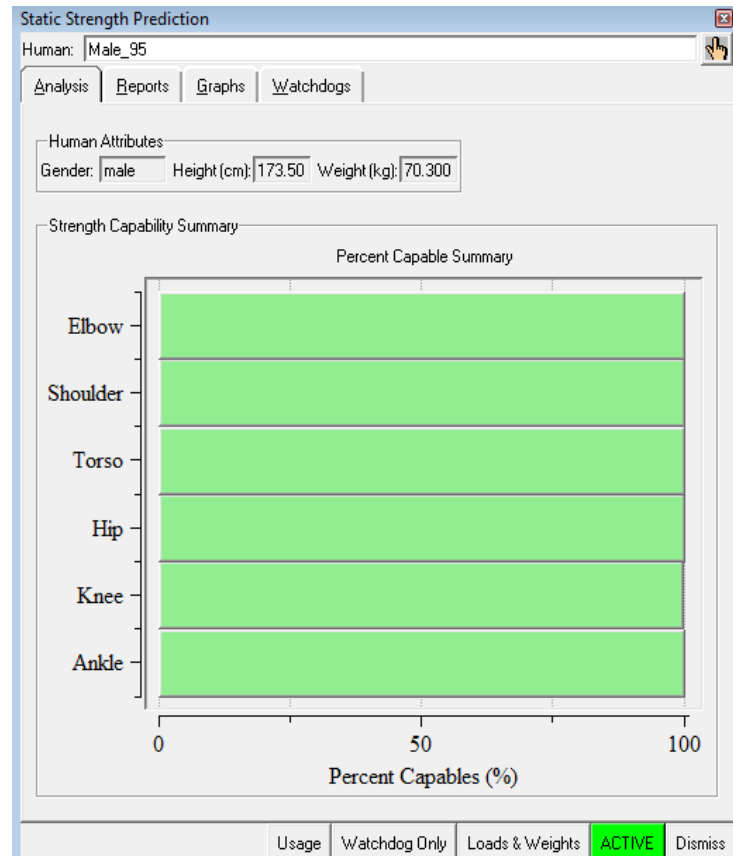
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1B persentil 50 adalah 1,040, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.4.3. Analisis Konfigurasi Desain 1B Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1B persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan



pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.9** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1B Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.25** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1B

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1B	681	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 681 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.26** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 1B

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.27** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1B

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	Group Score						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1B untuk persentil 95 ini sebesar 1,059, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

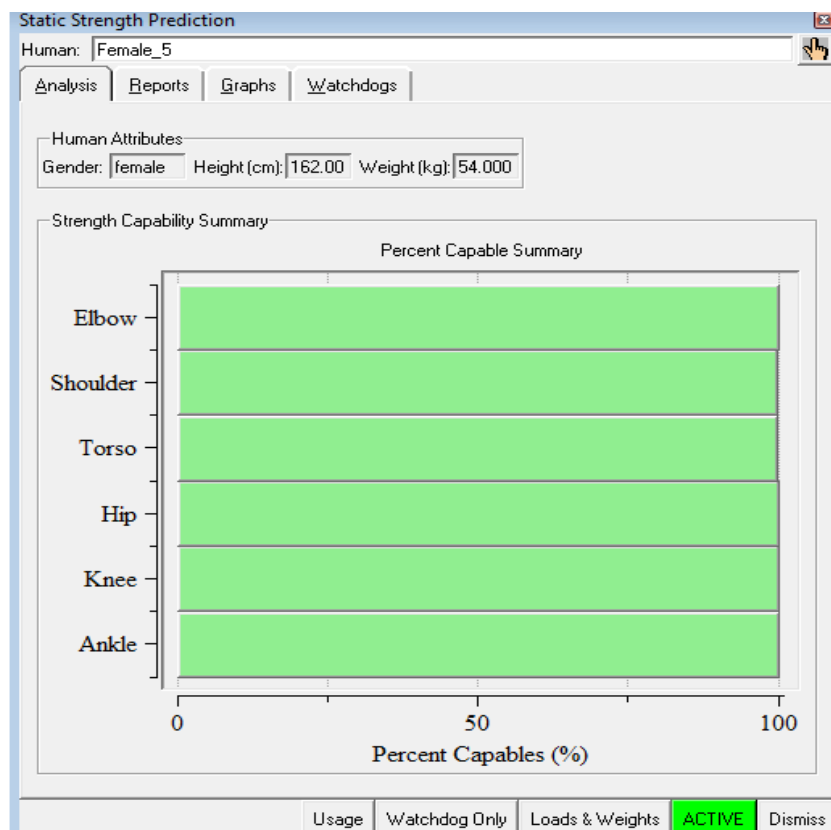
#### 4.5. Analisis Konfigurasi Desain 1C

Pada analisis konfigurasi desain 1C, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan

persentil 95. Untuk kombinasi faktor berubah pada desain 1C adalah tinggi dudukan 54 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

#### 4.5.1. Analisis Konfigurasi Desain 1C Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1C persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja



**Gambar 4.10** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1C Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP),

selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.28** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1C

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1C	461	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 461 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.29** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1C

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.

3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.30** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1C

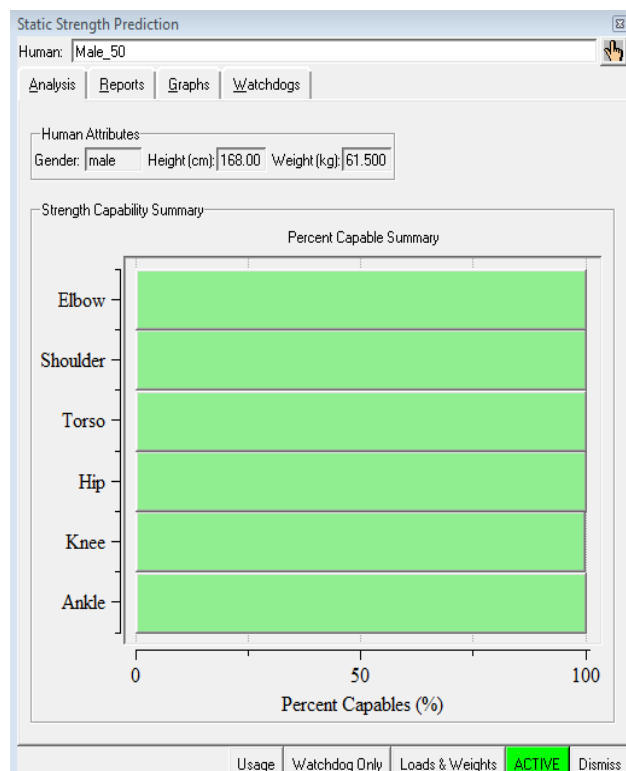
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1C persentil 5 adalah 0,994, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.5.2. Analisis Konfigurasi Desain 1C Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1C persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.11** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1C Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

**Tabel 4.31** . Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1C

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1C	642	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 642 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.32** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 1C

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.



4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.33** Elemen Nilai RULA pada Persentil 50 Konfigurasi 1C

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	Group Score						
	4				2		

Nilai RULA yang merupakan output software Jack yang digunakan dalam analisis penelitian ini merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kenyamanan dan resiko kelelahan yang dapat dialami oleh secara khusus tubuh bagian atas. Dalam output RULA tubuh bagian atas dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok A merupakan bagian tangan dan lengan sedangkan kelompok B yang merupakan bagian leher dan batang tubuh.

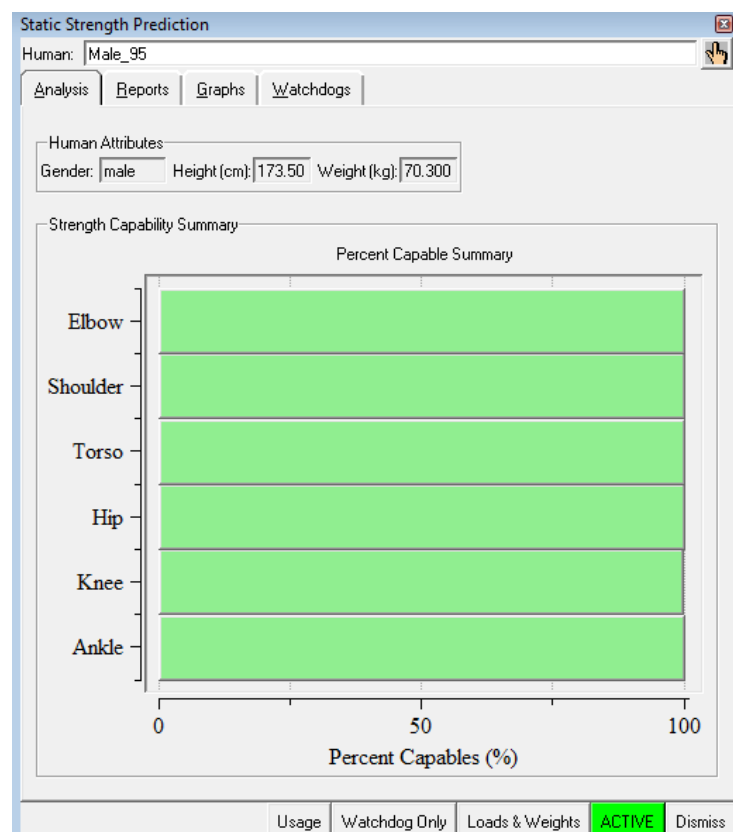
Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA

ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerjakonfigurasi 1C persentil 50 adalah 1,047, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.5.3. Analisis Konfigurasi Desain 1C Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1C persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.12** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1C Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP),

selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.34** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1C

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1C	693	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 693 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.35** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1C

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus

2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.36** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1C

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	
Group Score							
4				2			

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA

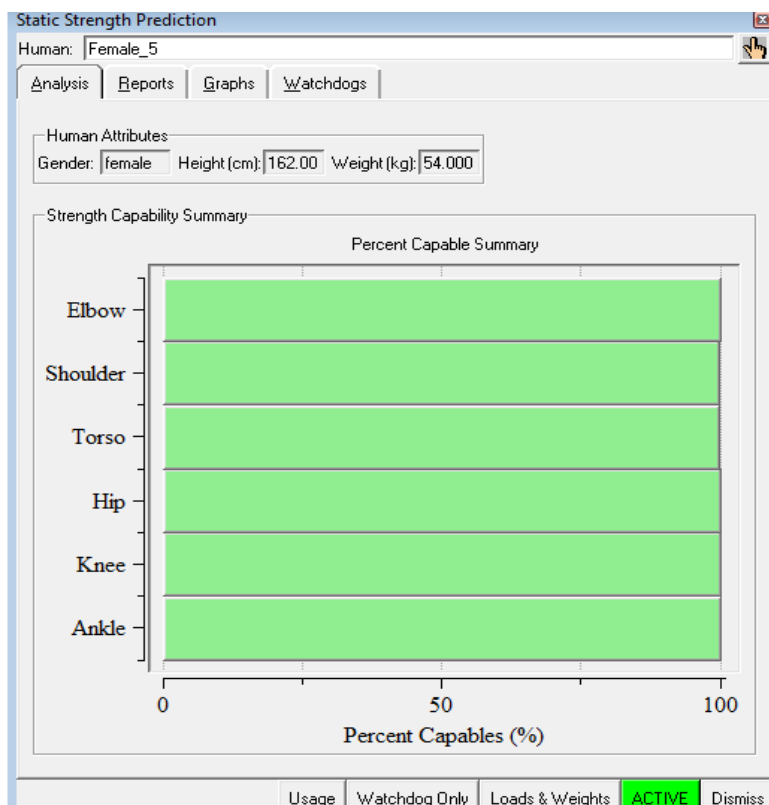
ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1C untuk persentil 95 ini sebesar 1,062, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### 4.6. Analisis Konfigurasi Desain 1D

Pada analisis konfigurasi desain 1D, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Pada desain 1D ini kombinasi faktor yang berubah adalah ukuran dudukan 54 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### 4.6.1. Analisis Konfigurasi Desain 1D Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1D persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.13** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1D Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.37** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1D

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1D	436	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 436 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.38** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1D

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.39** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1D

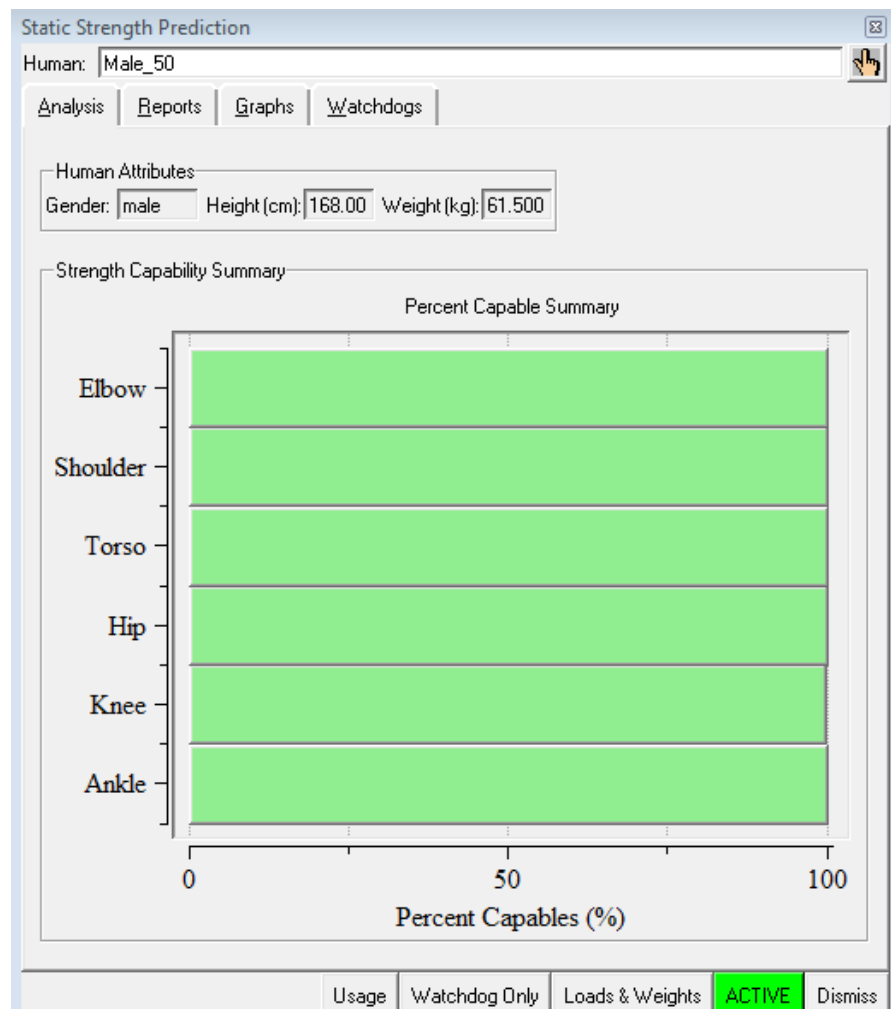
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1D persentil 5 adalah 0,987, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.6.2. Analisis Konfigurasi Desain 1D Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1D persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.14** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1D Persentil 50



Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.40** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1D

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1D	597	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 597 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.41** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1D

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.42** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1D

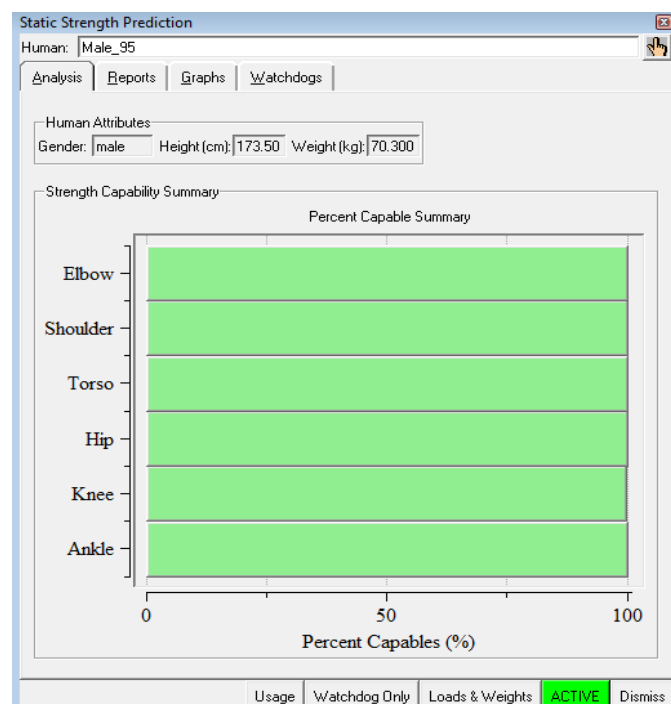
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1D persentil 50 adalah 1,034, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.6.3. Analisis Konfigurasi Desain 1D Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1D persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.15** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1D Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP),

selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.43** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi 1D

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1D	674	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 674 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.44** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1D

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.

3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.45** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1D

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

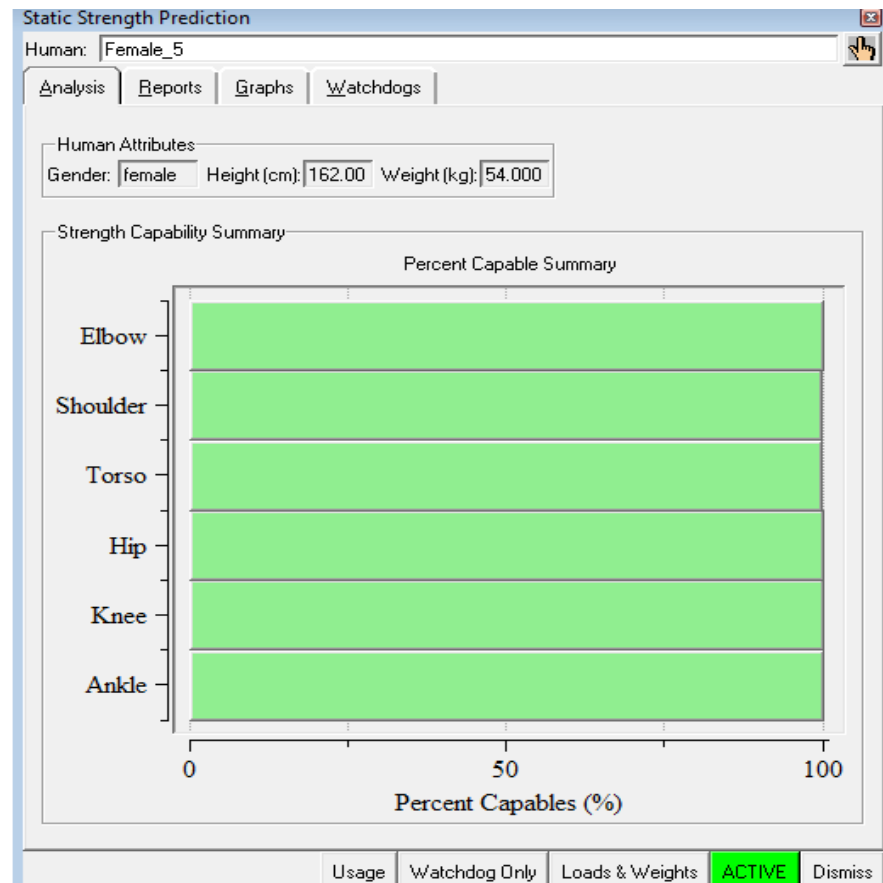
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1D untuk persentil 95 ini sebesar 1,057, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### 4.7. Analisis Konfigurasi Desain 1E

Pada analisis konfigurasi desain 1E, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Untuk desain 1E, kombinasi faktor yang berubah adalah tinggi dudukan 54 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### 4.7.1. Analisis Konfigurasi Desain 1E Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1E persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.16** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1E Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas

yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.46** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1E

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1E	454	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 454 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.47** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1E

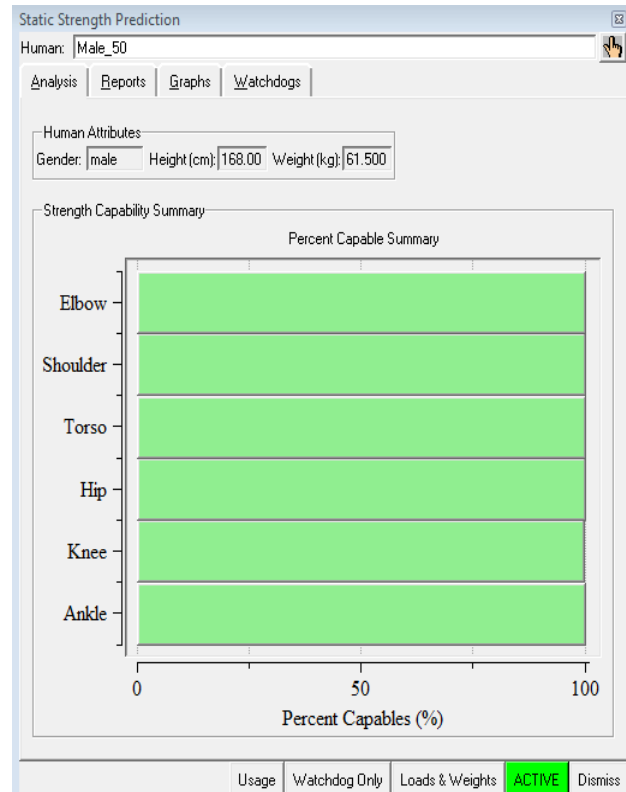
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	Group Score						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1E persentil 5 adalah 0,992, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.7.2. Analisis Konfigurasi Desain 1E Persentil 50 dengan SPP dan PEI





**Gambar 4.17** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1E Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.48** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 1E

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1E	645	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 645 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.49** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1E

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.50** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1E

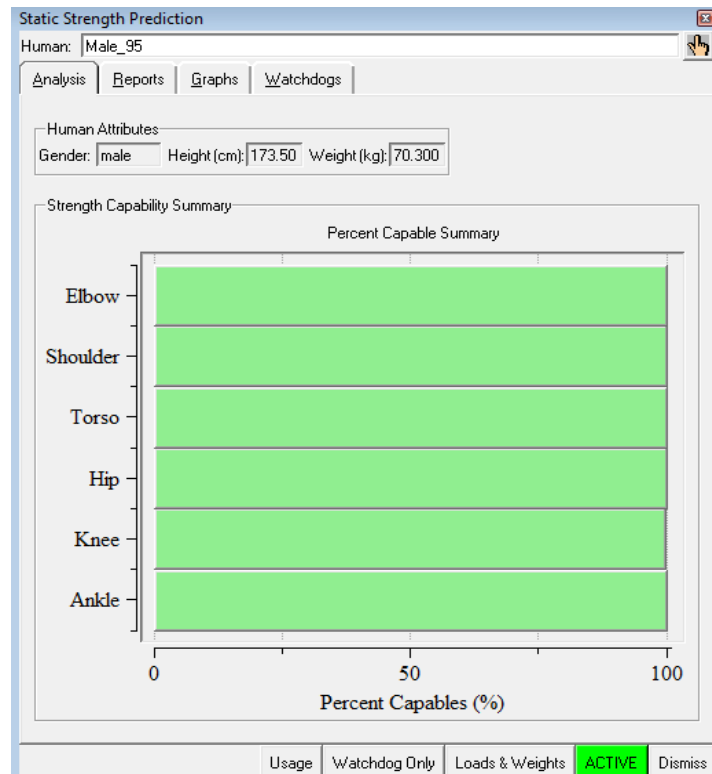
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1E persentil 50 adalah 1,048, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.7.3. Analisis Konfigurasi Desain 1E Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1D persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.18** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1E Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.51** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1E

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1E	674	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 674 Newton masih berada di

bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.52** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1E

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.53** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1E

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1E untuk persentil 95 ini sebesar 1,057, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

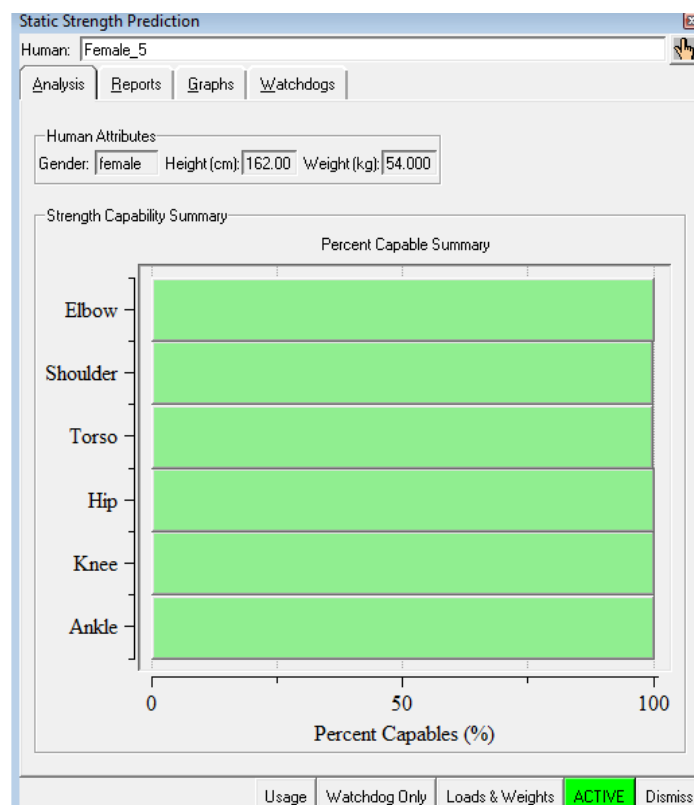
#### **4.8. Analisis Konfigurasi Desain 1F**

Pada analisis konfigurasi desain 1F, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1F ini memiliki kombinasi faktor berubah yaitu tinggi

dudukan 54 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

#### 4.8.1. Analisis Konfigurasi Desain 1F Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1F persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.19** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1F Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

**Tabel 4.54** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1F

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1F	464	1	4

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 464 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.55** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1E

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.



4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.56** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1F

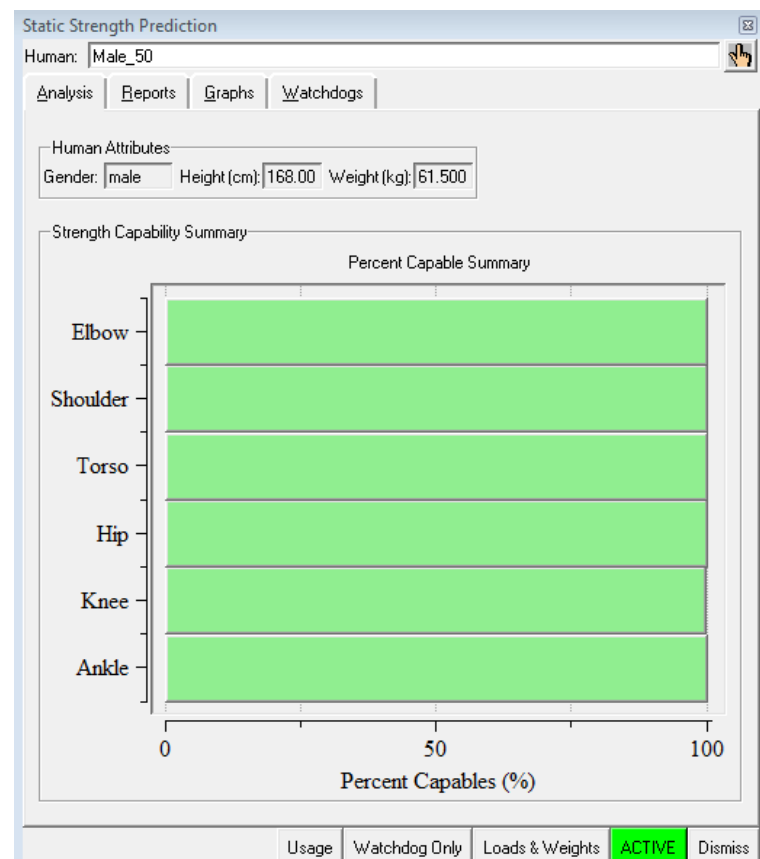
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	2	3	2	2	2	1	4
	Group Score						
	5				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan posisi menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 2 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di antara sudut  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1F ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1F persentil 5 adalah 1,198, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.8.2. Analisis Konfigurasi Desain 1F Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1F persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.20** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1F Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

**Tabel 4.57** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1F

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1F	565	1	4

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 565 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.58** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1F

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.59** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1F

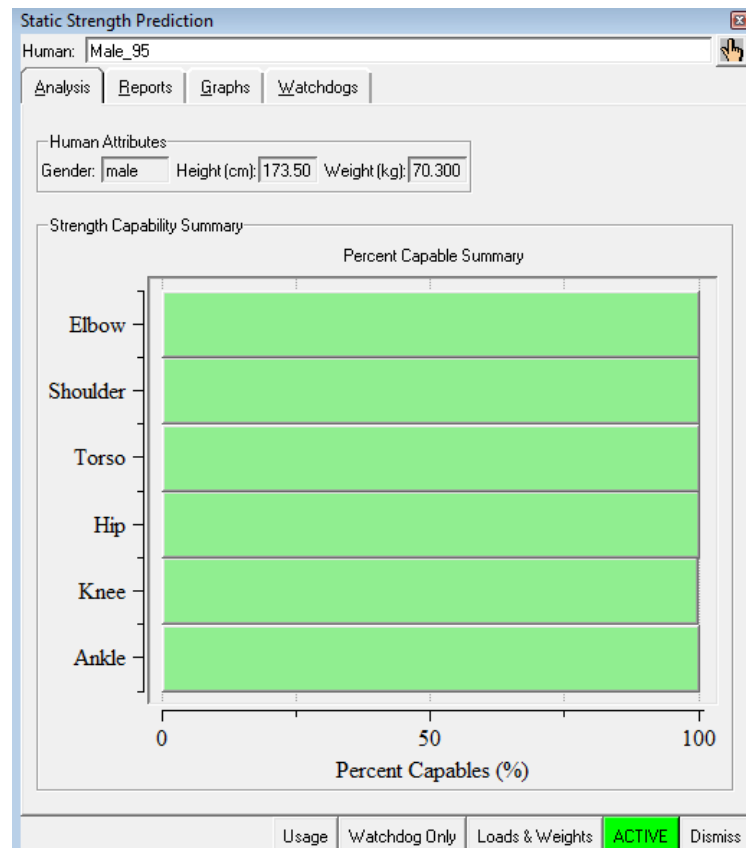
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	2	3	2	2	2	1	4
	Group Score						
	5				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan posisi menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 2 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di antara sudut  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1F ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1F persentil 50 adalah 1,228, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.8.3. Analisis Konfigurasi Desain 1F Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1F persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.21** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1F Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.60** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi

1F

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1F	615	1	4

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 615 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.61** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 1F

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.62** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1F

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	2	3	3	1	2	1	4
	Group Score						
	5				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan posisi menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengahrentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

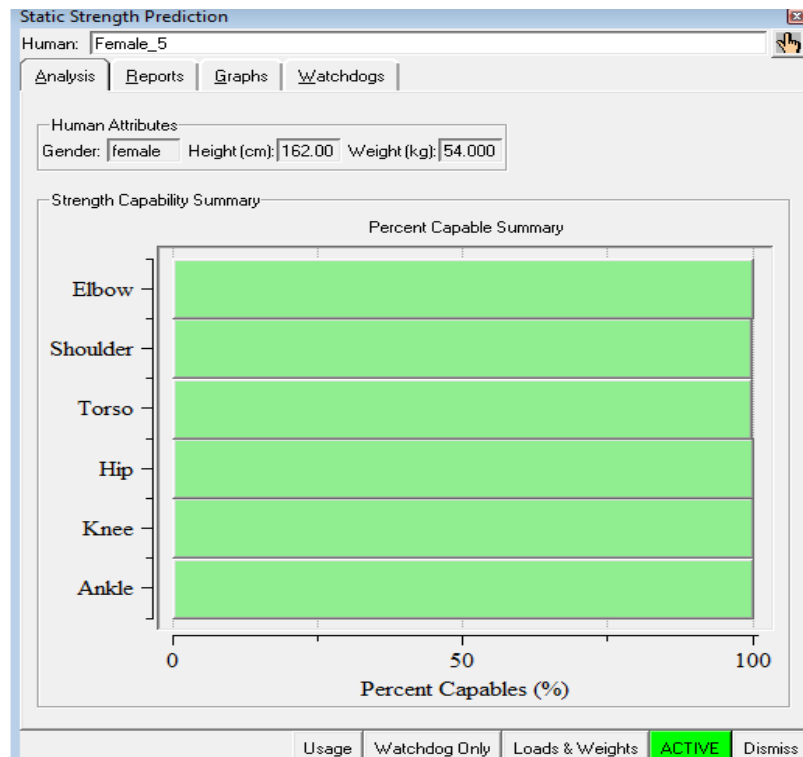
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerjakonfigurasi 1F persentil 95 adalah 1,242, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 95.

#### 4.9. Analisis Konfigurasi Desain 1G

Pada analisis konfigurasi desain 1G, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1G memiliki kombinasi faktor berubah yaitu ukuran dudukan 54 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### 4.9.1. Analisis konfigurasi desain 1G persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1G persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.22** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1G Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian



gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.63** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1G

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1G	458	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 458 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.64** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1G

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus

2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.65** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1G

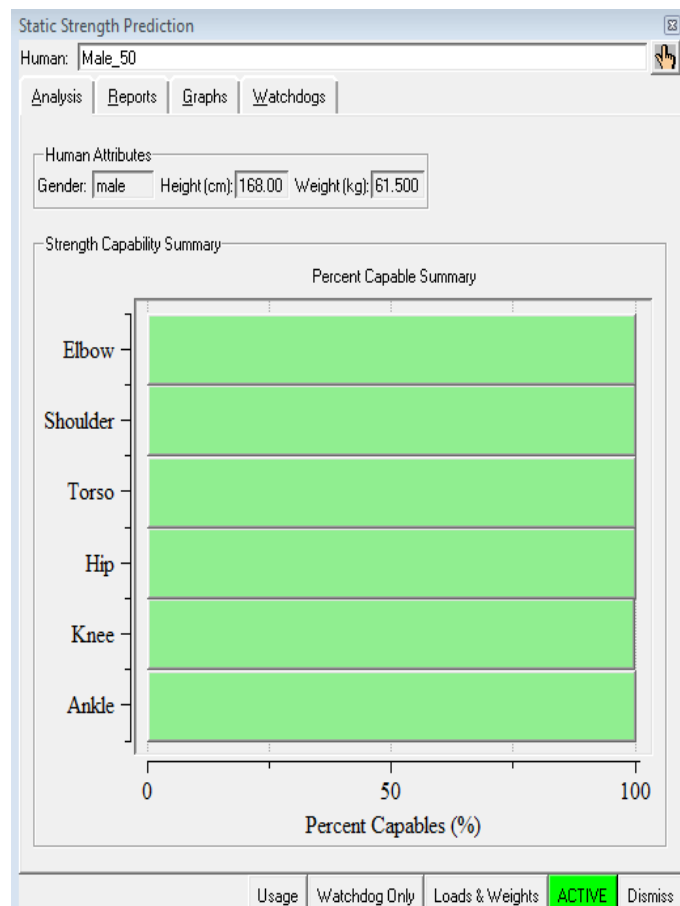
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	
Group Score							
4				2			

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA

ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1G persentil 5 adalah 0,993, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.9.2. Analisis Konfigurasi Desain 1G Persentil 50 dengan SPP dan PEI



**Gambar 4.23** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1G Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan gerakan operasi kerja. Selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Tabel 4.66 Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1G

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1G	643	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 643 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

Tabel 4.67 Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1G

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

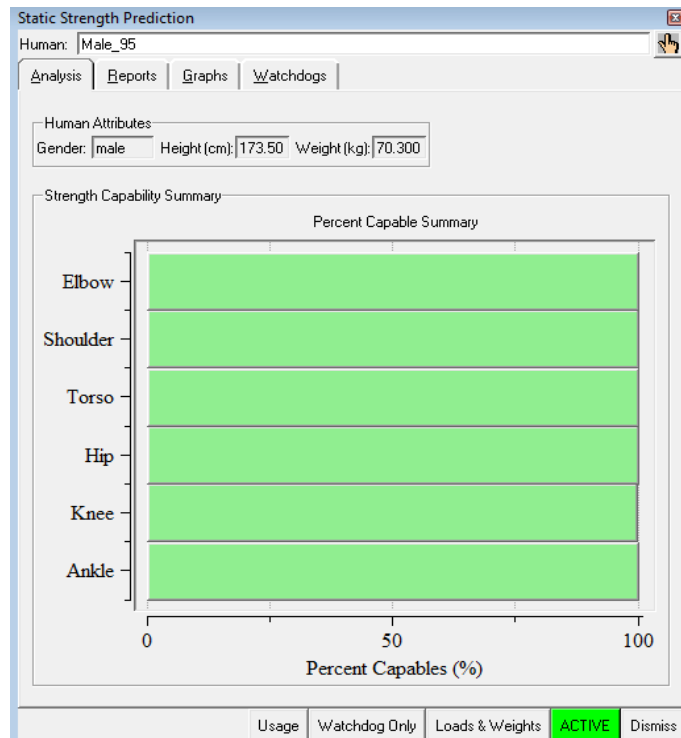
**Tabel 4.68** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1G

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	Group Score						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1G persentil 50 adalah 1,048, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.9.3. Analisis Konfigurasi Desain 1G Persentil 95 dengan SPP dan PEI



**Gambar 4.24** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1G Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.69** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi 1G

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1G	679	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 679 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.70** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1G

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.71** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1G

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1G untuk persentil 95 ini sebesar 1,058, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

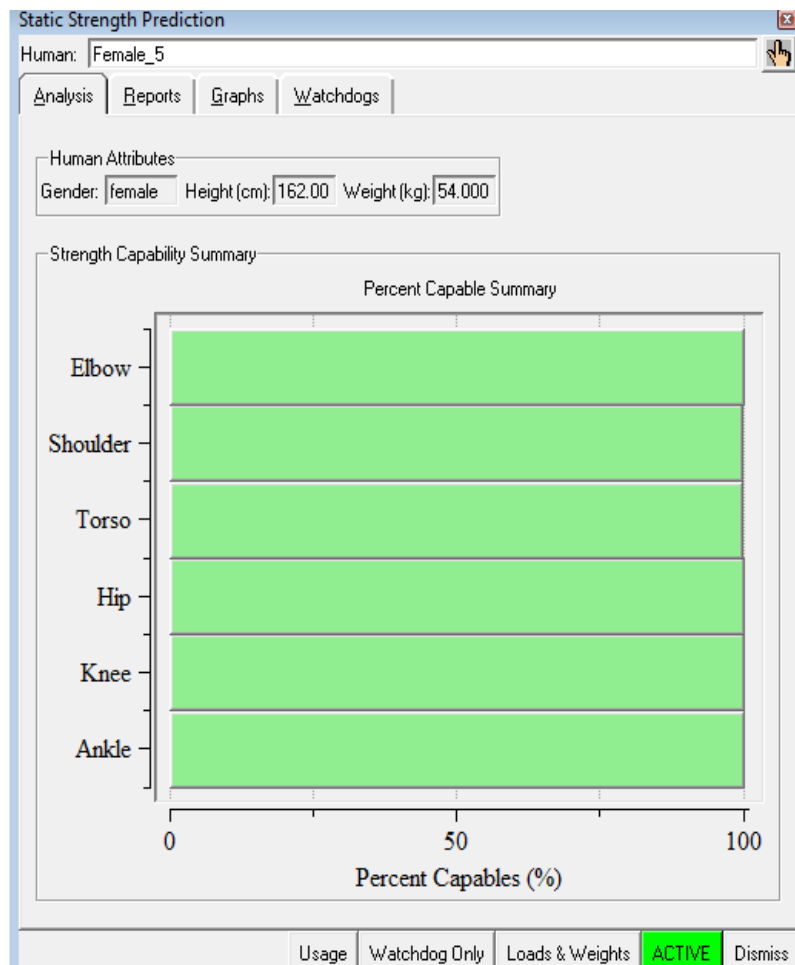
#### **4.10. Analisis Konfigurasi Desain 1H**

Pada analisis konfigurasi desain 1H, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Pada konfigurasi 1H, kombinasi faktor yang berubah adalah tinggi dudukan 54 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah adalah 74 cm.



#### 4.10.1. Analisis Konfigurasi Desain 1H Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1H persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.25** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1H Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.72** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1H

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1H	510	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 510 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.73** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1H

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.

3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.74** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1H

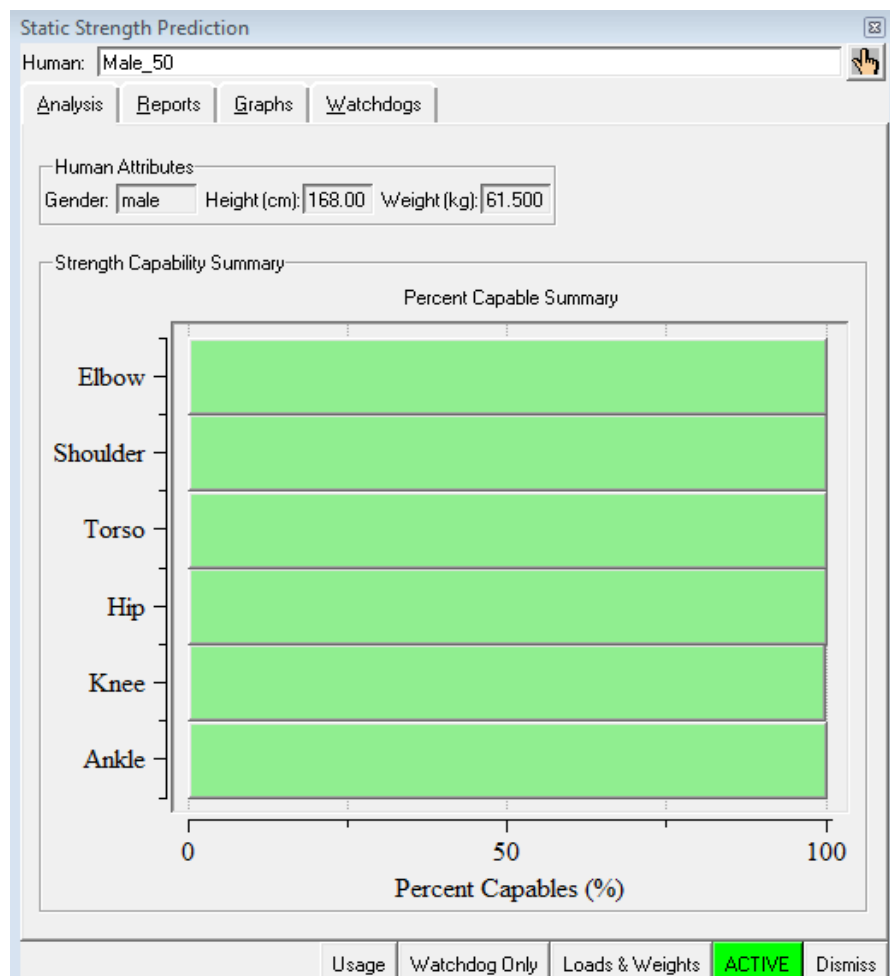
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1H persentil 5 adalah 1,009, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.10.2. Analisis Konfigurasi Desain 1H Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1H persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.26** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1H Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP),

selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.75** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 1H

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1H	635	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 635 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.76** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1H

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.

3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

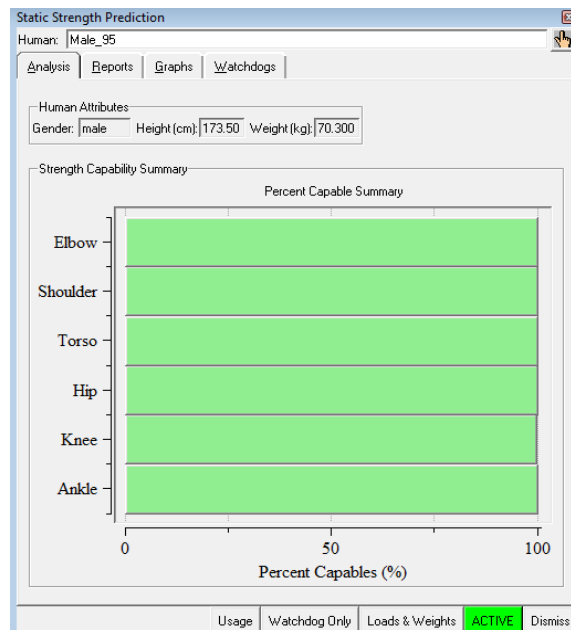
**Tabel 4.77** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1H

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1H persentil 50 adalah 1,045, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.10.3. Analisis Konfigurasi Desain 1H Persentil 95 dengan SPP dan PEI



**Gambar 4.27** Grafik SPP Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.78** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 1H

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1G	660	1	3

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.79** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1H

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.80** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1H

<b>Elemen nilai RULA</b>	<b>Body Group A</b>				<b>Body Group B</b>		<b>Total</b>
	<b>Upper Arm</b>	<b>Lower Arm</b>	<b>Wrist</b>	<b>Wrist Twist</b>	<b>Neck</b>	<b>Trunk</b>	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		



Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

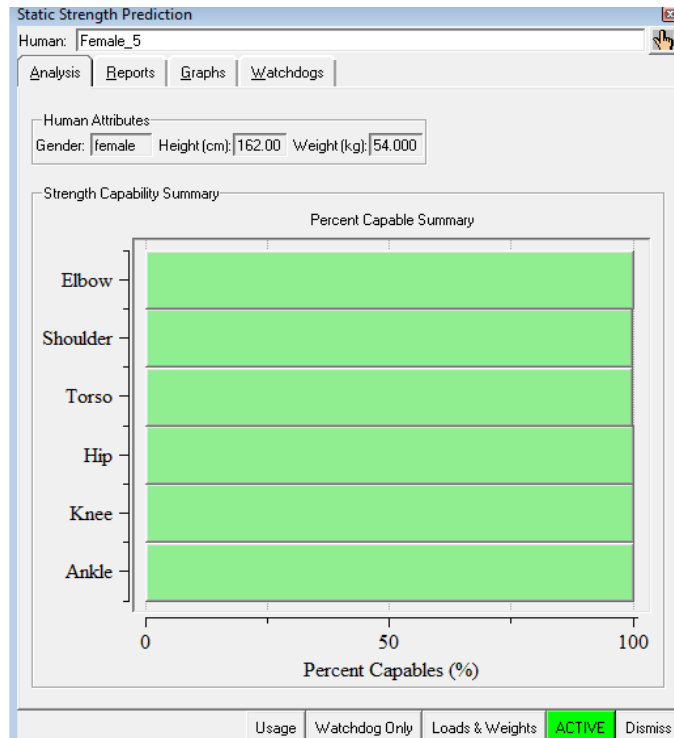
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1H untuk persentil 95 ini sebesar 1,053, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.11. Analisis Konfigurasi Desain 1I**

Pada analisis konfigurasi desain 1I, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1I merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 54 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.11.1. Analisis Konfigurasi Desain 1I Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 1I persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.28** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1I Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.81** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1I

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1I	543	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 543 Newton masih berada di

bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.82** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 11

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.83** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1I

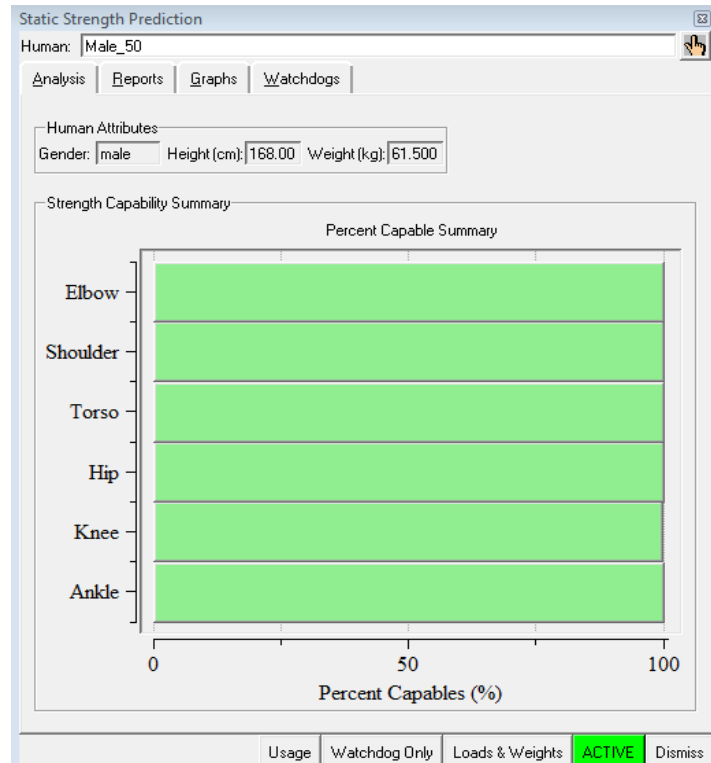
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1I persentil 5 adalah 1,018, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.11.2. Analisis Konfigurasi Desain 1I Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1I persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.29** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1I Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.84** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1I

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1I	649	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 649 Newton masih berada di

bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.85** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi II

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.86** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi II

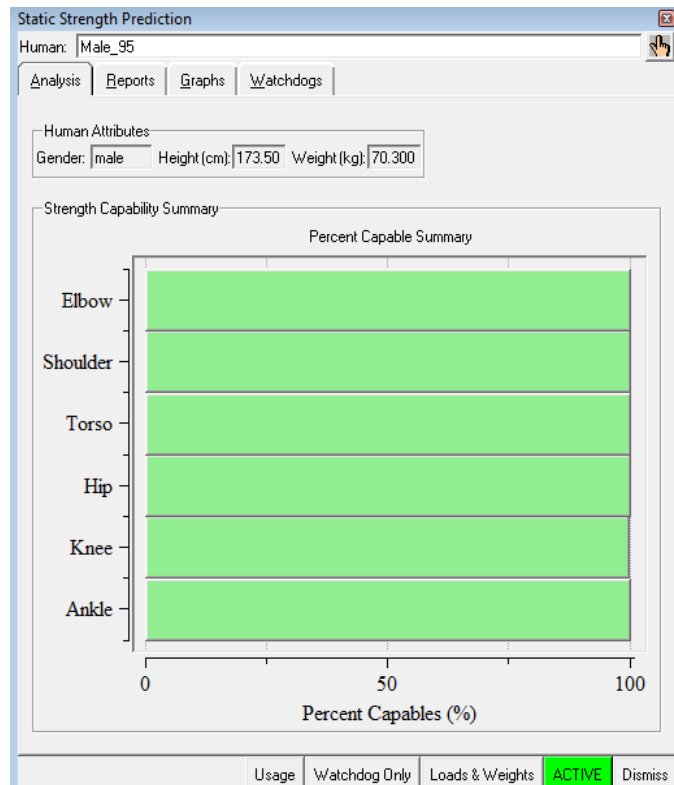
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi II ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi II persentil 50 adalah 1,049, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50

#### 4.11.3. Analisis Konfigurasi Desain II Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain II persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.30** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1I Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.87** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi

1I

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1I	725	1	3



Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.88** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi II

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

**Tabel 4.89** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi II

<b>Elemen nilai RULA</b>	<b>Body Group A</b>				<b>Body Group B</b>		<b>Total</b>
	<b>Upper Arm</b>	<b>Lower Arm</b>	<b>Wrist</b>	<b>Wrist Twist</b>	<b>Neck</b>	<b>Trunk</b>	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

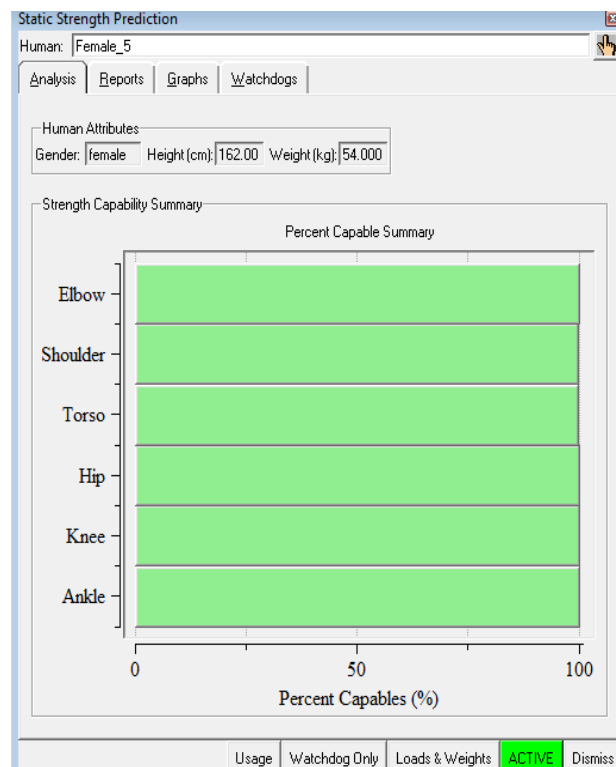
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1I untuk persentil 95 ini sebesar 1,072, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### 4.12. Analisis Konfigurasi Desain 1J

Pada analisis konfigurasi desain 1J, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1J merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 54 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### 4.12.1. Analisis Konfigurasi Desain 1J Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1J persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*.



**Gambar 4.31** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1J Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.90** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 1J

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1J	376	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 376 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.91** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 1J

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

**Tabel 4.92** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1J

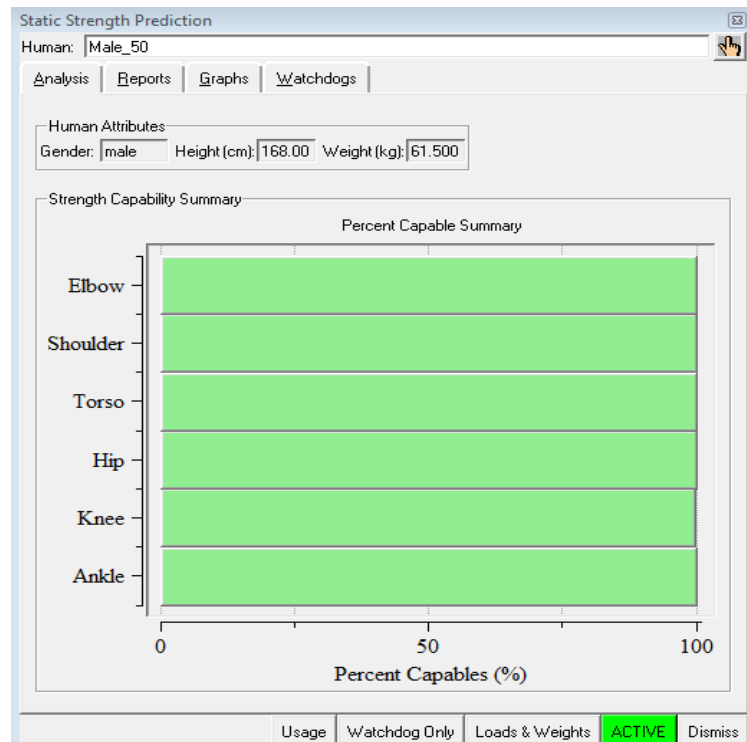
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1J persentil 5 adalah 0,969, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.12.2. Analisis Konfigurasi Desain 1J Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1J persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.32** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1J Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Analisis selanjutnya adalah analisis nilai-nilai ergonomi lain yang merupakan *output* dari *software* Jack yaitu nilai LBA, OWAS dan RULA.

**Tabel 4.93** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 1J

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1J	615	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 615 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.94** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 konfigurasi 1J

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.95** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 1J

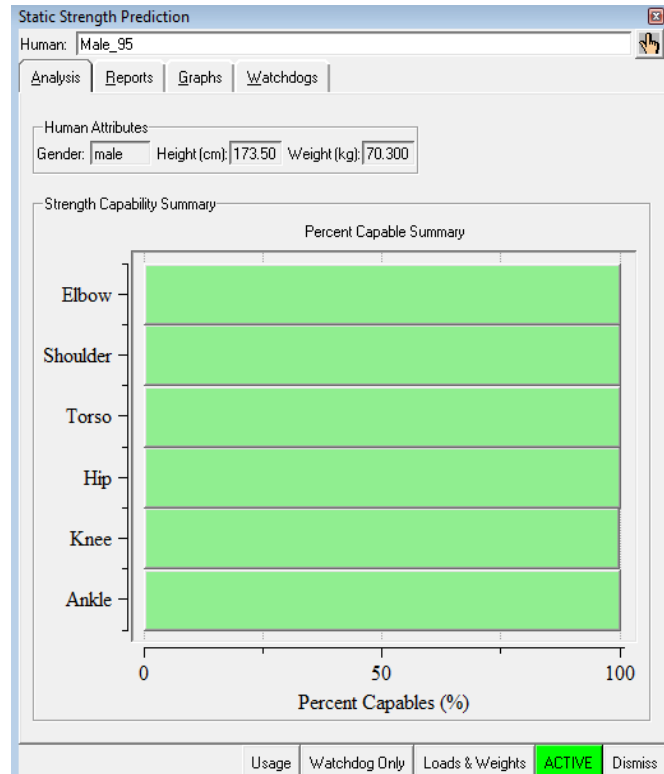
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1J persentil 50 adalah 1,039, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.12.3. Analisis Konfigurasi Desain 1J Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1J persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.33** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1J Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.96** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 95 Konfigurasi

1J

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
1J	645	1	3



Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 645 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.97** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 konfigurasi 1J

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.98** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 1J

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1J untuk persentil 95 ini sebesar 1,048, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

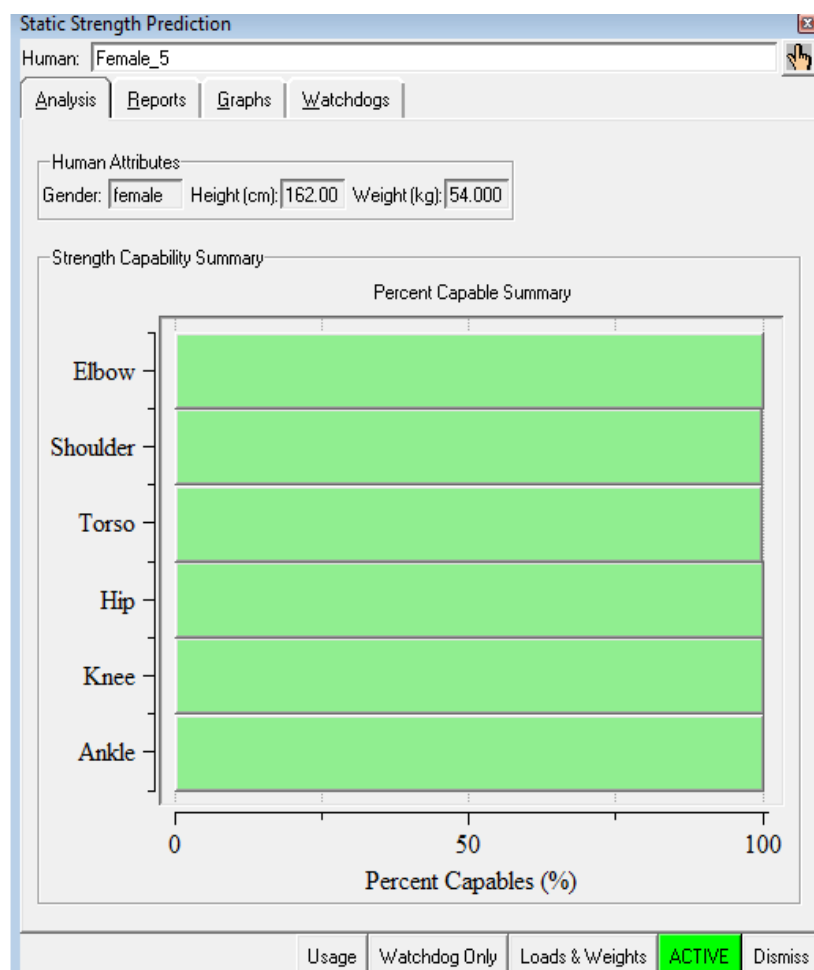
#### 4.13. Analisis Konfigurasi Desain 1K

Pada analisis konfigurasi desain 1K, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1K merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu

tinggi dudukan kursi 54 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

#### 4.13.1. Analisis Konfigurasi Desain 1K Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1K persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja



**Gambar 4.34** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1K Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan

persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 400 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.99** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 1K

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.100** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 5 Konfigurasi 1K

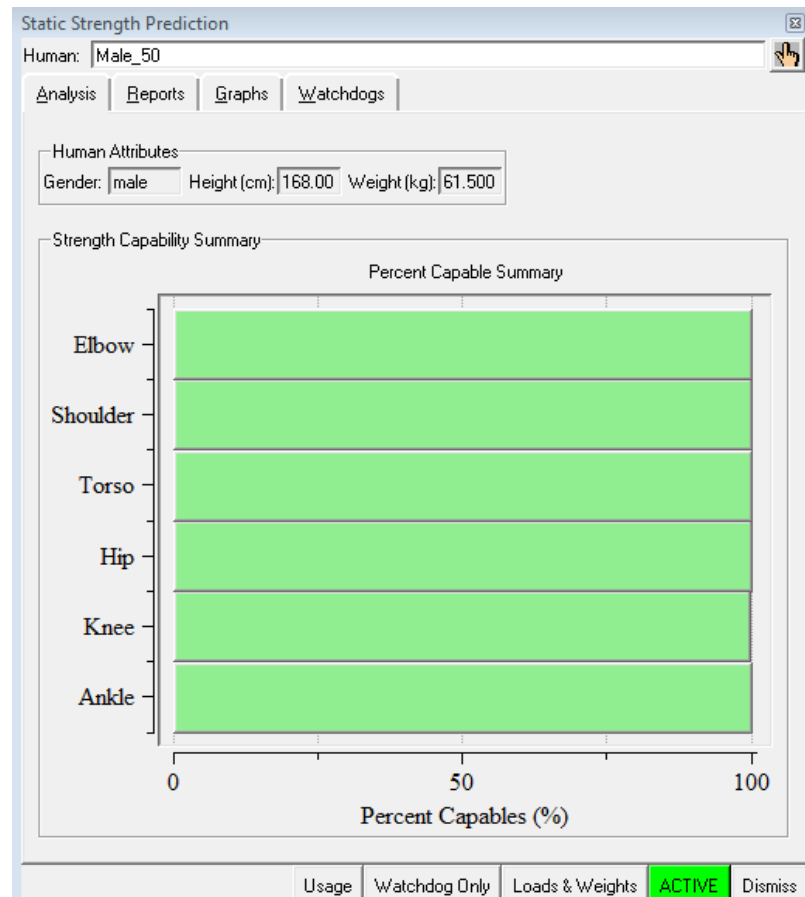
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1K persentil 5 adalah 0,976, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.13.2. Analisis Konfigurasi Desain 1K Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1K persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja



**Gambar 4.35** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1K Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 577 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

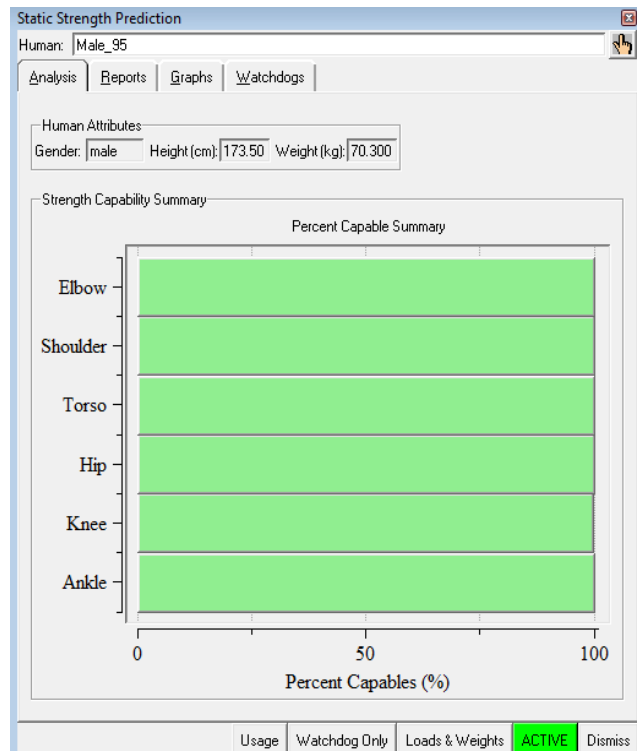
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1K persentil 50 adalah 1,028, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.13.3. Analisis Konfigurasi Desain 1K Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1K persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.36** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1K Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 636 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.



Untuk detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

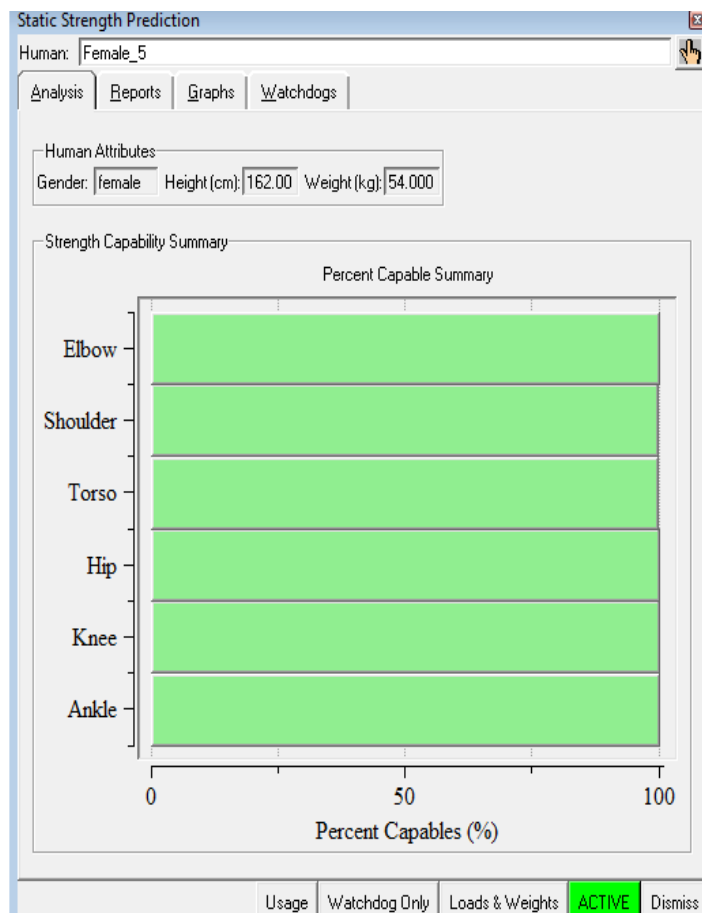
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerjakonfigurasi 1K untuk persentil 95 ini sebesar 1,046, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.14. Analisis Konfigurasi Desain 1L**

Pada analisis konfigurasi desain 1L, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 1L merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 54 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.14.1. Analisis Konfigurasi Desain 1L Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 1L persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.37** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1L Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 400 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

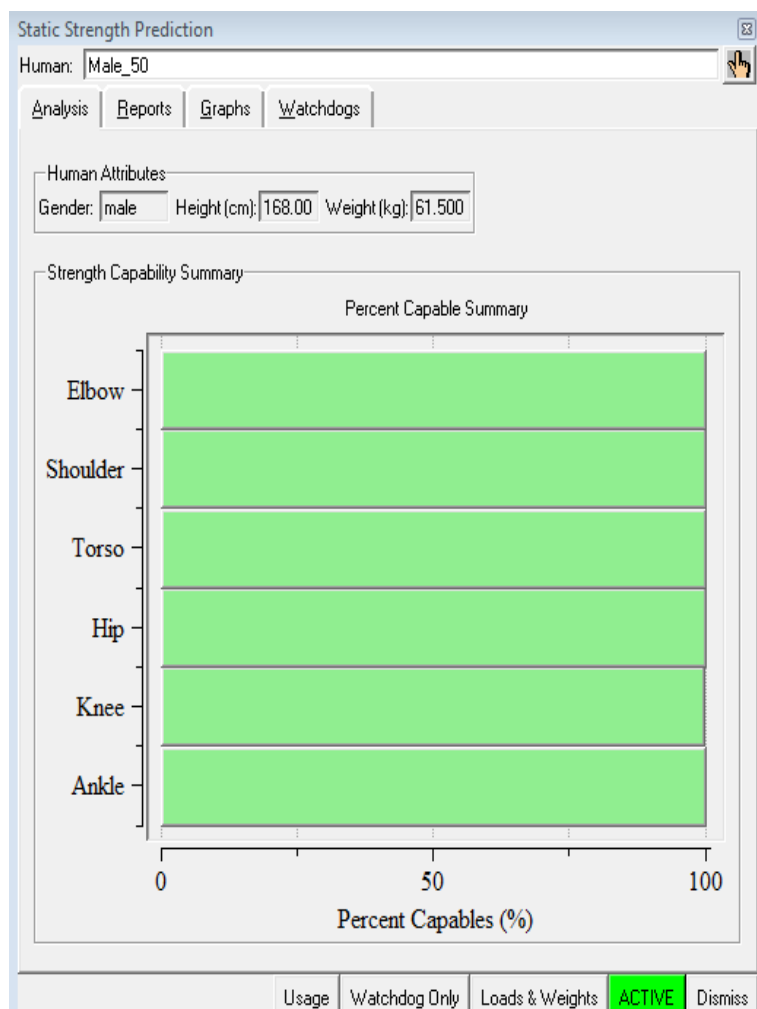
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Detail nilai RULA total adalah 3, dan masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerjakonfigurasi 1L persentil 5 adalah 0,976, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.14.2. Analisis Konfigurasi Desain 1L Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1L persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.38** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 1L Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 657 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 1L persentil 50 adalah 1,052, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.14.3. Analisis Konfigurasi Desain 1L Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 1L persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil didapatkan nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya

akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 668 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, total nilainya adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 1L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerjakonfigurasi 1L untuk persentil 95 ini sebesar 1,055, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

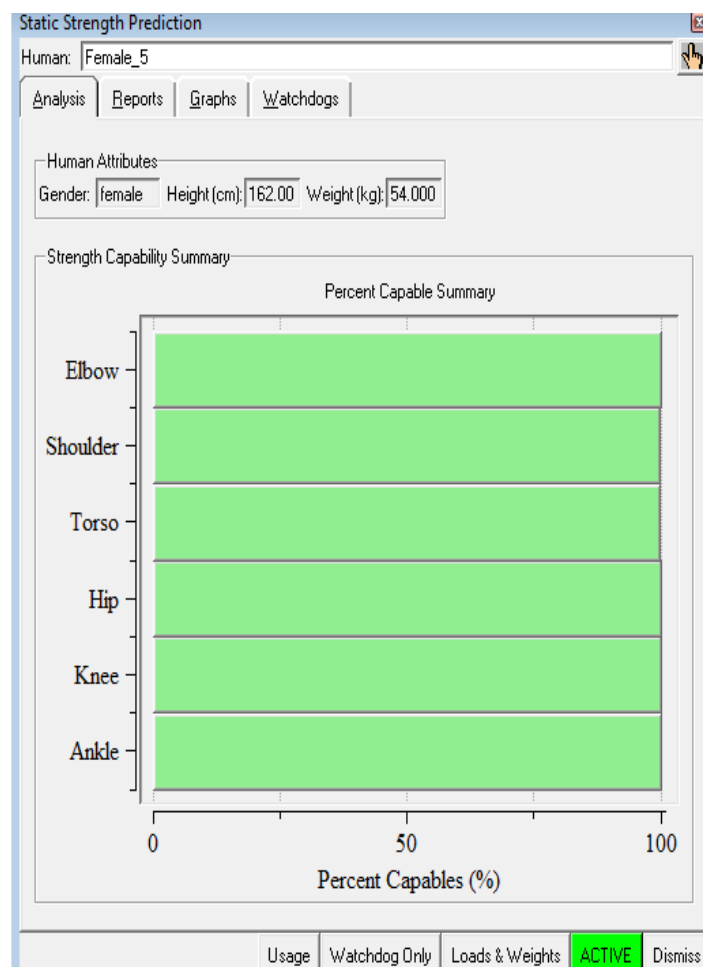
#### **4.15. Analisis Konfigurasi Desain 2A**

Pada analisis konfigurasi desain 2A, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan

persentil 95. Desain 2A merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

#### 4.15.1. Analisis Konfigurasi Desain 2A Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2A persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.39** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2A Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian

gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 387 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

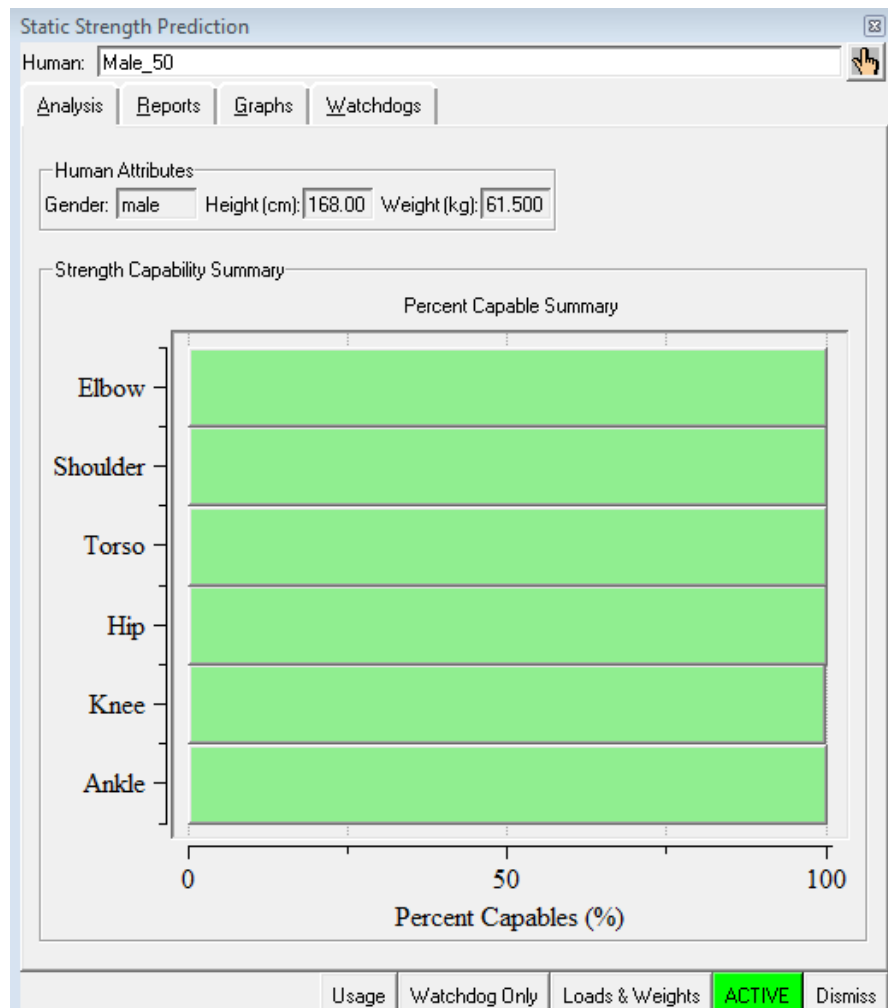
Untuk nilai RULA total konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2A persentil 5 adalah 0,972, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.



#### 4.15.2. Analisis Konfigurasi Desain 2A Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2A persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.40** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2A Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 533 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

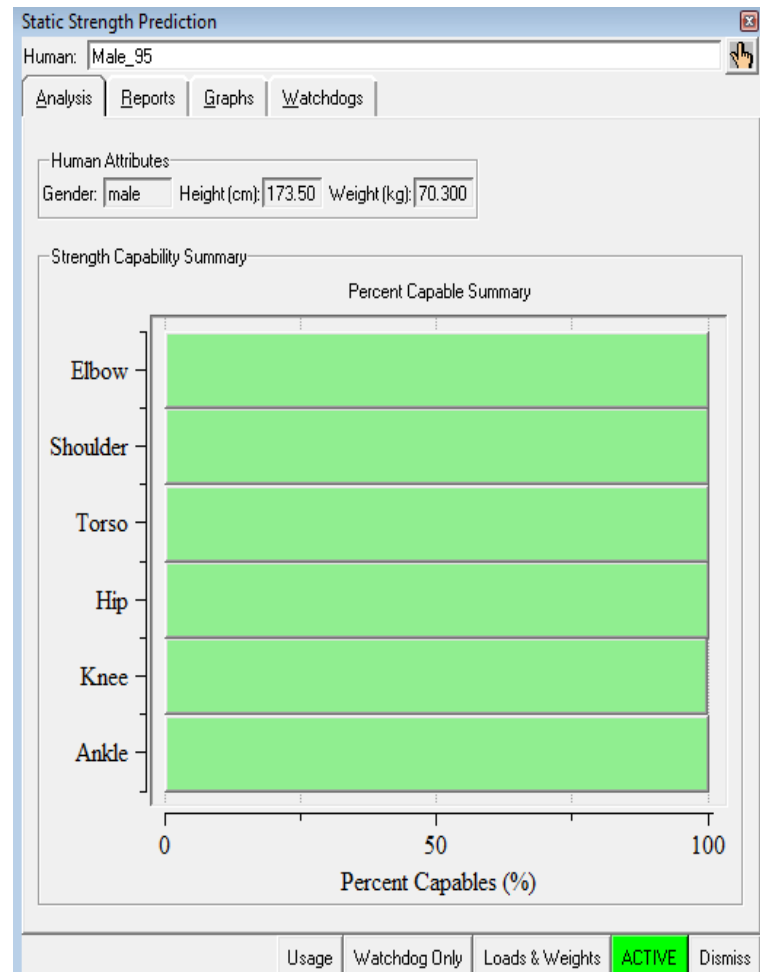
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total bernilai 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2A persentil 50 adalah 1,015, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.15.3. Analisis Konfigurasi Desain 2A Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2A persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.41** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2A Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 633 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2A persentil 95 adalah 1,045, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 95.

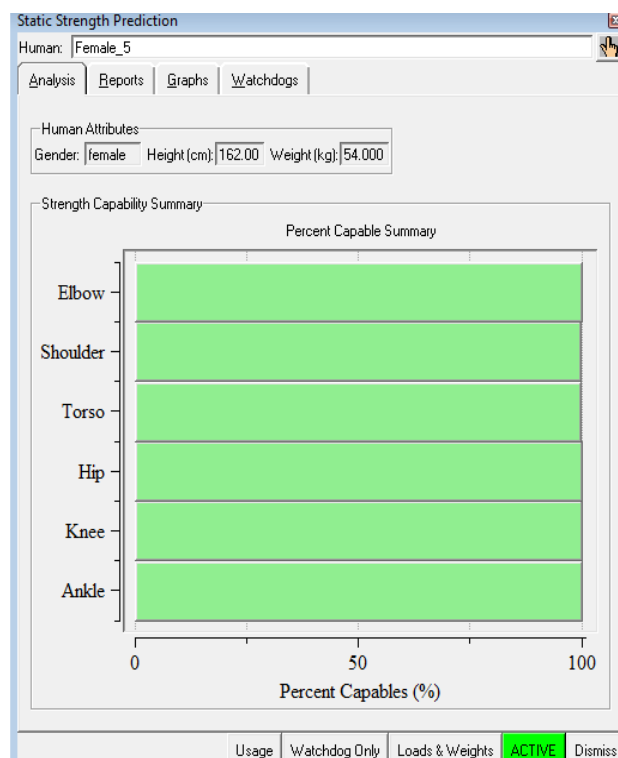
#### **4.16. Analisis Konfigurasi Desain 2B**

Pada analisis konfigurasi desain 2B, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2B merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.16.1. Analisis Konfigurasi Desain 2B Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2B persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan

pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.42** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2B Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 378 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan

nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS yaitu sebesar 1-1-1-

1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

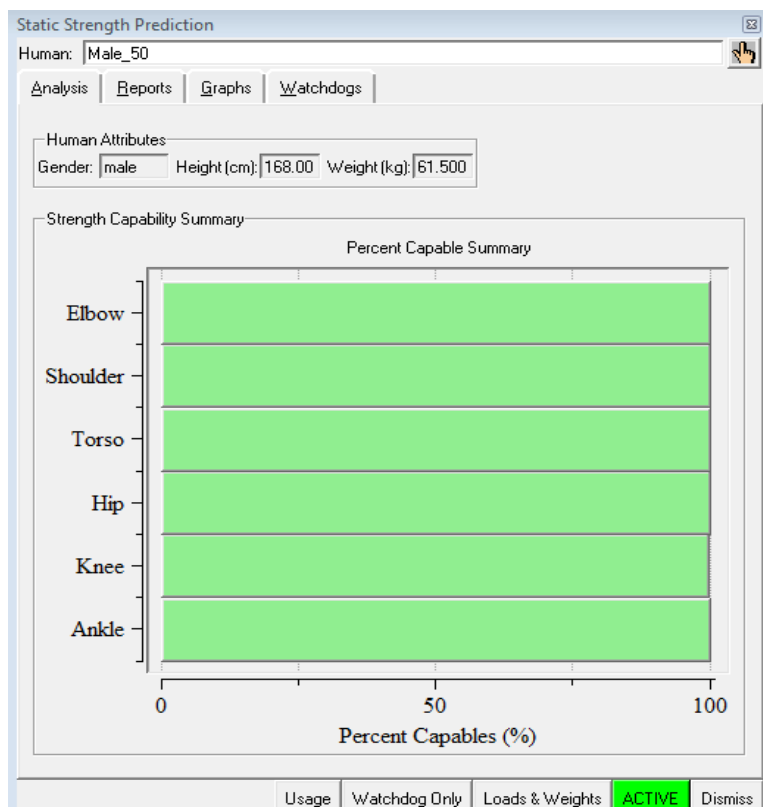
1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini bernilai 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2B persentil 5 adalah 1,173, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.16.2. Analisis Konfigurasi Desain 2B Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2B persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.43** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2B Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 554 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for*

*Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS dengan detail sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

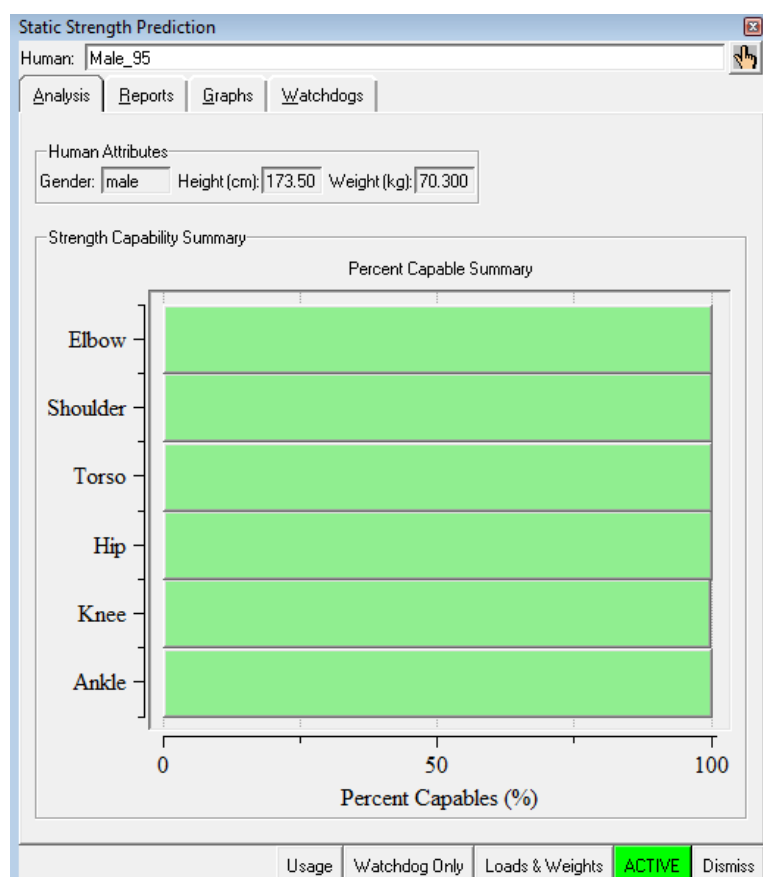
Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini bernilai 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.



Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2B persentil 50 adalah 1,224, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.16.3. Analisis Konfigurasi Desain 2B Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2B persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.44** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2B Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas

yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 619 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang yaitu sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk nilai RULA, total nilai menunjukkan angka 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk

perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

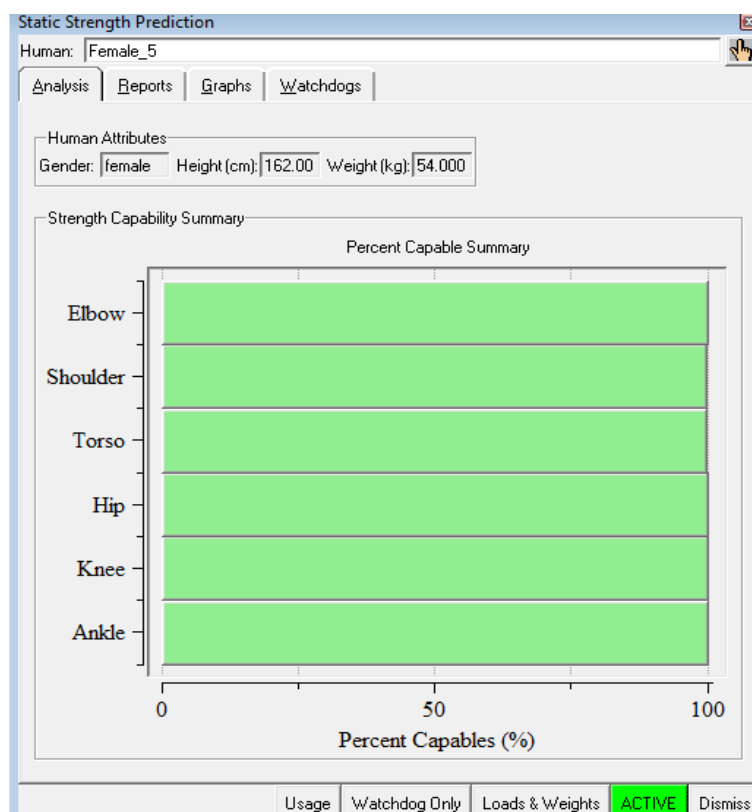
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2B untuk persentil 95 ini sebesar 1,243, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.17. Analisis Konfigurasi Desain 2C**

Pada analisis konfigurasi desain 2C, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2C merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.17.1. Analisis Konfigurasi Desain 2C Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2C persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.45** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2C Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.101** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 5 Konfigurasi 2C

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
2C	396	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 396 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.102** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 2C

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.103** Elemen Nilai RULA pada Persentil 5 Konfigurasi 2C

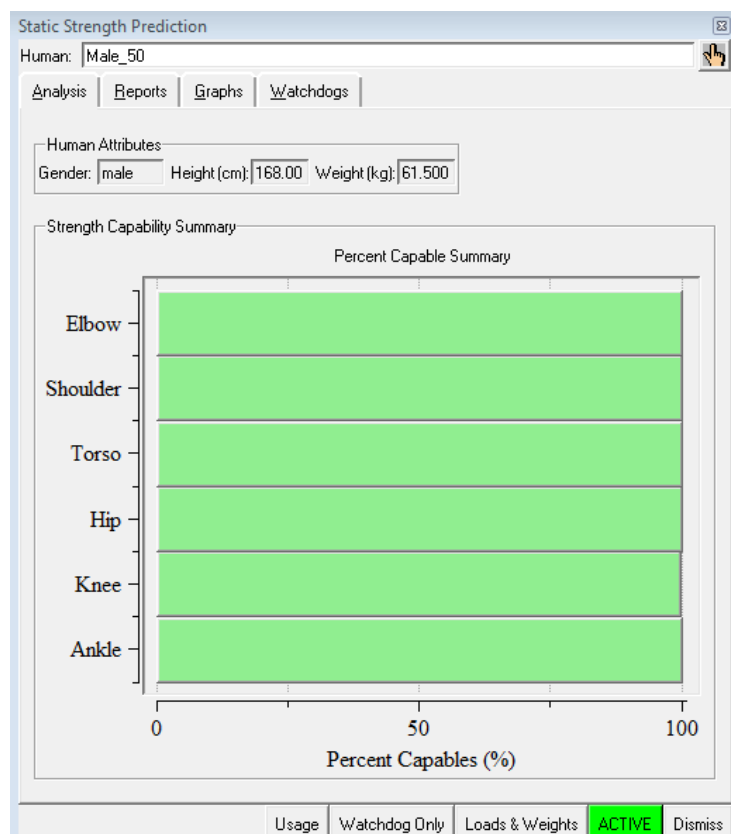
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Nilai RULA total konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2C persentil 5 adalah 0,975, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.17.2. Analisis Konfigurasi Desain 2C Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2C persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.46** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2C Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.104** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Operator Persentil 50 Konfigurasi 2C

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
2C	460	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 460 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.105** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 2C

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk nilai RULA total konfigurasi bernilai 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut 0°-20°, nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang

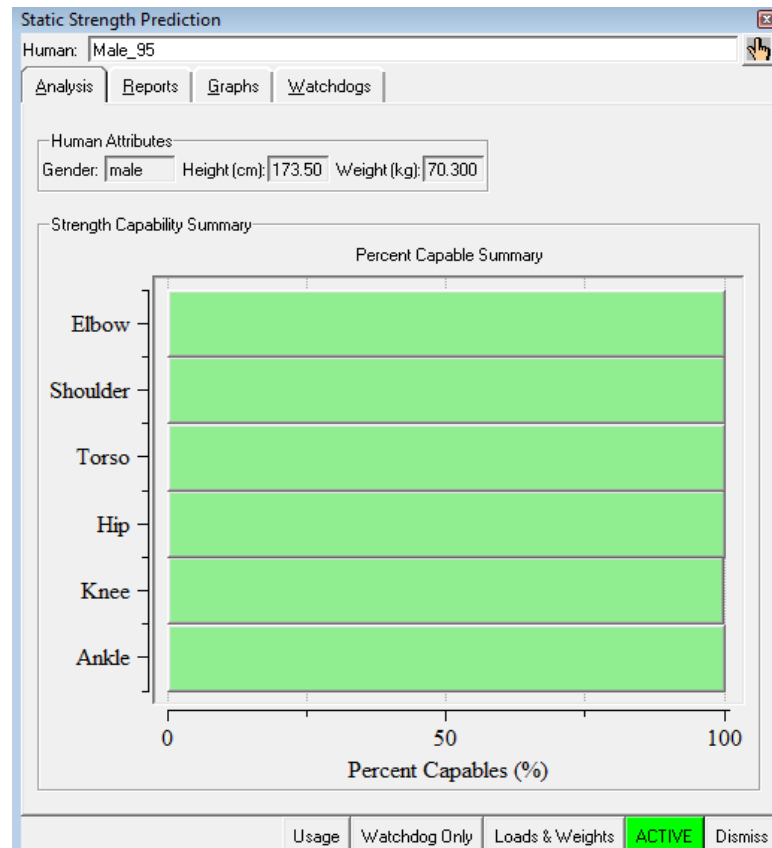


menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2C persentil 50 adalah 0,994, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50

#### 4.17.3. Analisis Konfigurasi Desain 2C Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2C persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.47** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2C Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.106** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 2C

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
2C	513	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 513 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.107** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 2C

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.108** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 2C

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi 2C ini bernilai 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2C untuk persentil 95 ini sebesar 1,009, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

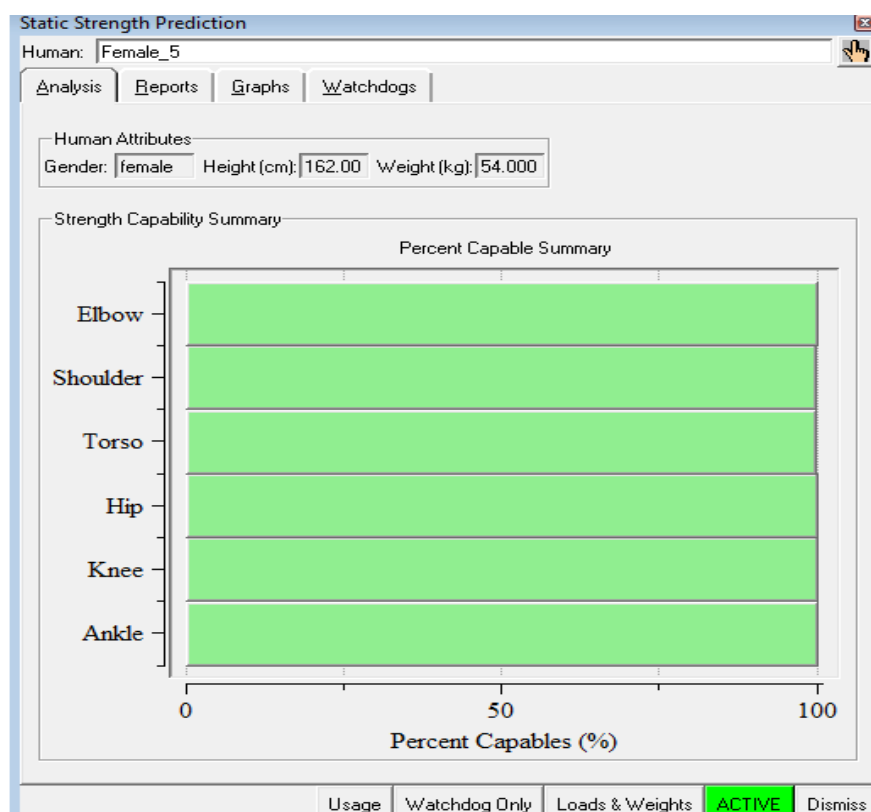
#### **4.18. Analisis Konfigurasi Desain 2D**

Pada analisis konfigurasi desain 2D, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2D merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu

tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

#### 4.18.1. Analisis Konfigurasi Desain 2D Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2D persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.48** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2D Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

**Tabel 4.109** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 5 Konfigurasi 2D

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
2D	482	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 482 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.110** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 5 Konfigurasi 2D

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.

4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.111** Elemen Nilai RULA pada Persentil 5 Konfigurasi 2D

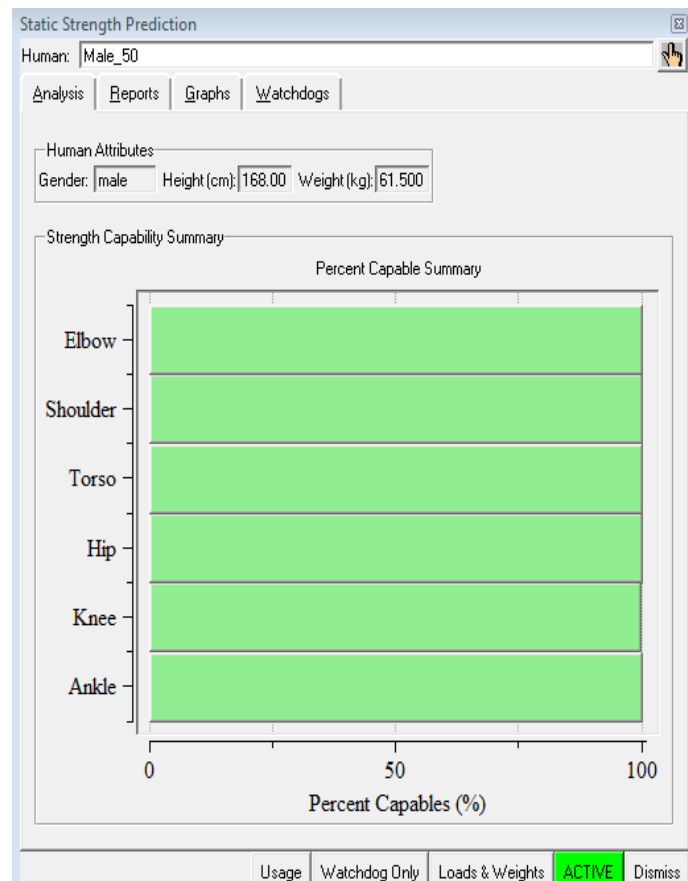
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	Group Score						
	4				2		

Nilai RULA untuk konfigurasi ini adalah 3. Untuk detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2D persentil 5 adalah 1,000, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.18.2. Analisis Konfigurasi Desain 2D Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2D persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.49** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2D Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.



**Tabel 4.112** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 50 Konfigurasi 2D

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
2D	555	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 555 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.113** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 50 Konfigurasi 2D

Elemen	Punggung	Tangan	Kaki	Beban
Nilai OWAS	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.114** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 2D

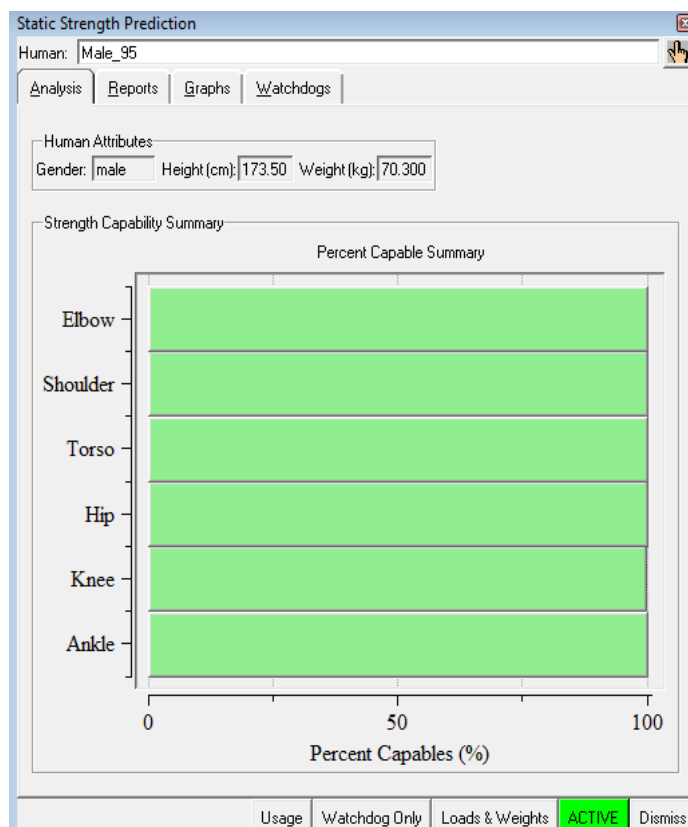
Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Nilai RULA total bernilai 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2D persentil 50 adalah 1,022, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.18.3. Analisis Konfigurasi Desain 2D Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2D persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.50** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2D Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

**Tabel 4.115** Rekapitulasi Nilai Ergonomi untuk Persentil 95 Konfigurasi 2D

Stasiun kerja	LBA	OWAS	RULA
2D	631	1	3

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 631 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1.

**Tabel 4.116** Elemen Nilai OWAS pada Persentil 95 Konfigurasi 2D

<b>Elemen</b>	<b>Punggung</b>	<b>Tangan</b>	<b>Kaki</b>	<b>Beban</b>
<b>Nilai OWAS</b>	1	1	1	1

Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.117** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 2D

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2D untuk persentil 95 ini sebesar 1,044, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

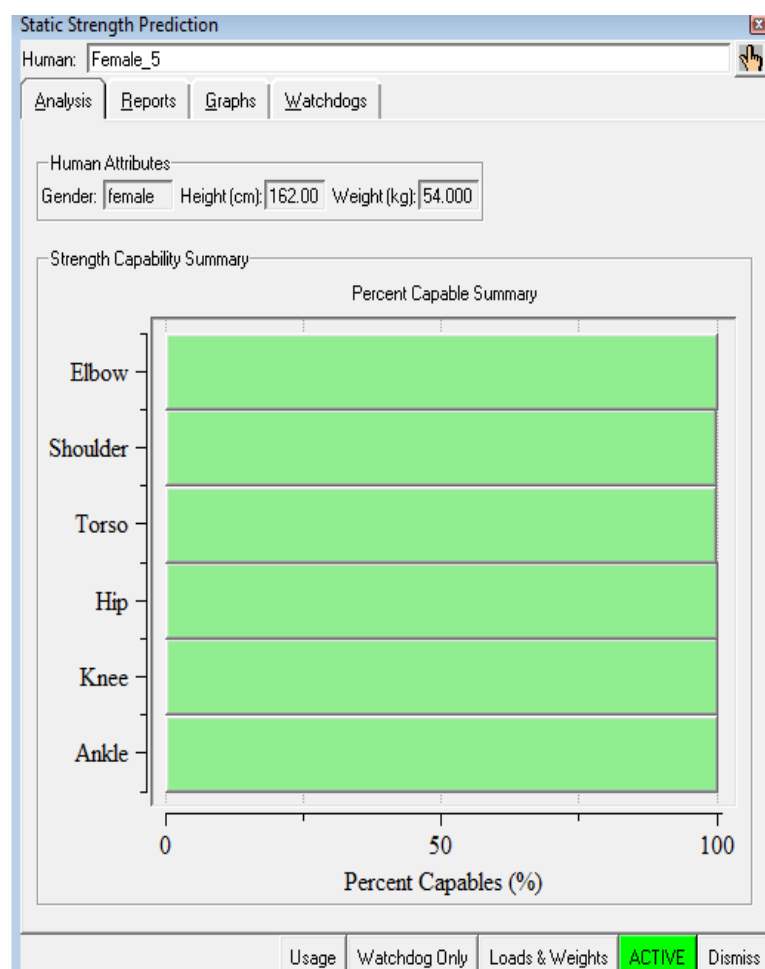
#### 4.19. Analisis Konfigurasi Desain 2E

Pada analisis konfigurasi desain 2E, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2E merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu

tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

#### 4.19.1. Analisis Konfigurasi Desain 2E Persentil 5 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2E persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.51** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2E Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian

gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 408 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS yaitu 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk nilai RULA yang dimiliki oleh konfigurasi ini adalah sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang

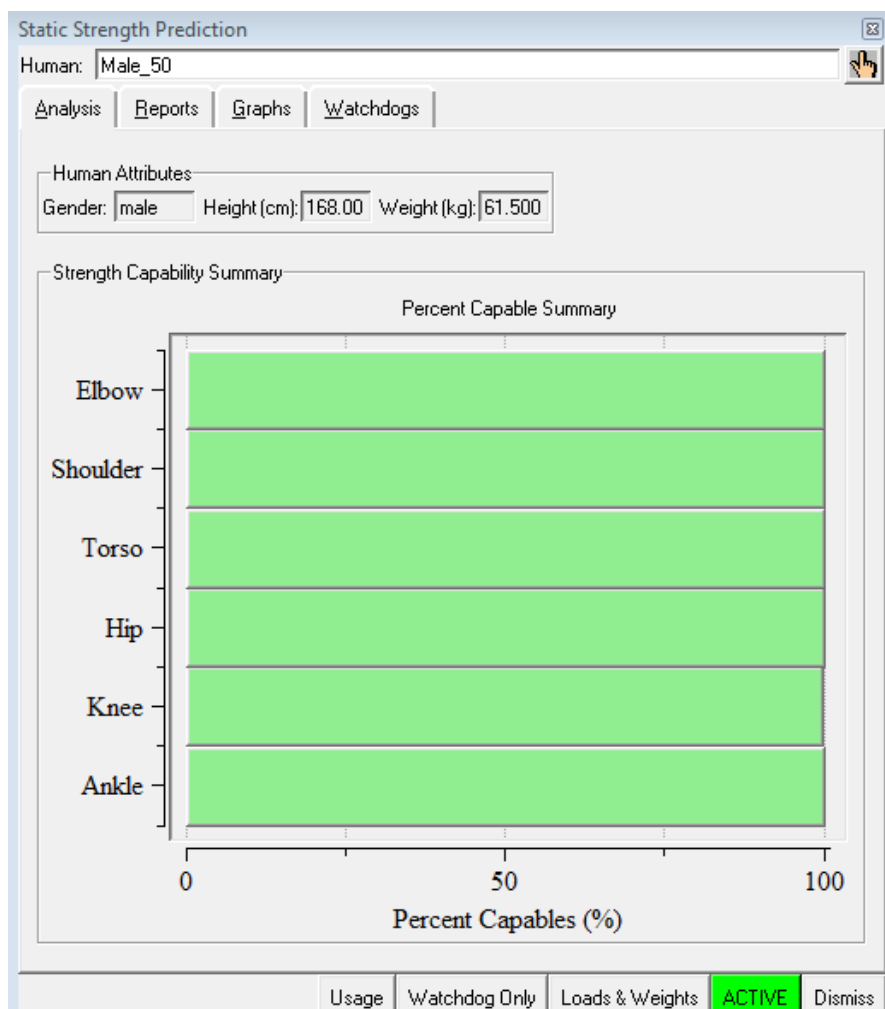
perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2E persentil 5 adalah 0,979, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.19.2. Analisis Konfigurasi Desain 2E Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2E persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.





**Gambar 4.52** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2E Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 649 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

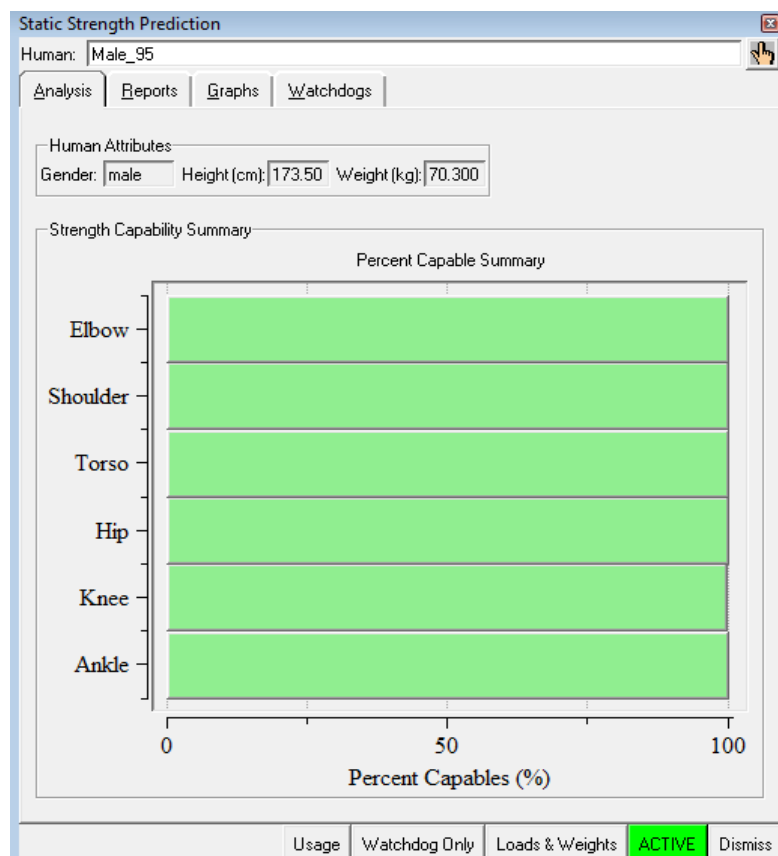
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total konfigurasi ini adalah sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2E persentil 50 adalah 1,049, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.19.3. Analisis Konfigurasi Desain 2E Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2E persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.53** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2E Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 731 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Nilai RULA yang dimiliki oleh konfigurasi ini sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

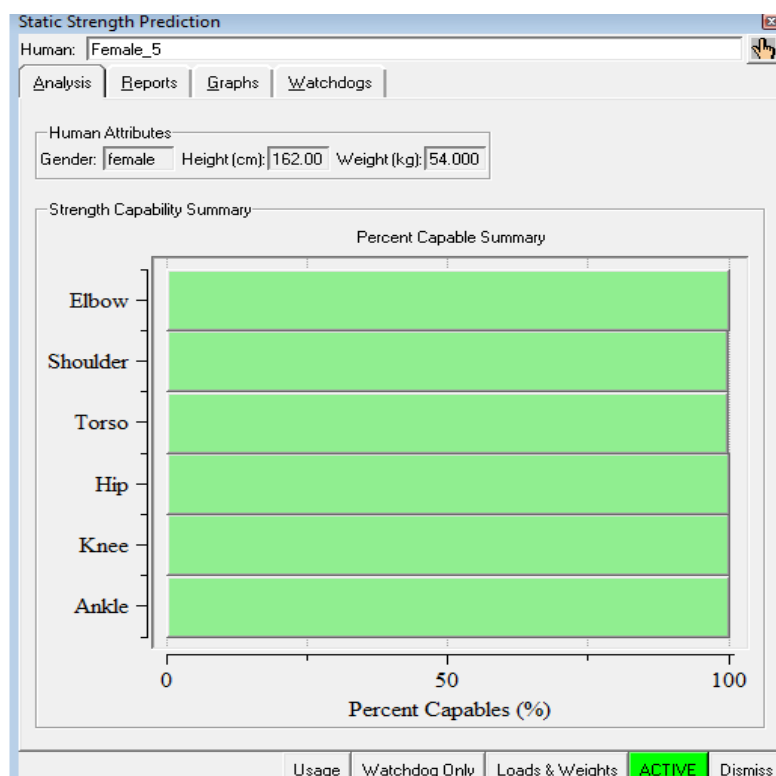
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2E untuk persentil 95 ini sebesar 1,074, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.20. Analisis Konfigurasi Desain 2F**

Pada analisis konfigurasi desain 2F, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 2F merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.20.1. Analisis Konfigurasi Desain 2F Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2F persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.54** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2F Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 464 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

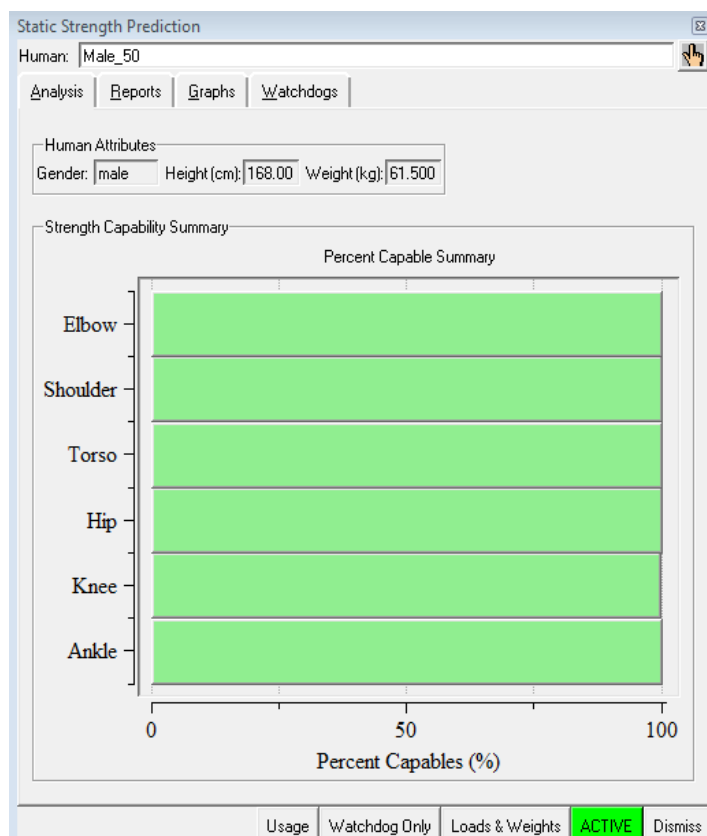
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini bernilai 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2F ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2F persentil 5 adalah 0,981, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.20.2. Analisis Konfigurasi Desain 2F Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2F persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.55** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2F Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 526 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

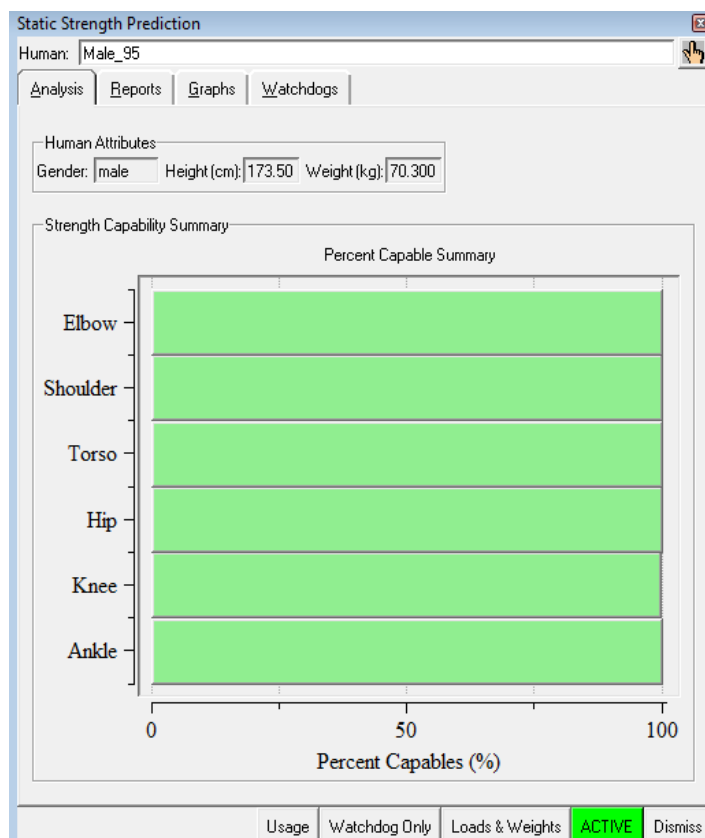
Untuk nilai RULA yang dimiliki adalah sebesar 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2F ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2F persentil 50 adalah 1,013, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.20.3. Analisis Konfigurasi Desain 2F Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2F persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.





**Gambar 4.56** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2F Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 578 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA dari konfigurasi ini adalah bernilai 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan posisi menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

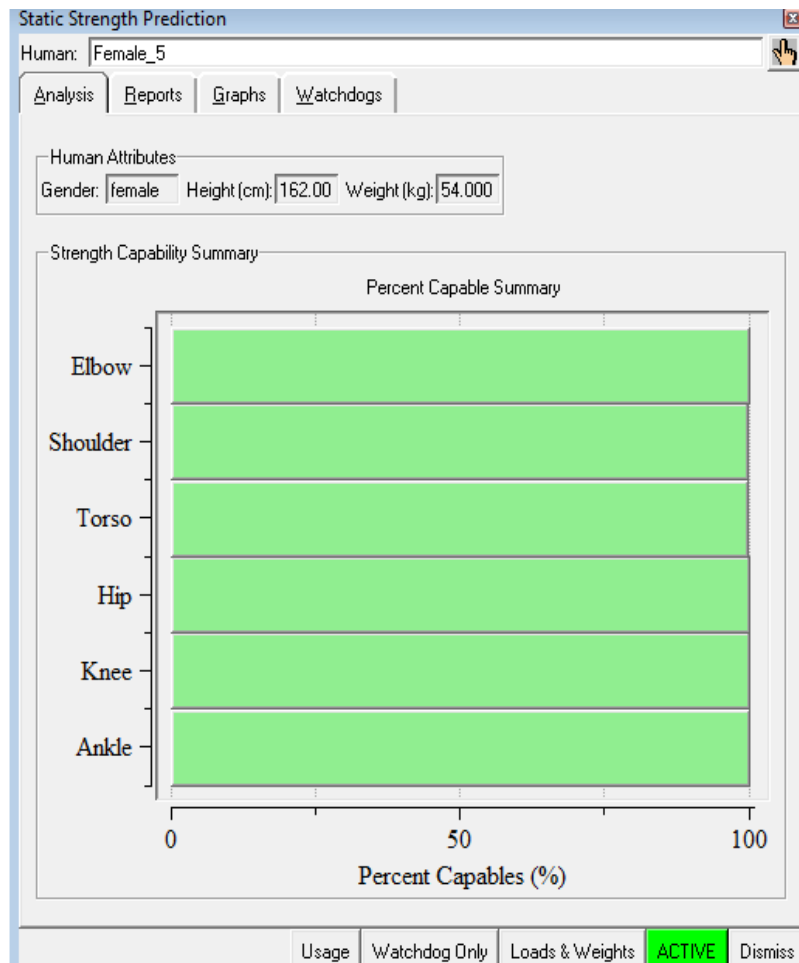
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2F persentil 95 adalah 1,029 lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 95.

#### **4.21. Analisis Konfigurasi Desain 2G**

Pada analisis konfigurasi desain 2G, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2G merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.21.1. Analisis Konfigurasi Desain 2G Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2G persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.57** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2G Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 389 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

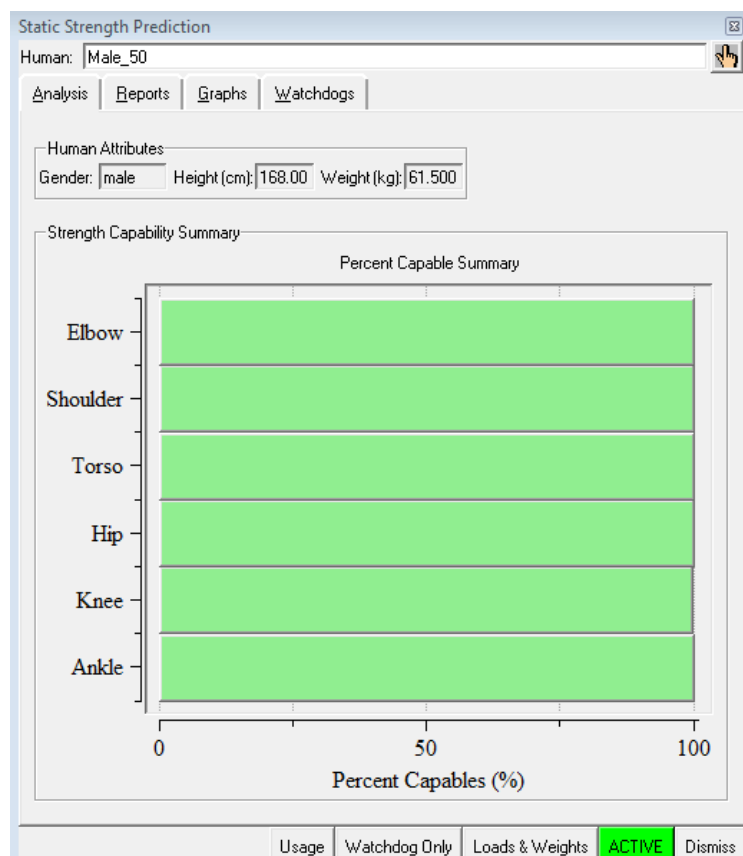
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA yang dimiliki oleh konfigurasi ini yaitu sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2G persentil 5 adalah 0,973, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.21.2. Analisis Konfigurasi Desain 2G Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2G persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.58** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2G Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 678 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

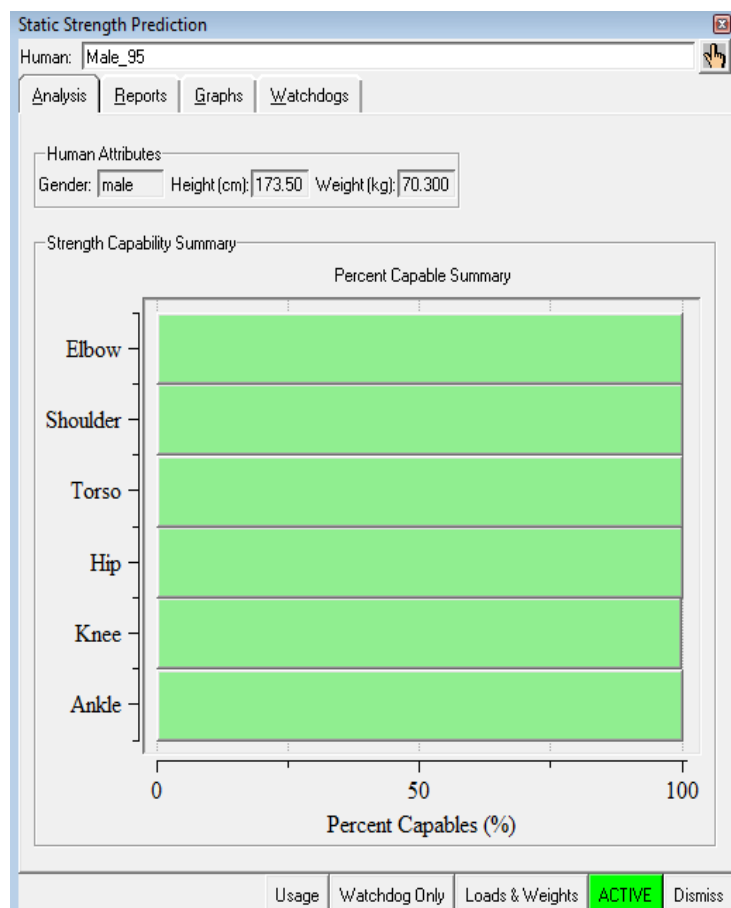
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2G persentil 50 adalah 1,058, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.21.3. Analisis Konfigurasi Desain 2G Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2G persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.59** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2G Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 754 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2G untuk persentil 95 ini sebesar 1,080, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.22. Analisis Konfigurasi Desain 2H**

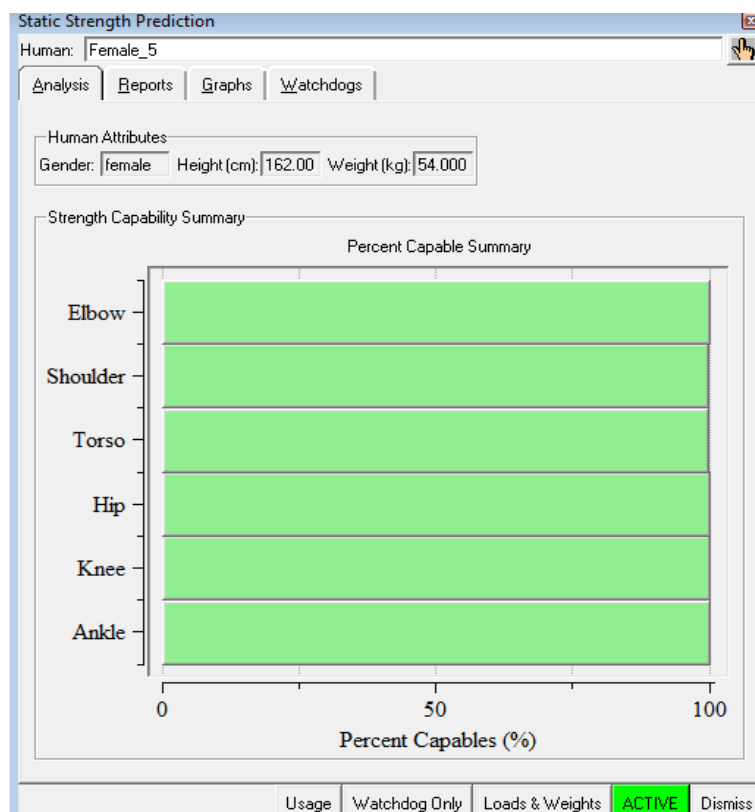
Pada analisis konfigurasi desain 2H, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2H merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.22.1. Analisis Konfigurasi Desain 2H Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2H persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan



pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.60** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2H Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 367 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

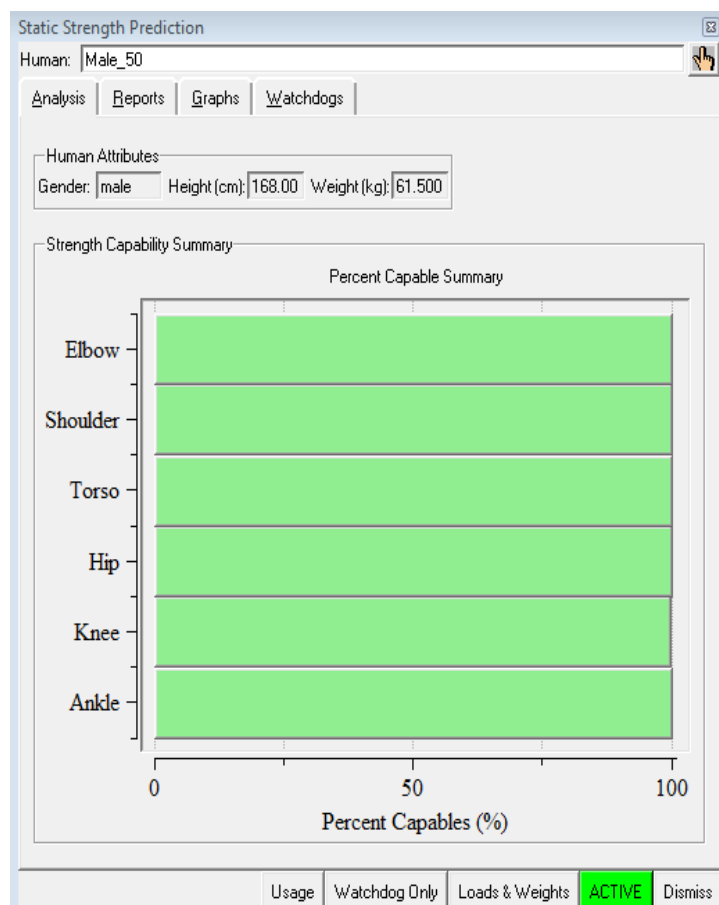
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2H persentil 5 adalah 0.967, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.22.2. Analisis Konfigurasi Desain 2H Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2H persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.61** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2H Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 602 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

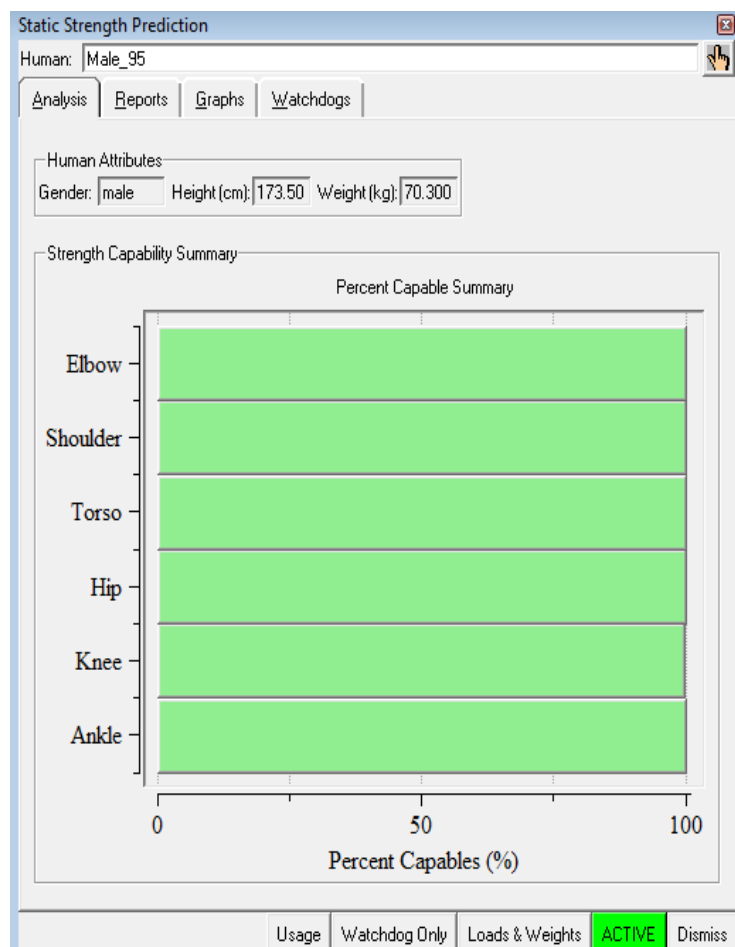
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2H persentil 50 adalah 1,036, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.22.3. Analisis Konfigurasi Desain 2H Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2G persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.62** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2H Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 654 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2H untuk persentil 95 ini sebesar 1,051, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

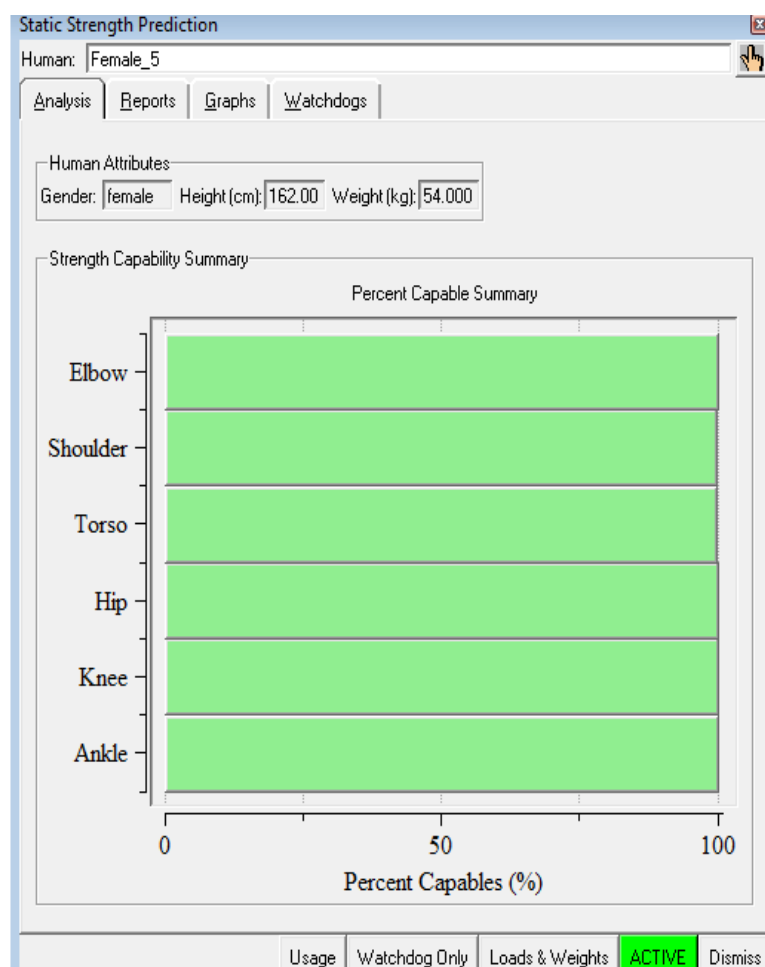
#### **4.23. Analisis Konfigurasi Desain 2I**

Pada analisis konfigurasi desain 2I, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2I merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.23.1. Analisis Konfigurasi Desain 2I Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2I persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan

pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.63** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2I Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 408 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for*

*Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

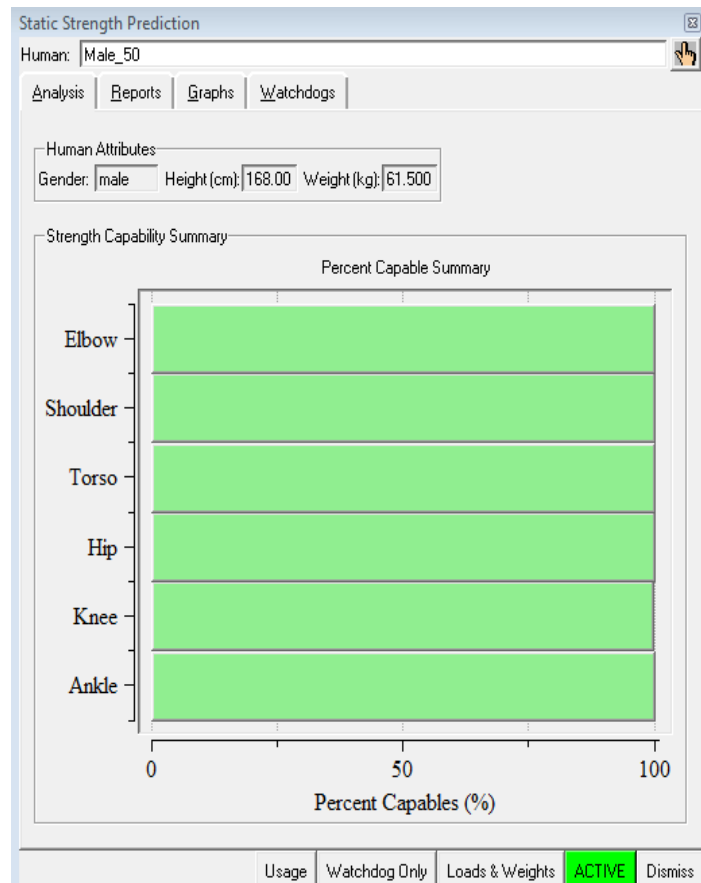
Untuk nilai RULA total yang dimiliki adalah sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2I persentil 5 adalah 0,979, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.23.2. Analisis Konfigurasi Desain 2I Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2I persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.





**Gambar 4.64** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2I Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 488 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

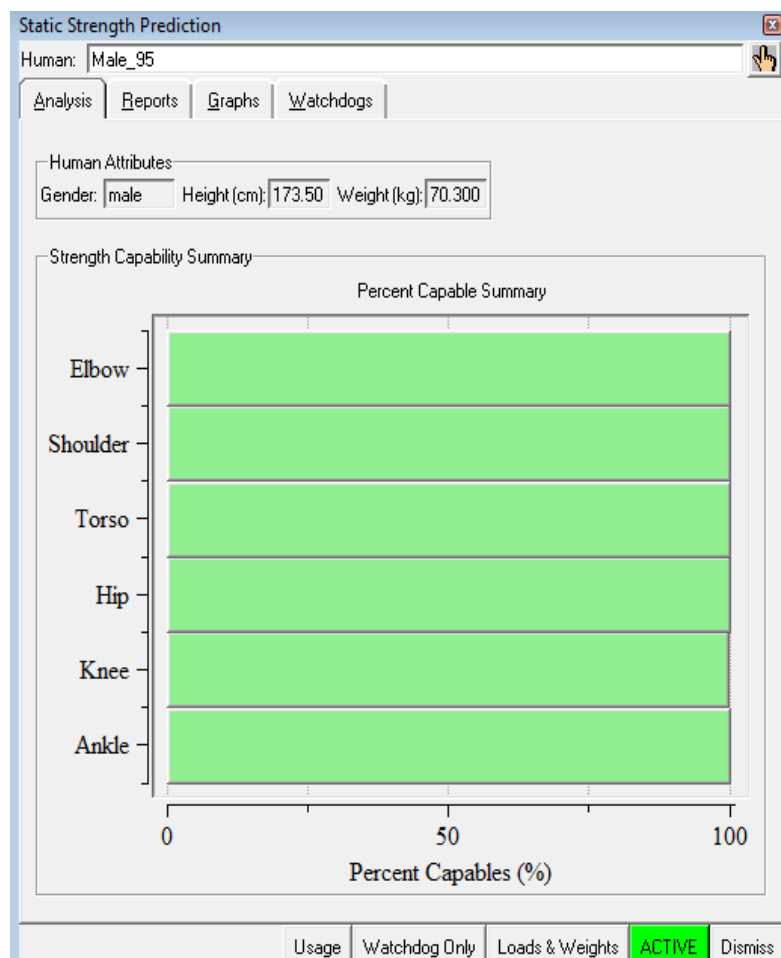
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2I persentil 50 adalah 1,002, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.23.3. Analisis Konfigurasi Desain 2I Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2I persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.65** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2I Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 534 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA dari konfigurasi ini adalah sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2I untuk persentil 95 ini sebesar 1,016, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

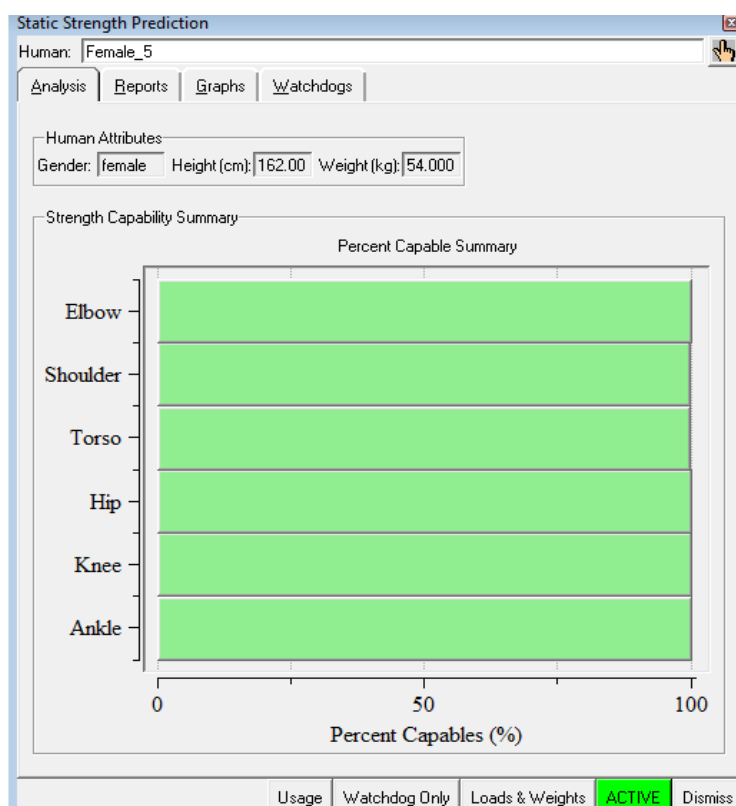
#### **4.24. Analisis Konfigurasi Desain 2J**

Pada analisis konfigurasi desain 2J, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2I merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.24.1. Analisis Konfigurasi Desain 2J Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2J persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan

pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.66** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2J Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 412 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

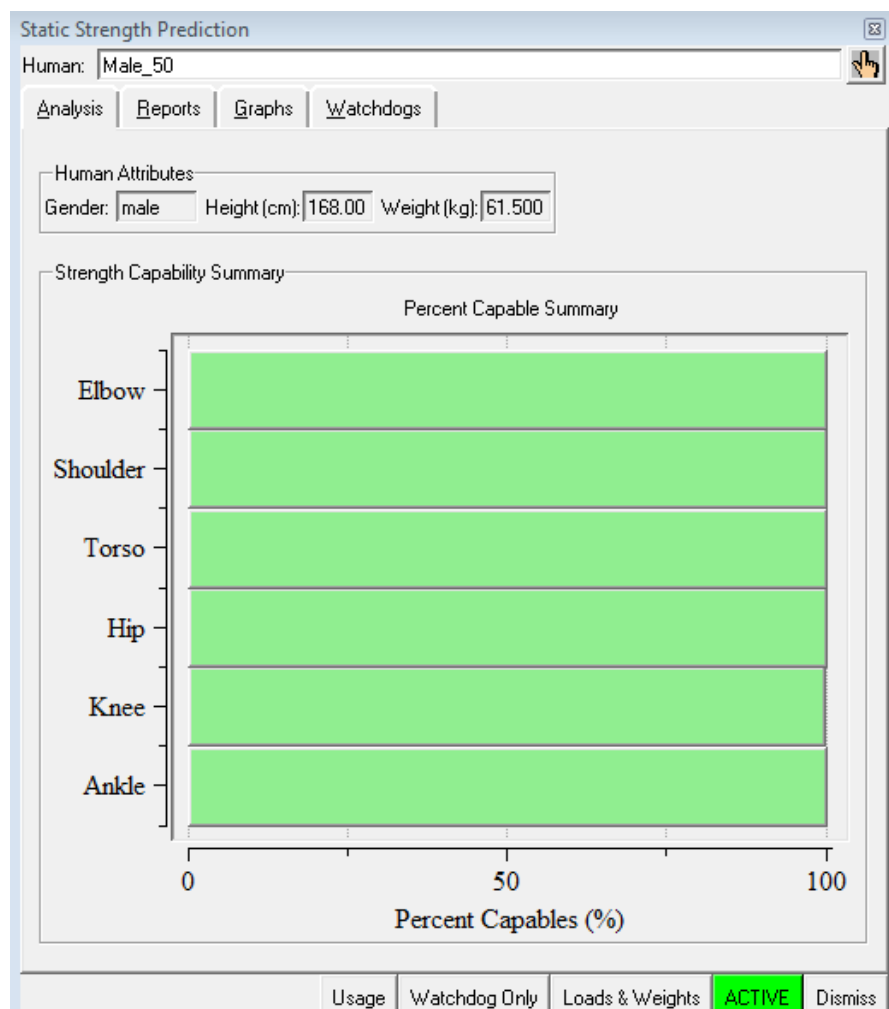
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total, konfigurasi ini memiliki nilai sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2J persentil 5 adalah 0,980, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.24.2. Analisis Konfigurasi Desain 2J Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2J persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.67** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2J Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 602 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

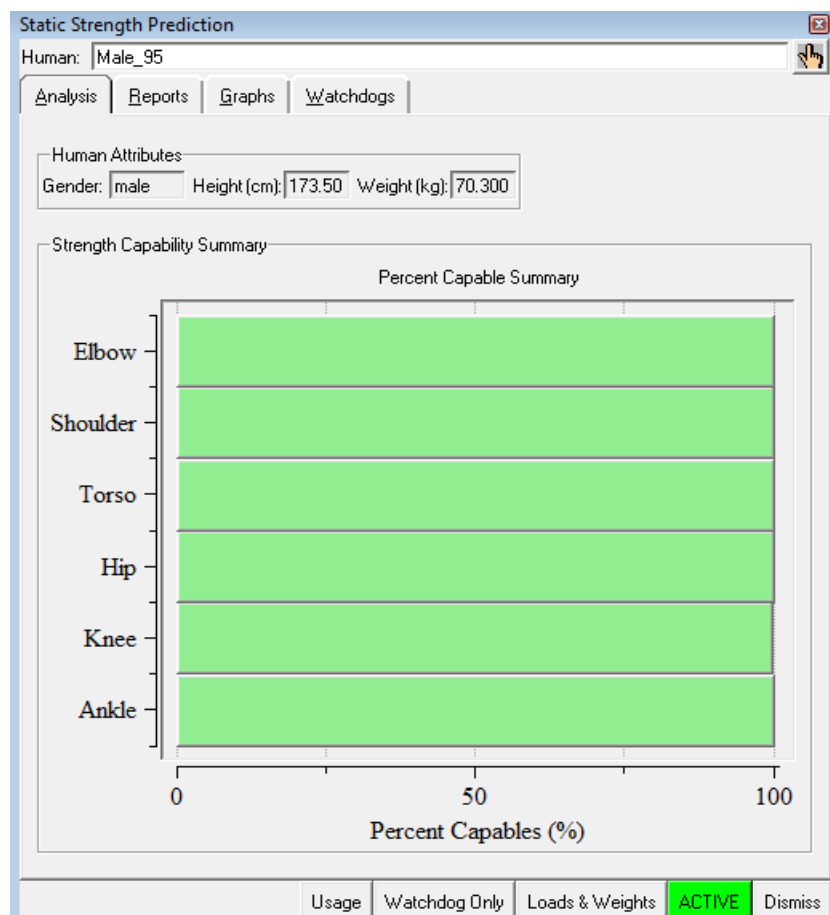
Untuk nilai RULA yang dimiliki oleh konfigurasi ini yaitu sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2J persentil 50 adalah 1,036, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.24.3. Analisis Konfigurasi Desain 2J Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2J persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.





**Gambar 4.68** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2J Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 654 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini yaitu sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1 hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2J untuk persentil 95 ini sebesar 1,051, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

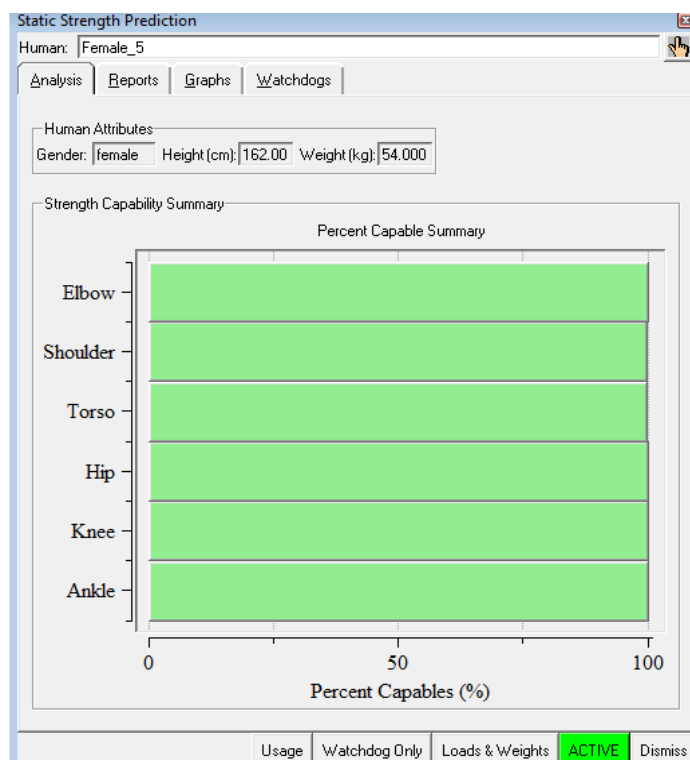
#### **4.25. Analisis Konfigurasi Desain 2K**

Pada analisis konfigurasi desain 2K, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Desain 2K merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.25.1. Analisis Konfigurasi Desain 2K Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2K persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan

pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.69** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2K Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 418 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

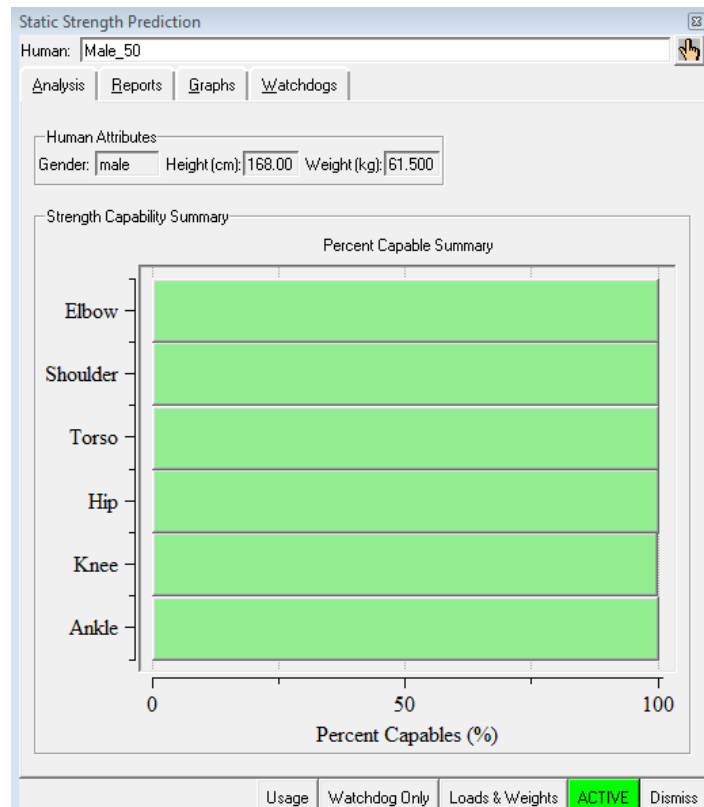
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total, konfigurasi ini memiliki nilai 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2K persentil 5 adalah 0,982, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.25.2. Analisis Konfigurasi Desain 2K Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2K persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.70** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2K Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 606 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

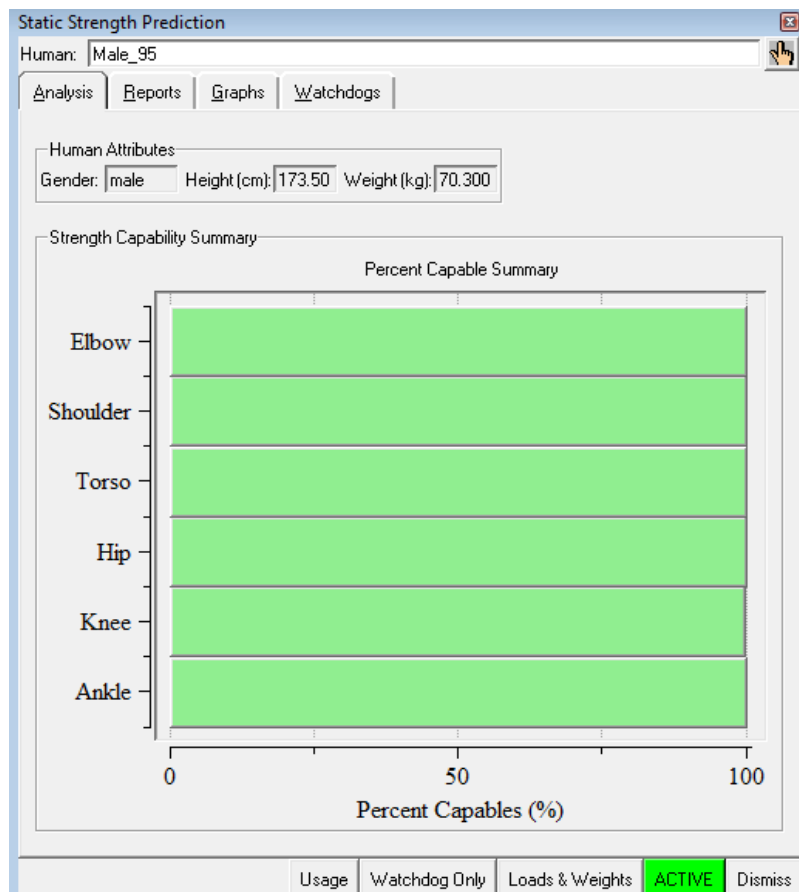
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA dari konfigurasi 2K persentil 50 ini adalah sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2K persentil 50 adalah 1,037, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.25.3. Analisis Konfigurasi Desain 2K Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2K persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil analisis kapabilitas dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.71** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2K Persentil 95

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 676 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total konfigurasi 2K ini yaitu sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas

menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2K untuk persentil 95 ini sebesar 1,057, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

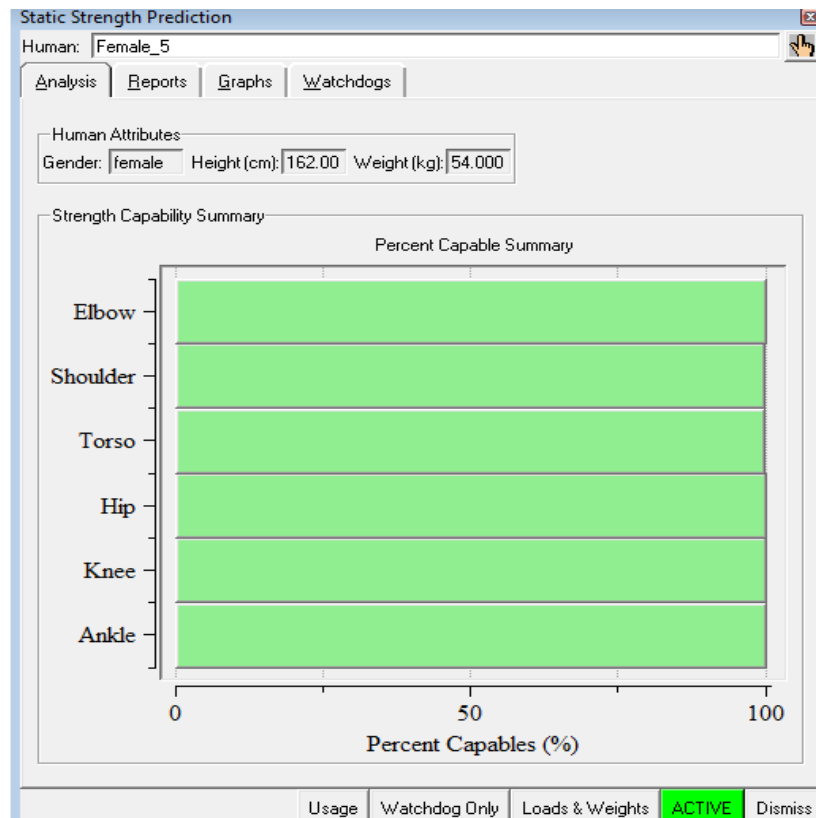
#### **4.26. Analisis Konfigurasi Desain 2L**

Pada analisis konfigurasi desain 2L, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 2L ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 51 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.26.1. Analisis Konfigurasi Desain 2L Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 2L persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil kapabilitas ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.





**Gambar 4.72** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2L Persentil 5

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis Sytem* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 415 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

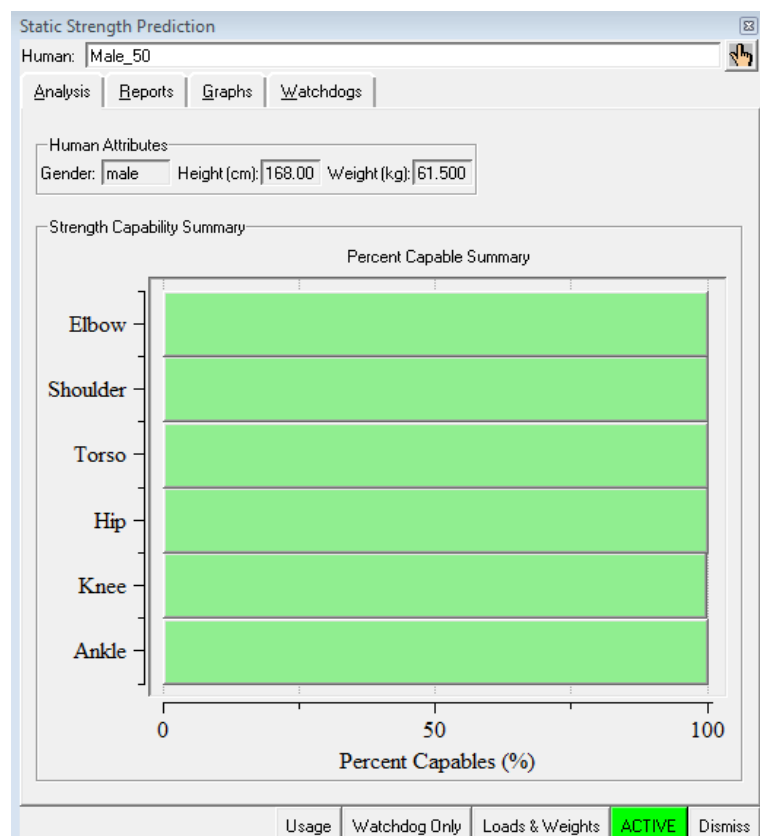
Untuk nilai RULA yang dihasilkan oleh konfigurasi ini yaitu sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah

model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2L persentil 5 adalah 0,981, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.26.2. Analisis Konfigurasi Desain 2L Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2L persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.73** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2L Persentil 50

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 580 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

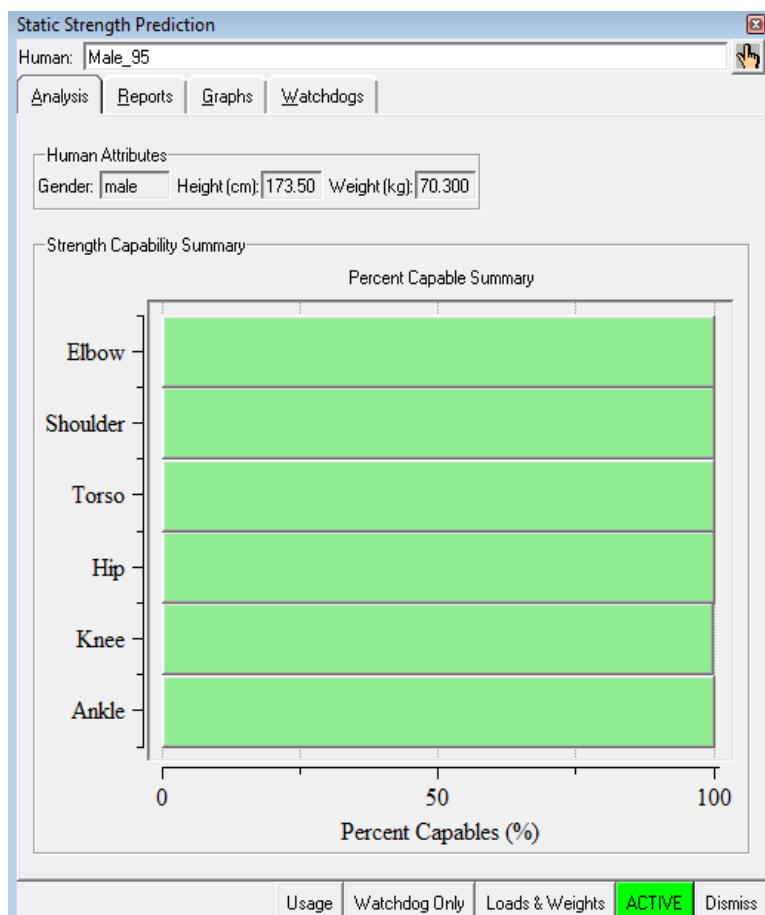
Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang

menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2L persentil 50 adalah 1,029, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.26.3. Analisis Konfigurasi Desain 2L Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 2L persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil analisis kapabilitas dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.74** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 2L Persentil 95

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 655 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini bernilai 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi

untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 2L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 2L untuk persentil 95 ini sebesar 1,055, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

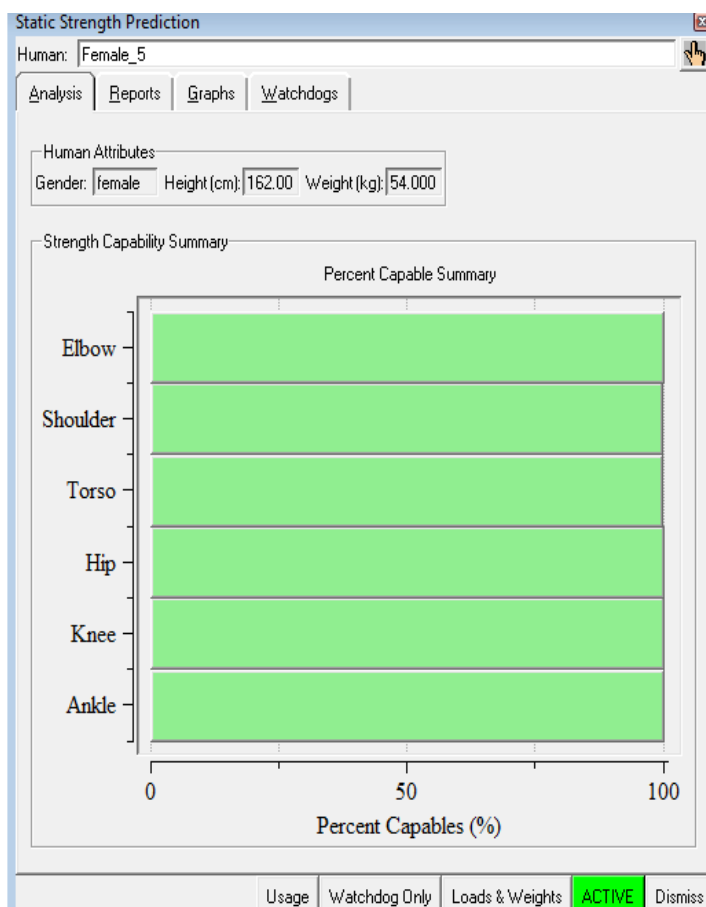
#### **4.27. Analisis Konfigurasi Desain 3A**

Pada analisis konfigurasi desain 3A, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3A ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.27.1. Analisis Konfigurasi Desain 3A Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3A persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil analisis kapabilitas dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan

bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.75** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3A Persentil 5

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 371 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang yaitu

sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.118** Elemen Nilai RULA pada Persentil 5 Konfigurasi 3A

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Untuk nilai RULA total konfigurasi ini sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh

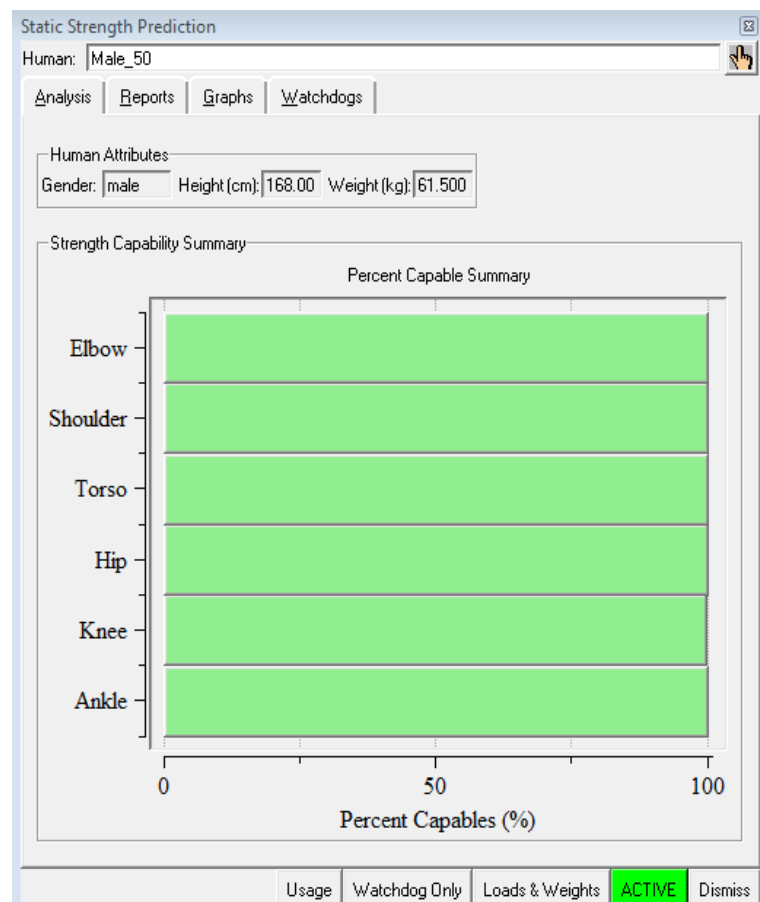


adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3A persentil 5 adalah 0,968, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.27.2. Analisis Konfigurasi Desain 3A Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3A persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.76** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3A Persentil 50

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 553 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS yaitu sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.119** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 50 Konfigurasi 3A

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

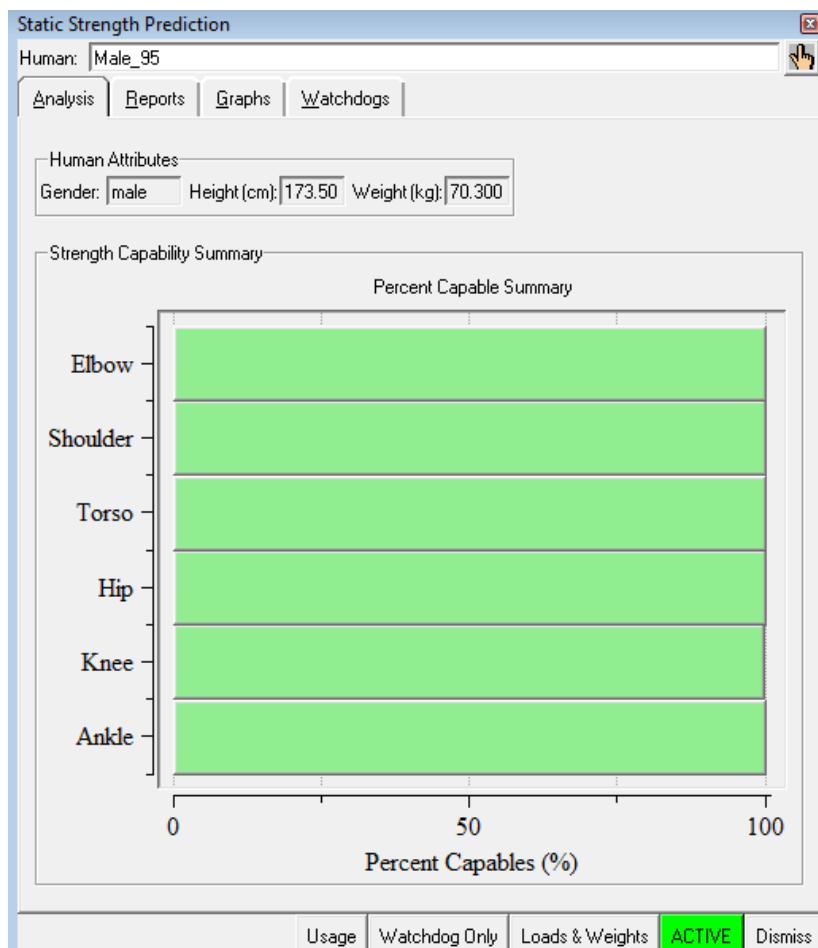
Untuk nilai RULA total adalah sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3A persentil 50 adalah 1,021, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.27.3. Analisis Konfigurasi Desain 3A Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3A persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat

melakukan rangkaian kerja. Dari hasil analisis kapabilitas dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.77** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3A Persentil 95

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 599 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for*

*Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS yaitu sebesar 1-1-1-

1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

**Tabel 4.120** Elemen Nilai RULA pada Operator Persentil 95 Konfigurasi 3A

Elemen nilai RULA	Body Group A				Body Group B		Total
	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	
	1	2	3	1	2	1	3
	<b>Group Score</b>						
	4				2		

Untuk nilai RULA total yang dihasilkan adalah sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang

menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^\circ$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^\circ$ - $20^\circ$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

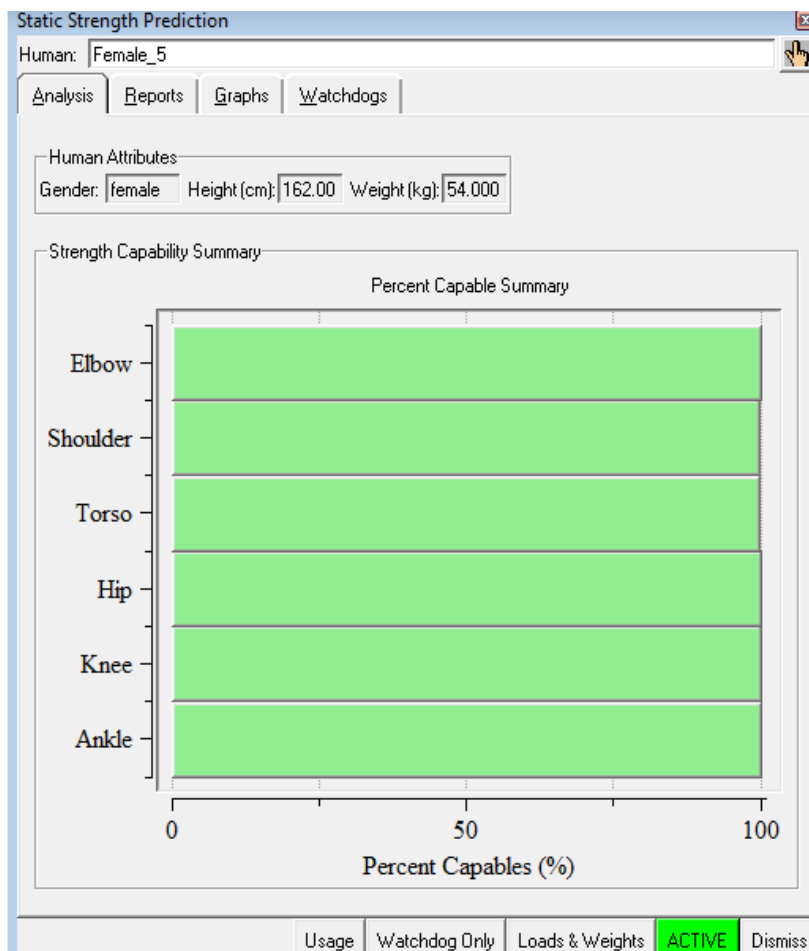
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3A ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3A persentil 95 adalah 1,035, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 95.

#### **4.28. Analisis Konfigurasi Desain 3B**

Pada analisis konfigurasi desain 3B, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3B merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.28.1. Analisis Konfigurasi Desain 3B Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3B persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil analisis kapabilitas dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.78** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3B Persentil 5

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 422 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS yaitu sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus

2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

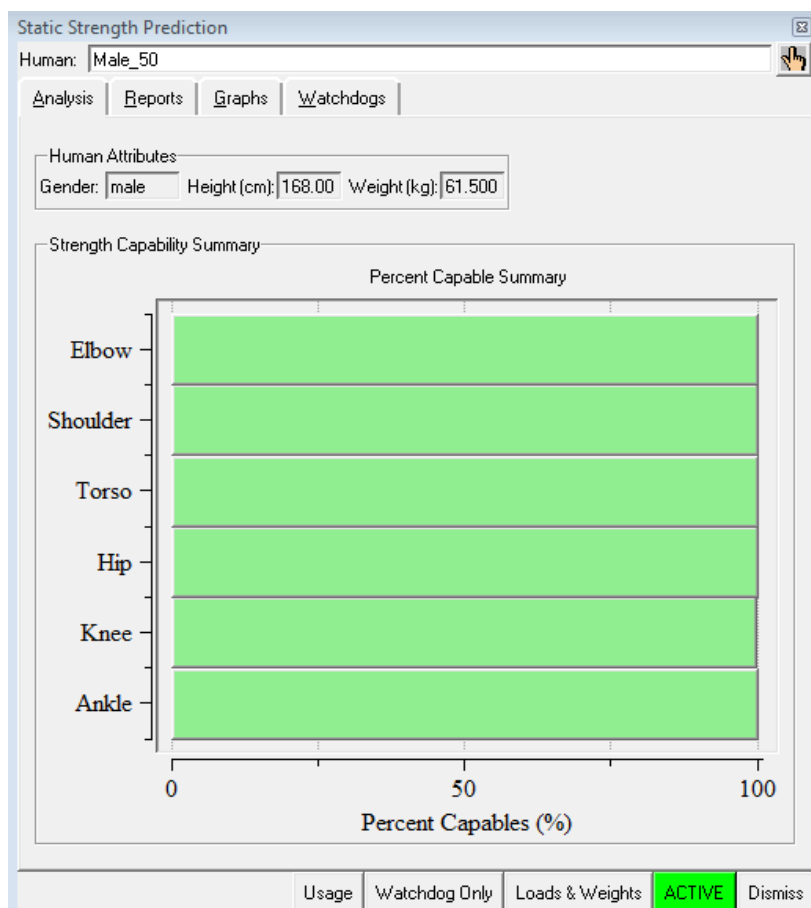
Untuk analisis selanjutnya, yaitu analisis RULA, nilai dari RULA total adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3B persentil 5 adalah 0,983, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.28.2. Analisis Konfigurasi Desain 3B Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3B persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.





**Gambar 4.79** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3B Persentil 50

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 616 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS yaitu sebesar 1-1-1-

1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

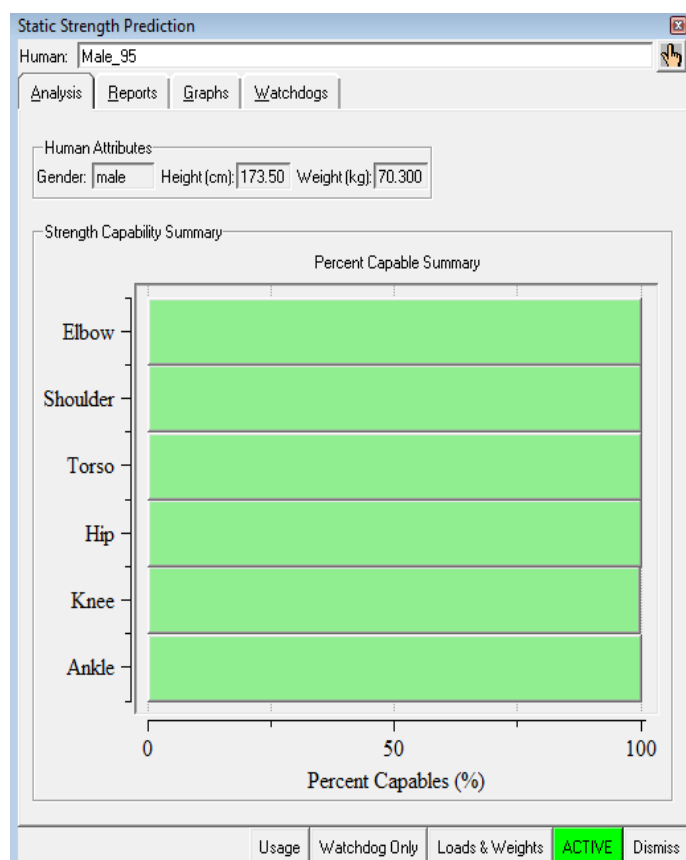
Untuk analisis selanjutnya, yaitu analisis RULA, nilai RULA total adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3B

persentil 50 adalah 1,014, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.28.3. Analisis Konfigurasi Desain 3B Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3B persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.80** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3B Persentil 95

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis*

(LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 578 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk analisis selanjutnya, yaitu analisis nilai RULA, hasil nilai RULA tota adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang

perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

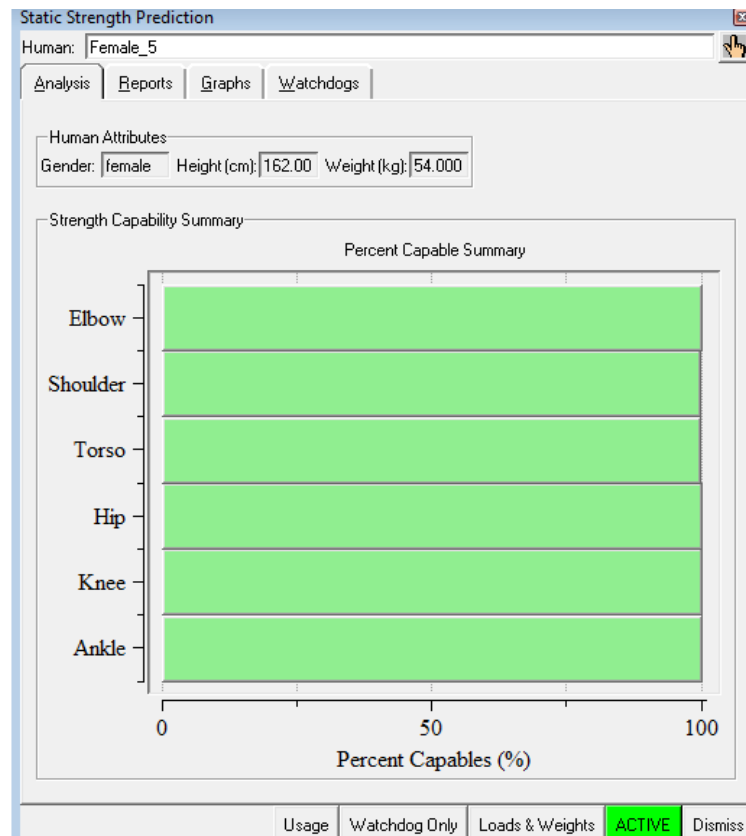
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3B ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3B untuk persentil 95 ini sebesar 1,029, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.29. Analisis Konfigurasi Desain 3C**

Pada analisis konfigurasi desain 3C, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3C ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.29.1. Analisis Konfigurasi Desain 3C Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3C persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.81** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3C Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 461 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini

merupakan nilai dari komponen-komponen nilai OWAS yaitu sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

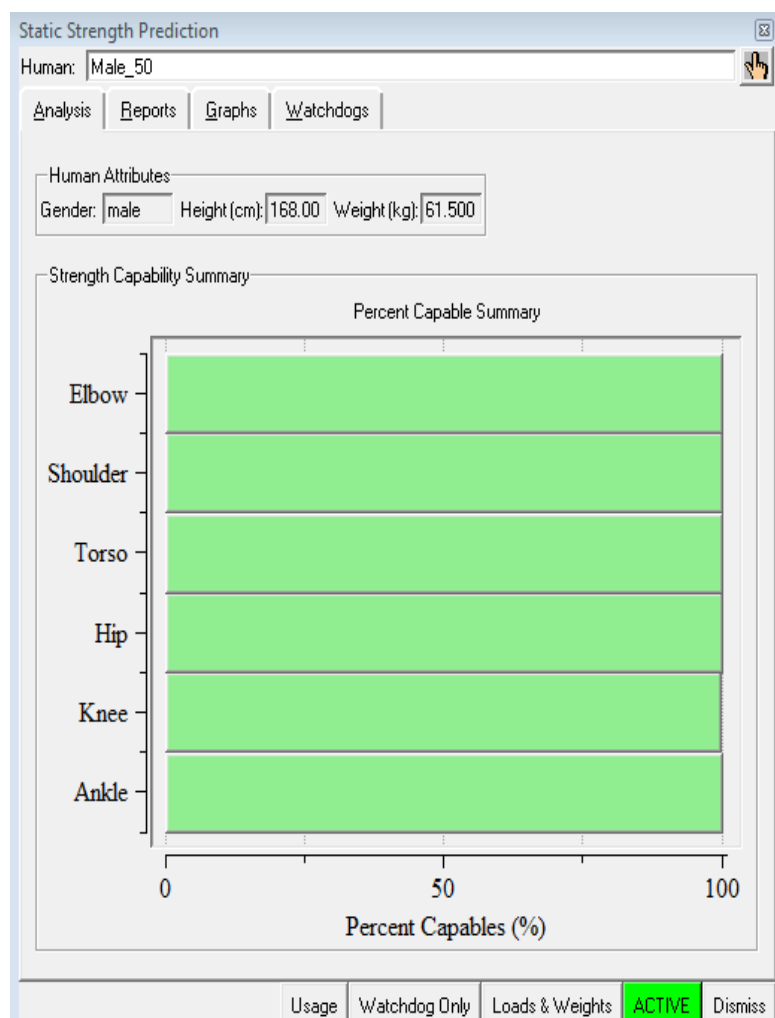
1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk analisis selanjutnya, yaitu nilai RULA total bernilai 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3C persentil 5 adalah 0,985, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.29.2. Analisis Konfigurasi Desain 3C Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3C persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.82** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3C Persentil 50



Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 616 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

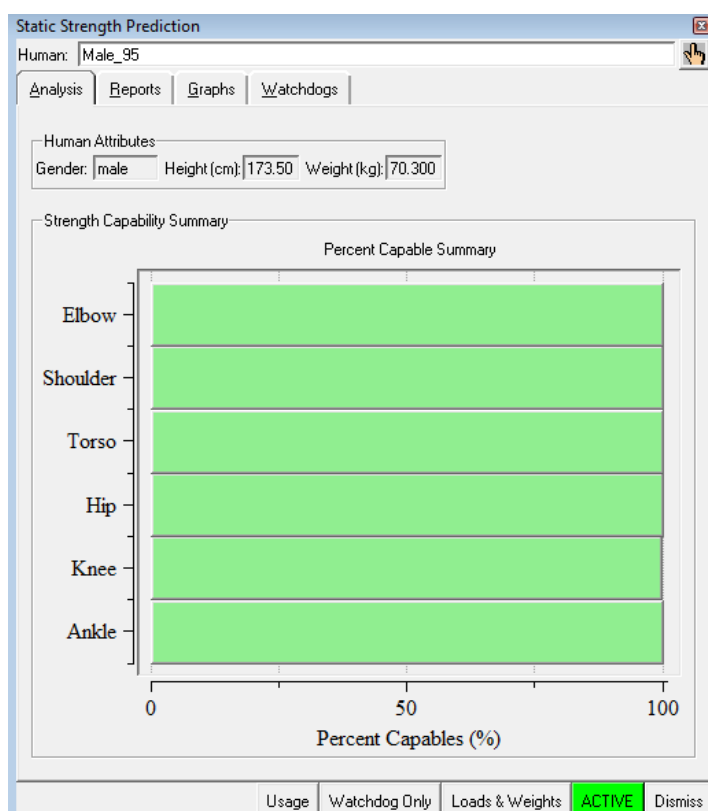
Untuk analisis RULA, nilai RULA total yang dihasilkan adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang

perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3C persentil 50 adalah 1,040, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.29.3. Analisis Konfigurasi Desain 3C Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3C persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.83** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3C Persentil 95

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 681 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS dengan nilai 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk analisis RULA menghasilkan nilai total 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ -

60°. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari 15° dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar 10°-20° dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3C ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3C untuk persentil 95 ini sebesar 1,059, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

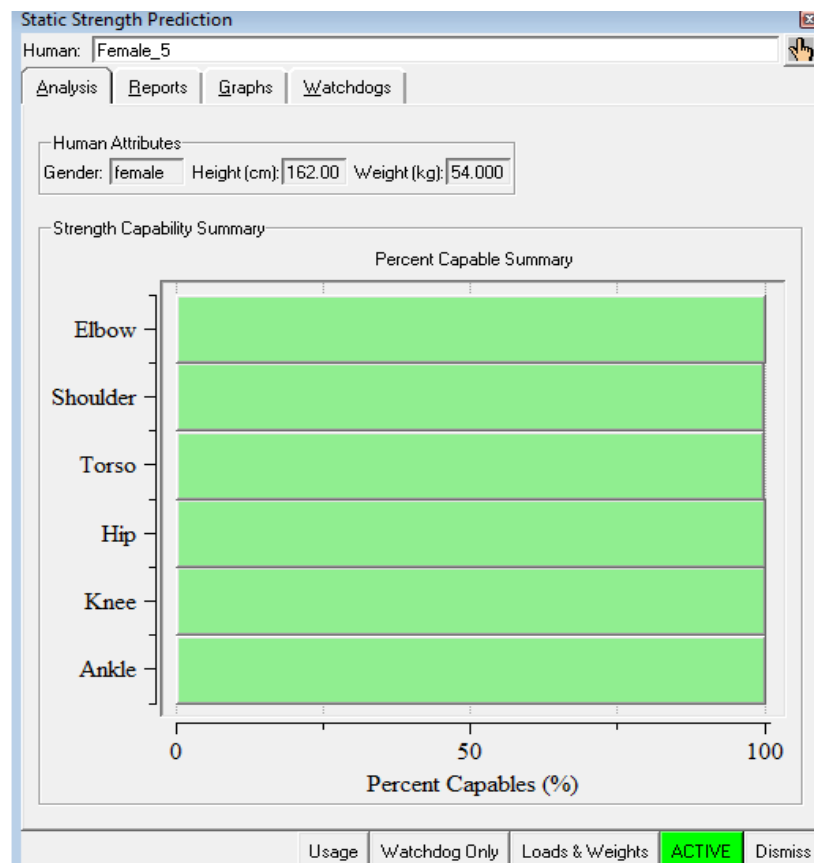
#### **4.30. Analisis Konfigurasi Desain 3D**

Pada analisis konfigurasi desain 3D, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3D ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.30.1. Analisis Konfigurasi Desain 3D Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3D persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction (SSP)*, selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis*

(LBA), *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.



**Gambar 4.84** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3D Persentil 5

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 360 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS kode 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

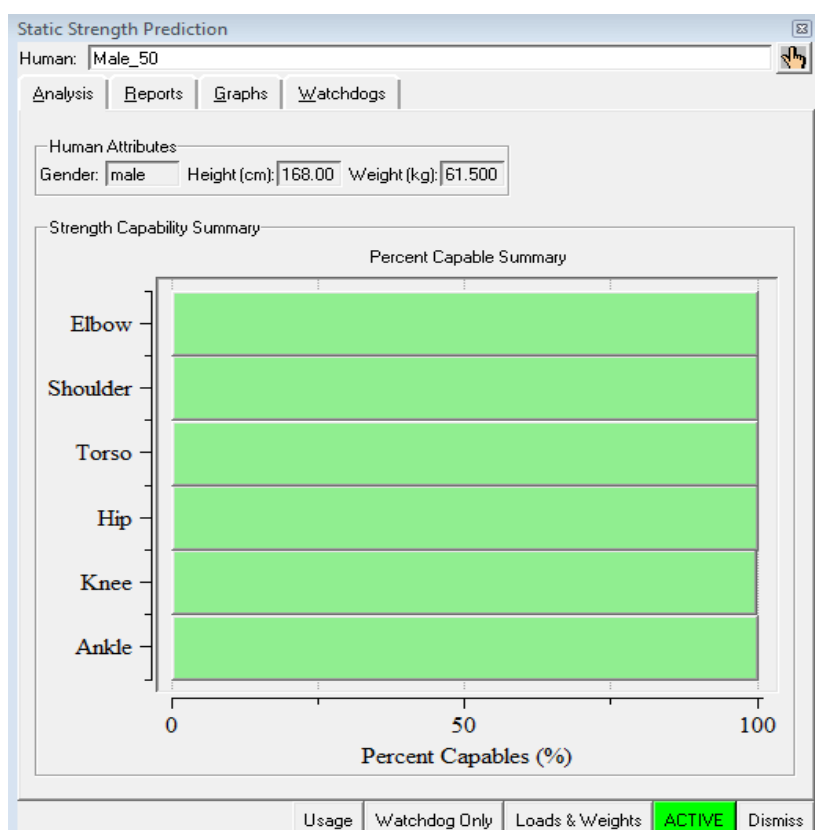
1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Untuk analisis RULA, nilai RULA total yang dihasilkan sebesar 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3D persentil 5 adalah 0,964, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.30.2. Analisis Konfigurasi Desain 3D Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3D persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.85** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3D Persentil 50

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 552 Newton masih berada di

bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah yaitu sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

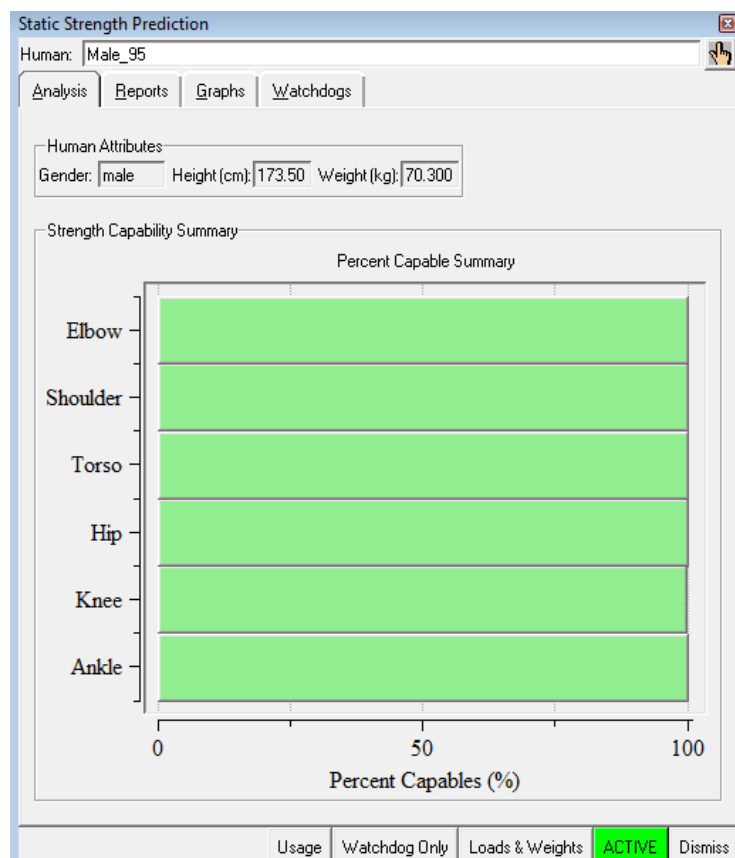
Untuk analisis selanjutnya yaitu RULA, nilai RULA total yang dihasilkan yaitu 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.



Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3D persentil 50 adalah 1,024, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.30.3. Analisis Konfigurasi Desain 3D Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3D persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.86** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3D Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas

yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 563 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai OWAS sebesar 1-1-1-1. Detail nilai dari masing-masing elemen nilai OWAS menunjukkan bahwa:

1. Bagian batang tubuh berada dalam kategori 1, yaitu kondisi batang tubuh berada pada posisi duduk lurus
2. Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kondisi normal dalam skor 1 ini menunjukkan bahwa letak tangan berada di bawah bahu.
3. Bagian tubuh bawah atau kaki berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa model berdiri dengan kedua kaki yang berada pada postur yang cenderung membengkok.
4. Beban yang diterima model termasuk dalam kategori 1, hal ini mengindikasikan bahwa beban tersebut masih berada di bawah 10 kg.

Analisis selanjutnya yaitu analisis RULA, menunjukkan nilai RULA total adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari

15° dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar 10°-20° dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

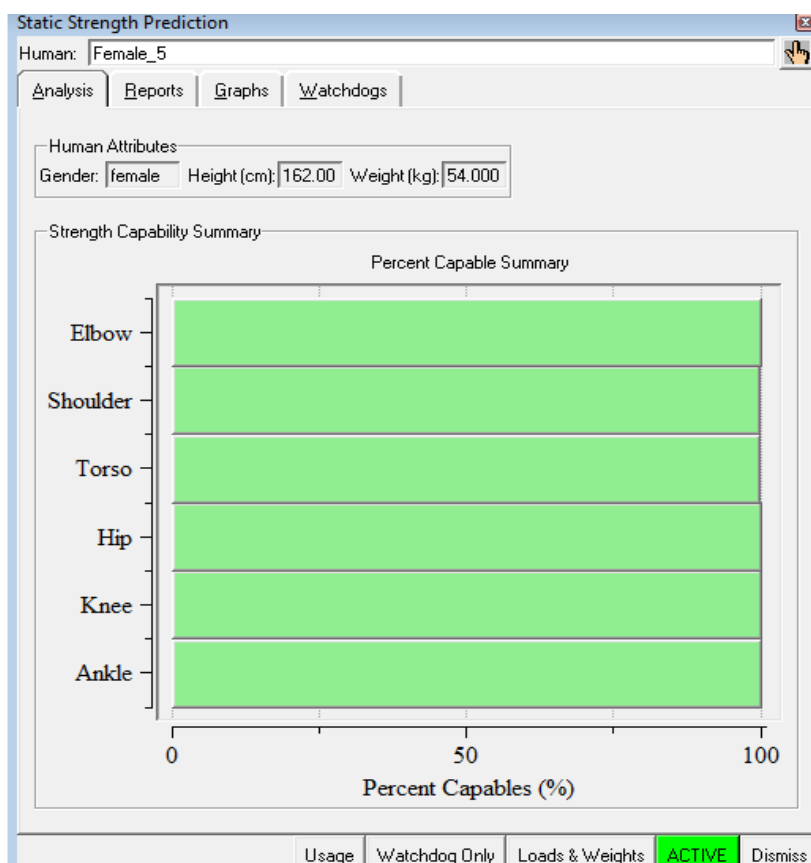
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3D ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3D untuk persentil 95 ini sebesar 1,024, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.31. Analisis Konfigurasi Desain 3E**

Pada analisis konfigurasi desain 3E, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3E ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 75 cm.

##### **4.31.1. Analisis Konfigurasi Desain 3E Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3E persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.87** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3E Persentil 5

Dari hasil analisis dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 565 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

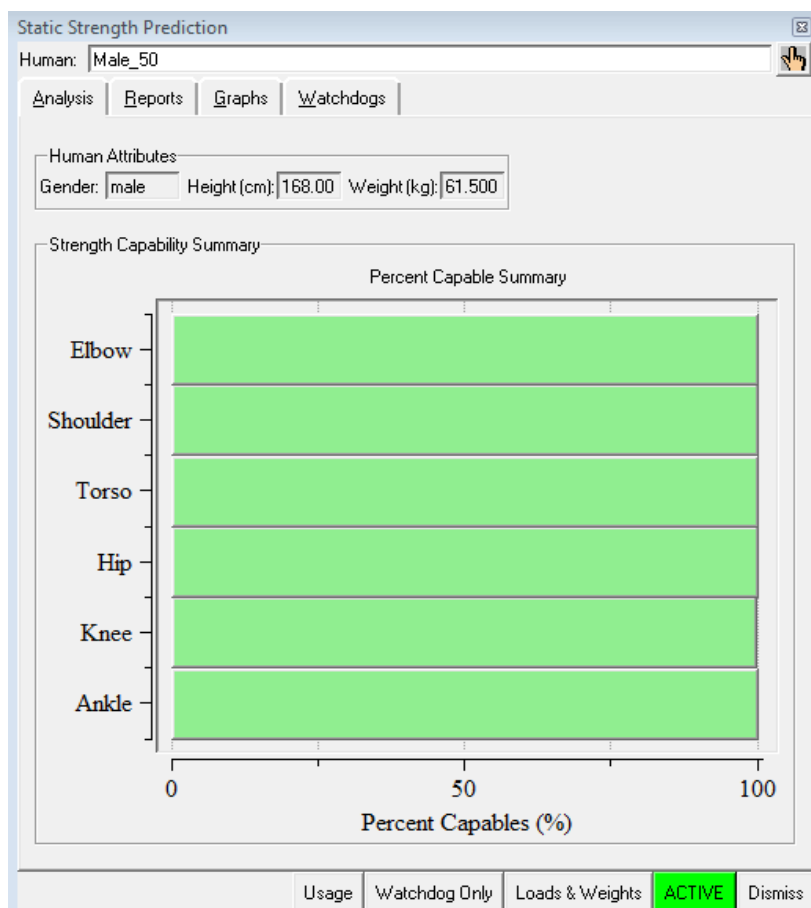
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman. Nilai 1 ini merupakan nilai total dari komponen-komponen nilai yaitu sebesar 1-1-1-1.

Untuk nilai RULA total menunjukkan angka 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3E persentil 5 adalah 1,228 lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.31.2. Analisis Konfigurasi Desain 3E Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3E persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.88** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3E Persentil 50

Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 687 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

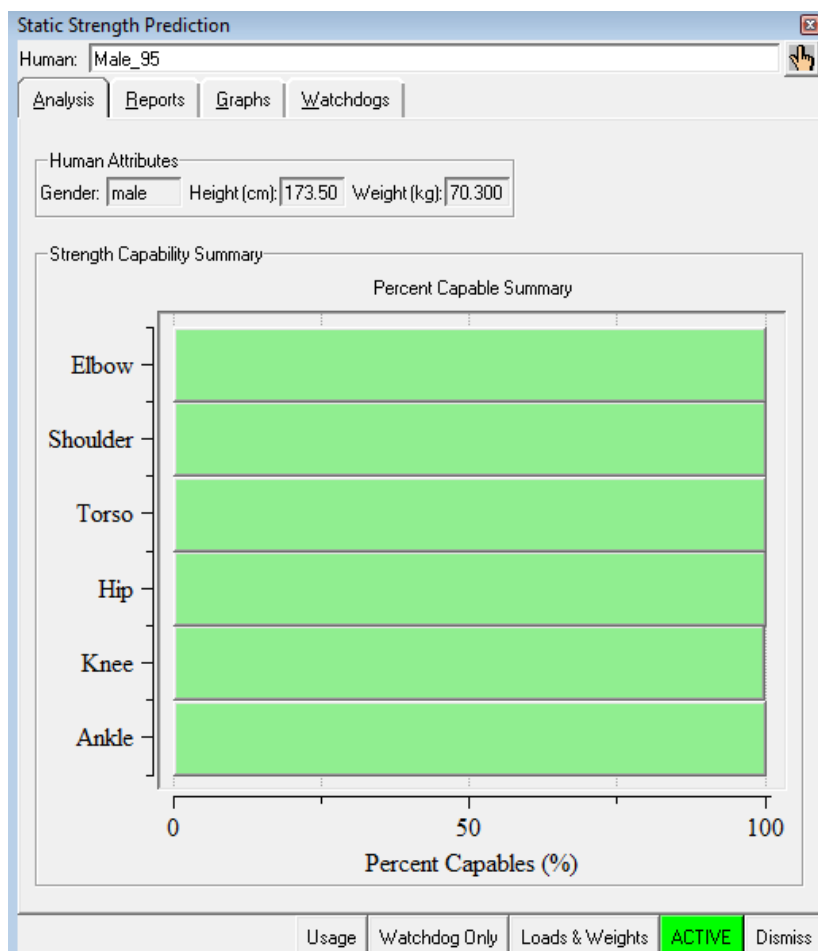
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, skor yang dihasilkan adalah 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3E persentil 50 adalah 1,263, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.31.3. Analisis Konfigurasi Desain 3E Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3E persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.89** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3E Persentil 95

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 722 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.



Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk analisis RULA, nilai totalnya adalah 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3E ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3E untuk persentil 95 ini sebesar 1,274, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

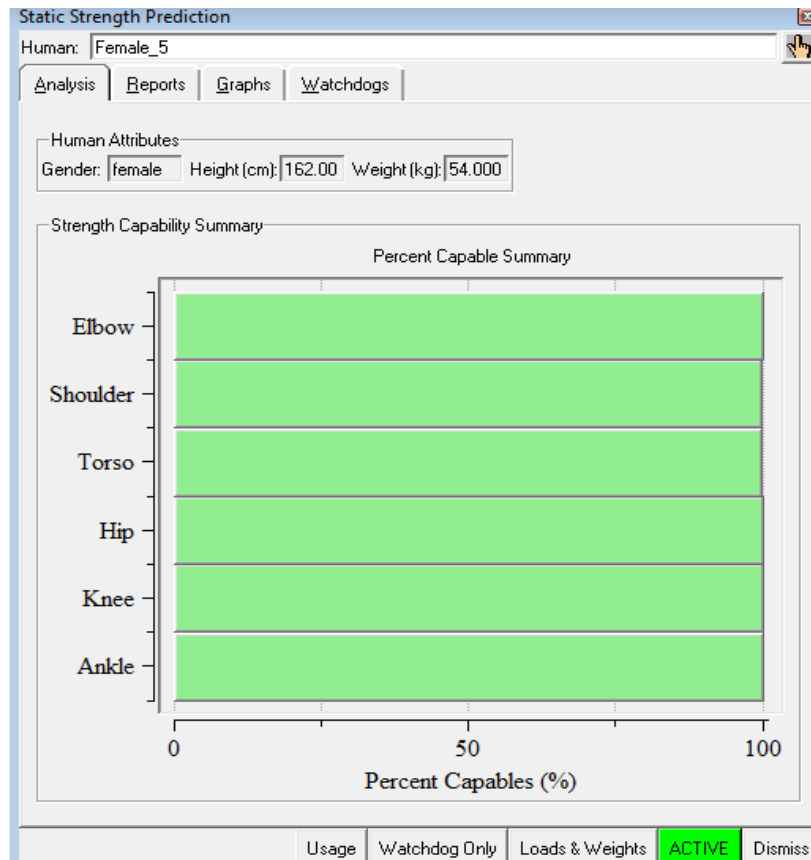
#### **4.32. Analisis Konfigurasi Desain 3F**

Pada analisis konfigurasi desain 3F, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3F ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.32.1. Analisis Konfigurasi Desain 3F Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3F persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan

pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.90** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3F Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 424 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for*

*Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

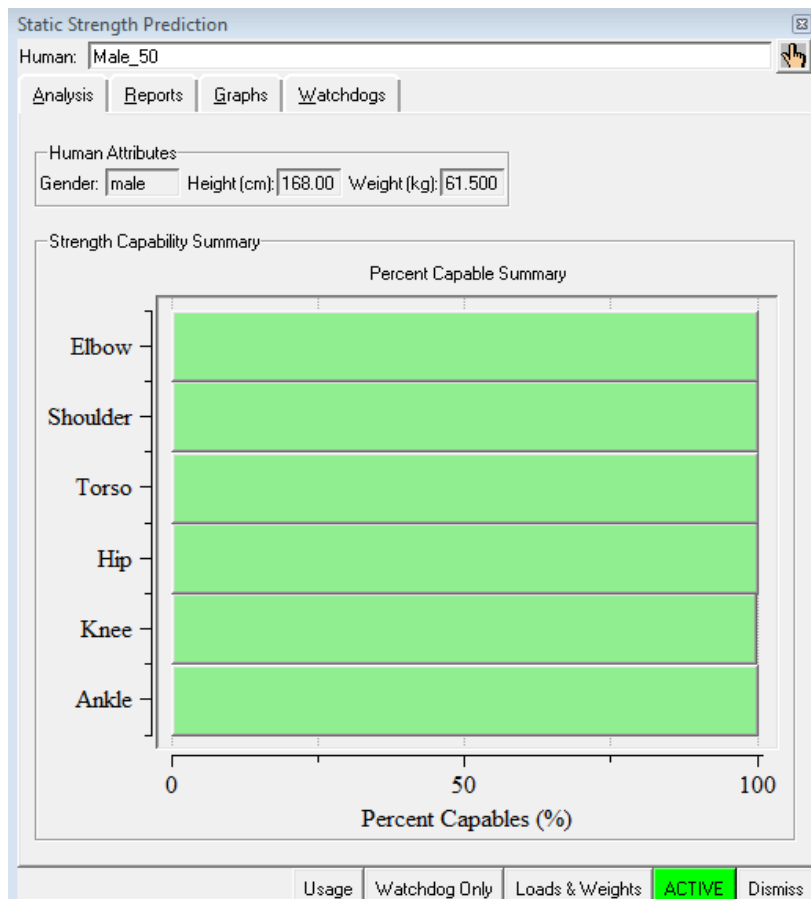
Untuk nilai RULA, nilai total adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan posisi menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 2 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di antara sudut  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3F ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3F persentil 5 adalah 0,983, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.32.2. Analisis Konfigurasi Desain 3F Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3F persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator

Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.91** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3F Persentil 50

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis Sytem* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 506 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

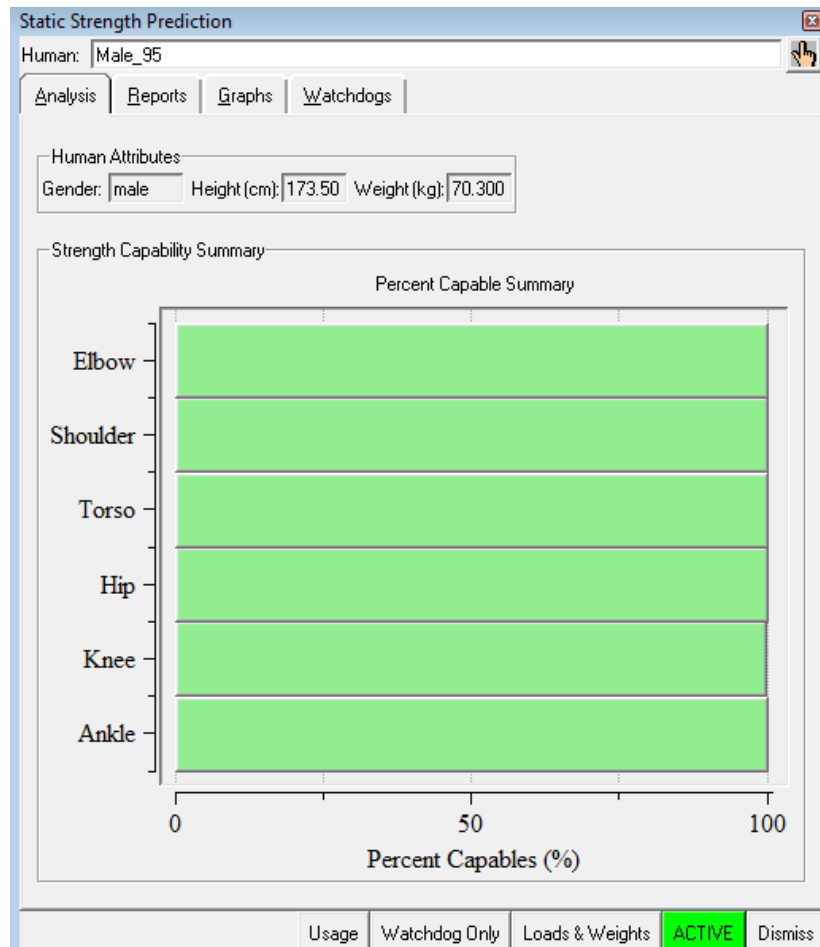
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, skor RULA total menunjukkan angka 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan posisi menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 2 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di antara sudut  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3F ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3F persentil 50 adalah 1,007, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.32.3. Analisis Konfigurasi Desain 3F Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3F persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.92** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3F Persentil 95

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 558 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, skor total menunjukkan angka 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi

untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$  dengan posisi menyamping dari titik tengah. Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 2 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di antara sudut  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3F ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3F persentil 95 adalah 1,023, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 95.

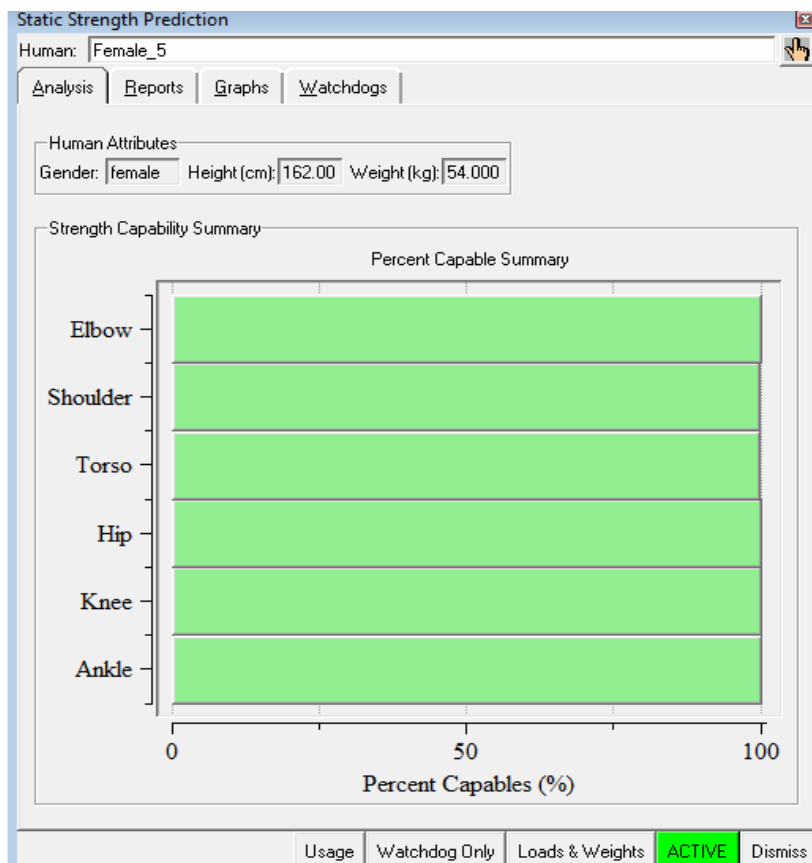
### **4.33. Analisis Konfigurasi Desain 3G**

Pada analisis konfigurasi desain 3G, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3G ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

#### **4.33.1. Analisis Konfigurasi Desain 3G Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3G persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator

Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.93** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3G Persentil 5

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 458 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

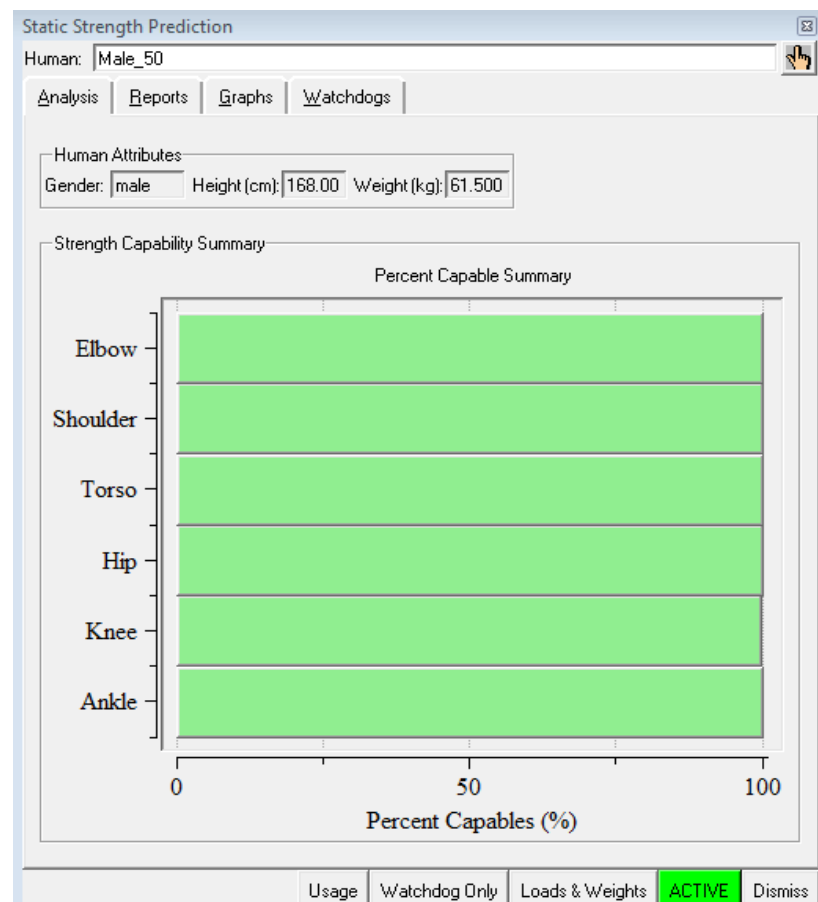


Untuk nilai RULA total dari konfigurasi ini adalah 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 2 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di antara  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3G persentil 5 adalah 1,178 lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.33.2. Analisis Konfigurasi Desain 3G Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3G persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hasil SSP dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.94** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3G Persentil 50

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 521 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, memiliki skor total 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 2 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut antara  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$ , dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3G persentil 50 adalah 1,215, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.33.3. Analisis Konfigurasi Desain 3G Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3G persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari analisis SPP dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).



**Gambar 4.95** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3G Persentil 95

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 579 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk skor nilai RULA total konfigurasi ini adalah 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut di antara  $-15^{\circ}$  sampai  $15^{\circ}$ , dan nilai evaluasi

untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

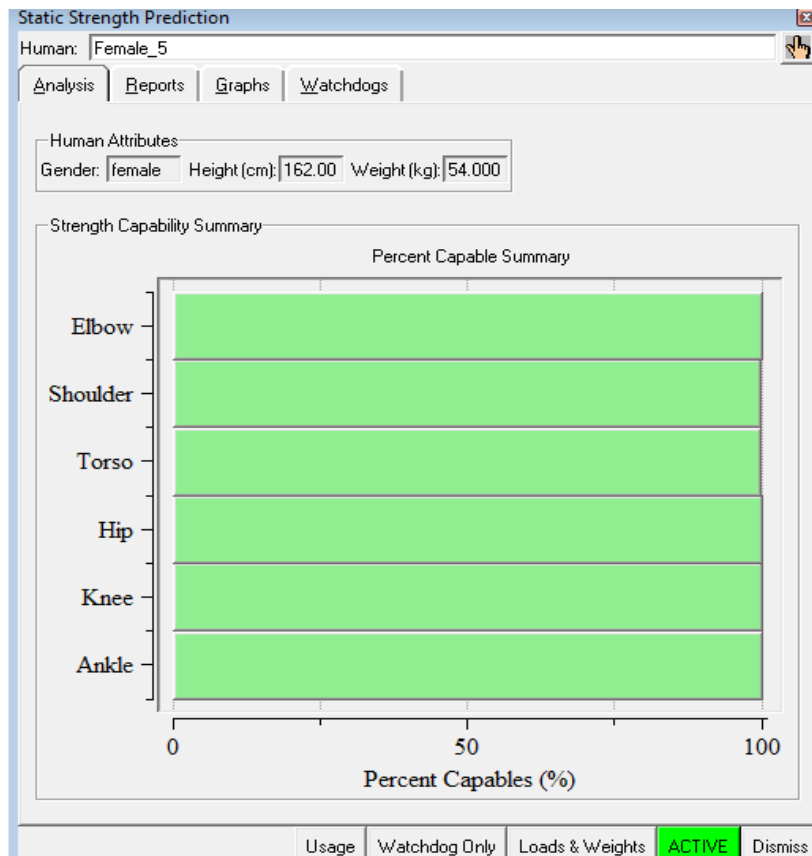
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3G ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3G untuk persentil 95 ini sebesar 1,232, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.34. Analisis Konfigurasi Desain 3H**

Pada analisis konfigurasi desain 3H, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3H ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.34.1. Analisis Konfigurasi Desain 3H Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3H persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis *Static Strength Prediction* (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).



**Gambar 4.96** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3H Persentil 5

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 452 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

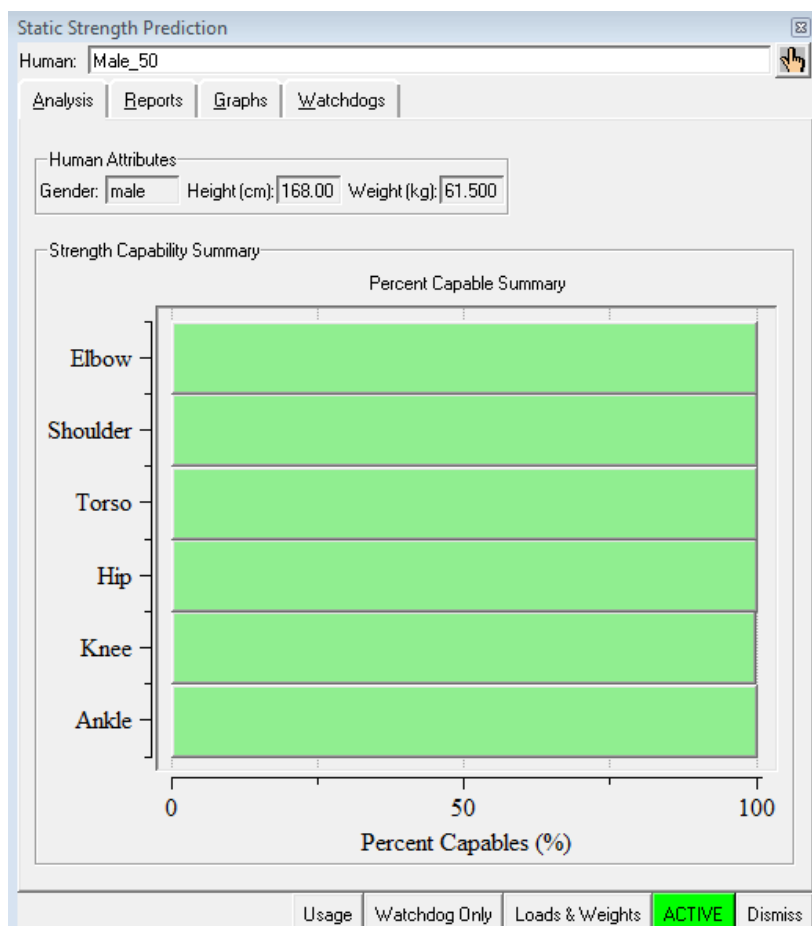
Untuk nilai RULA total dari pengujian ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk

perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3H persentil 5 adalah 0,992, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.34.2. Analisis Konfigurasi Desain 3H Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3H persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.97** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3H Persentil 50

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 574 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.



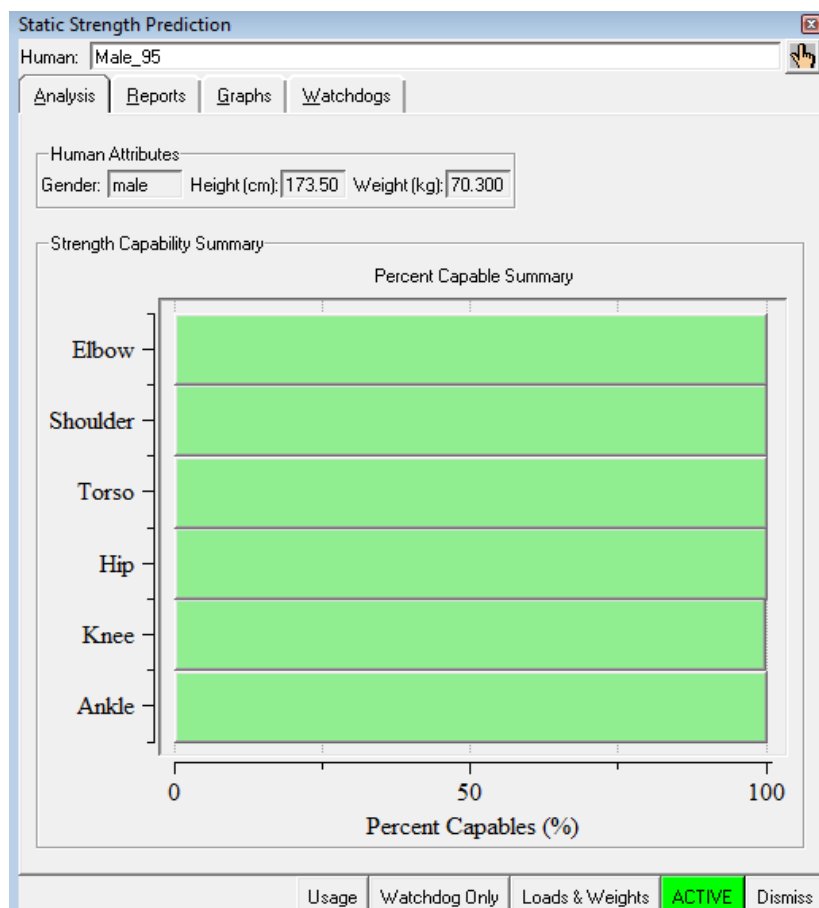
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total, skornya adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$ , dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3H persentil 50 adalah 1,027, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.34.3. Analisis Konfigurasi Desain 3H Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3G persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.98** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3H Persentil 95

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 610 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA total dari pengujian ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3H ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3H untuk persentil 95 ini sebesar 1,038, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

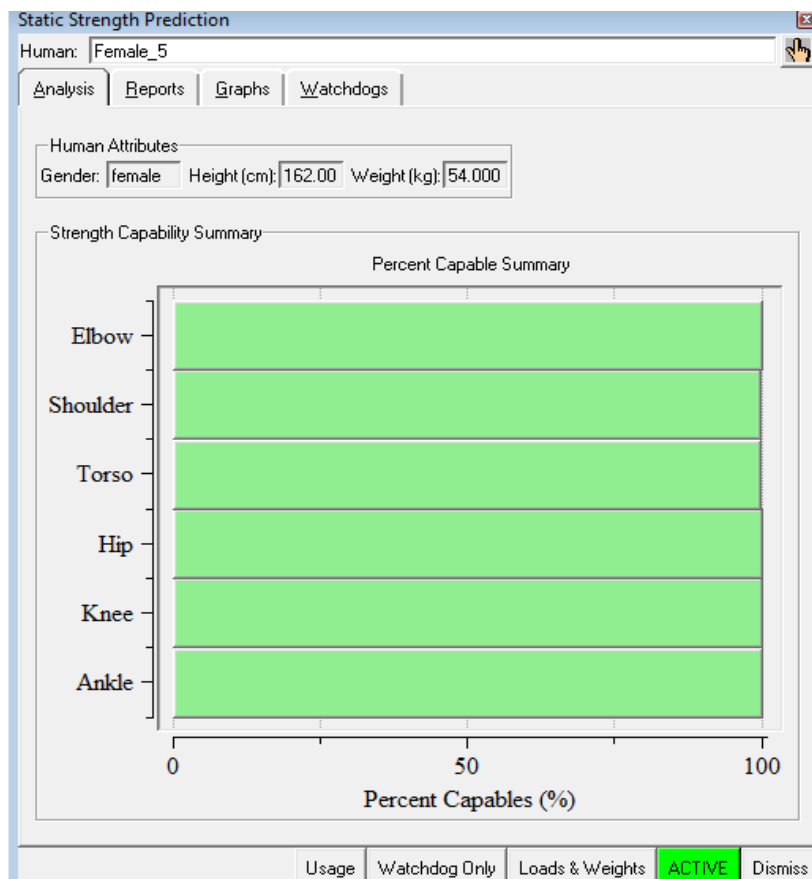
#### **4.35. Analisis Konfigurasi Desain 3I**

Pada analisis konfigurasi desain 3I, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3I ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.35.1. Analisis Konfigurasi Desain 3I Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3I persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan

pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.99** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3I Persentil 5

Dari hal ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 509 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for*

*Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

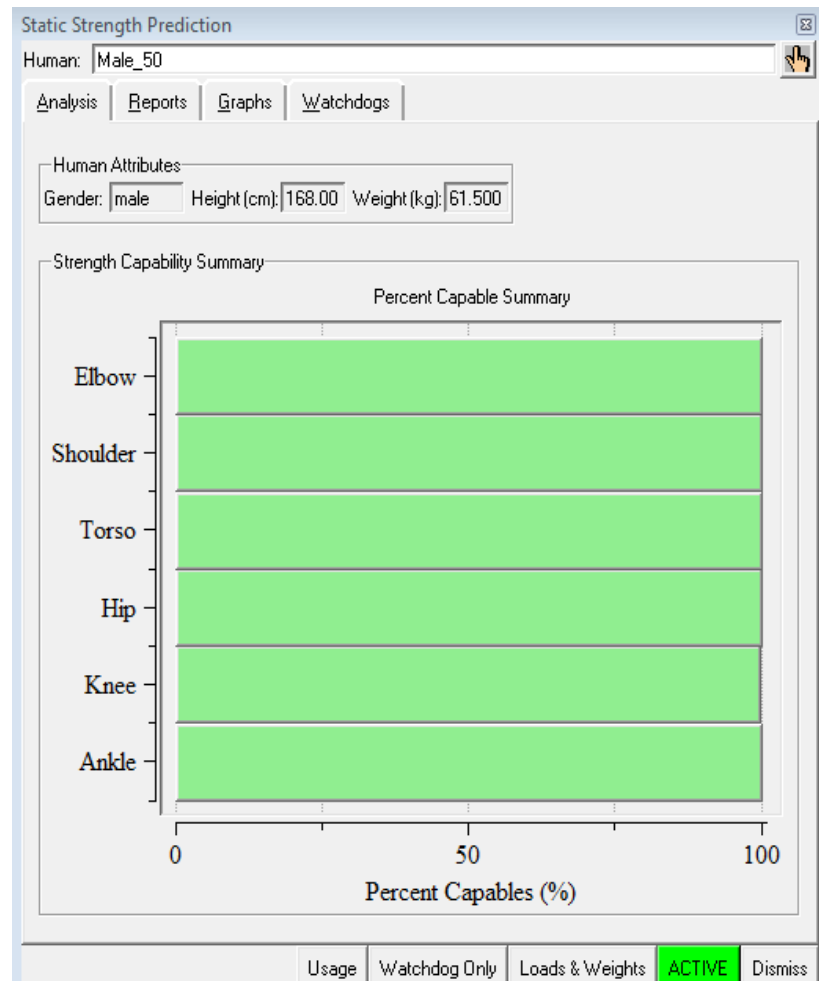
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk pengujian RULA total, skornya adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3I persentil 5 adalah 1,008, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.35.2. Analisis Konfigurasi Desain 3I Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3I persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.100** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3I Persentil 50

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 530 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

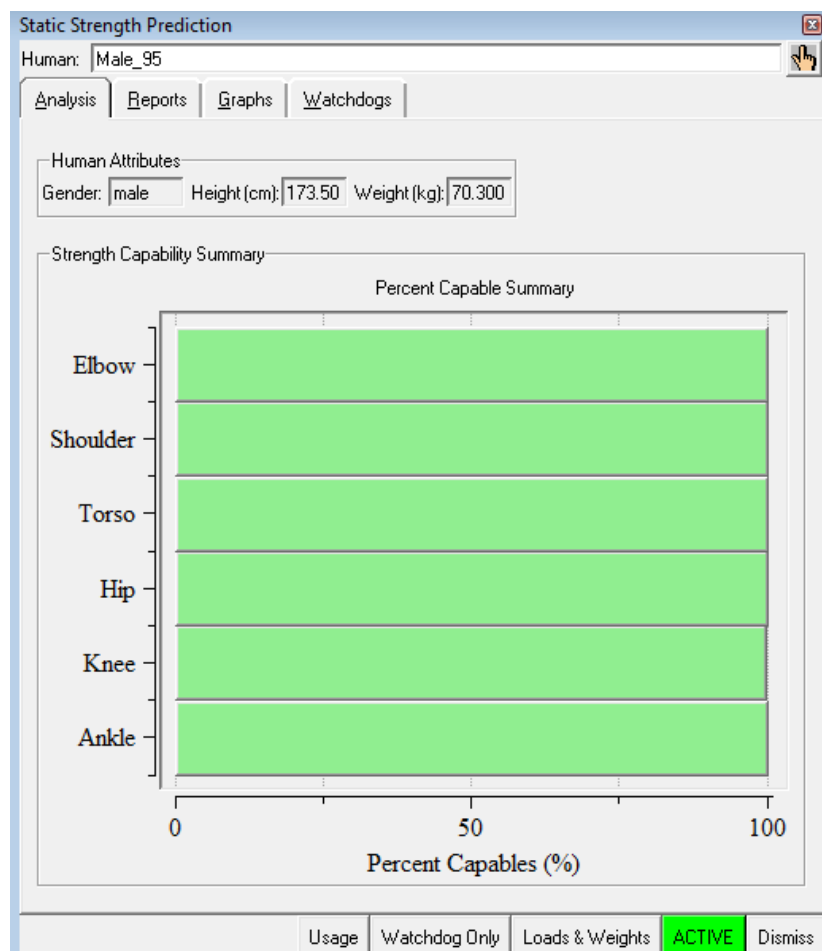
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA dari konfigurasi ini memiliki total skor 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3I persentil 50 adalah 1,014, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.35.3. Analisis Konfigurasi Desain 3I Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3I persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.101** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3I Persentil 95

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 577 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.



Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai total RULA konfigurasi ini adalah 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3I ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3I untuk persentil 95 ini sebesar 1,028, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

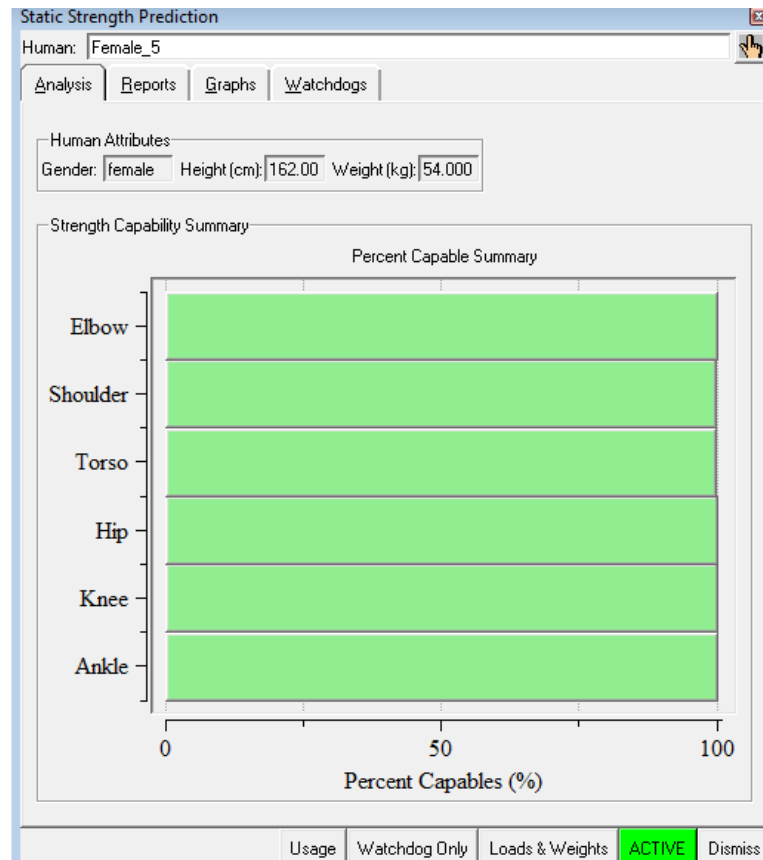
#### **4.36. Analisis Konfigurasi Desain 3J**

Pada analisis konfigurasi desain 3J, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3J ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 70 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.36.1. Analisis Konfigurasi Desain 3J Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3J persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan

pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.102** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3J Persentil 5

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 548 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for*

*Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

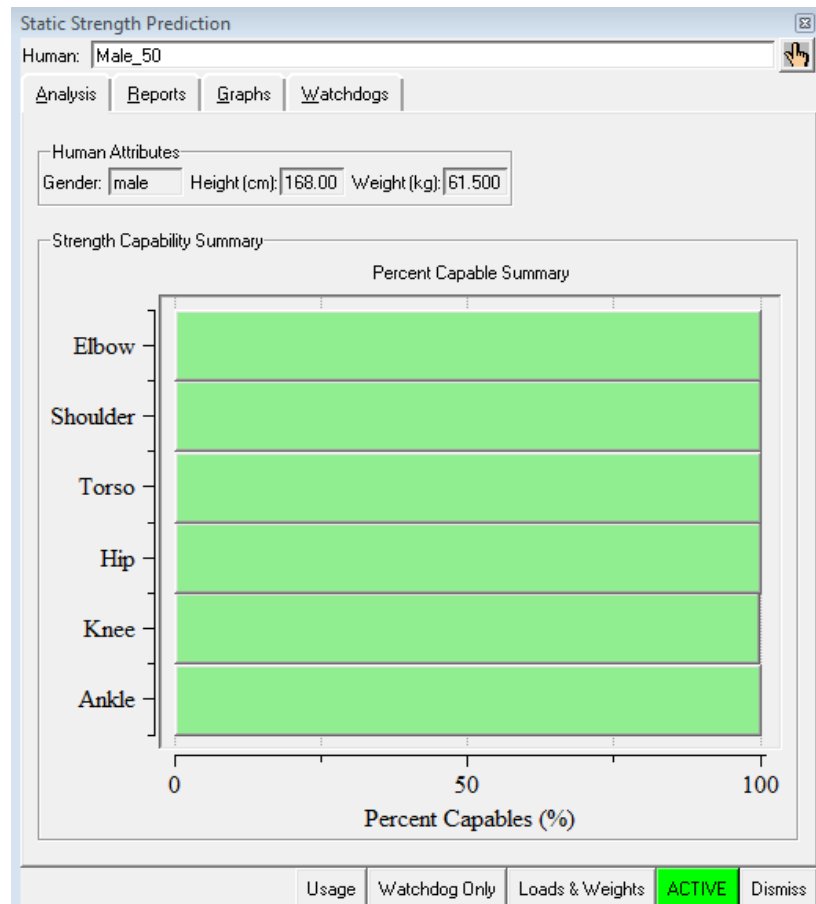
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk total skor RULA pengujian ini adalah 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3J persentil 5 adalah 1,223, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.36.2. Analisis Konfigurasi Desain 3J Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3J persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.103** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3J Persentil 50

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 687 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

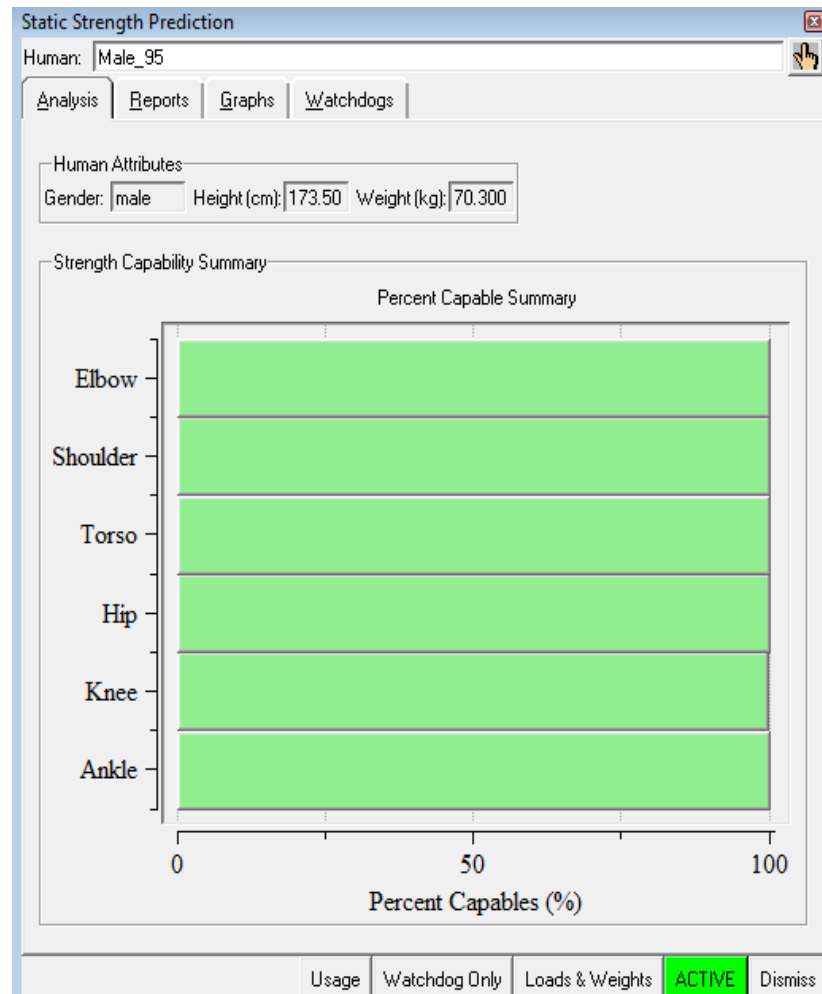
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai skor RULA total konfigurasi ini adalah 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3J persentil 50 adalah 1,263, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.36.3. Analisis Konfigurasi Desain 3J Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3J persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Dari pengujian SSP yang terdapat pada gambar di bawah, disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.104** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3J Persentil 95

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 722 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk pengujian ini, nilai RULA yang dihasilkan adalah sebesar 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

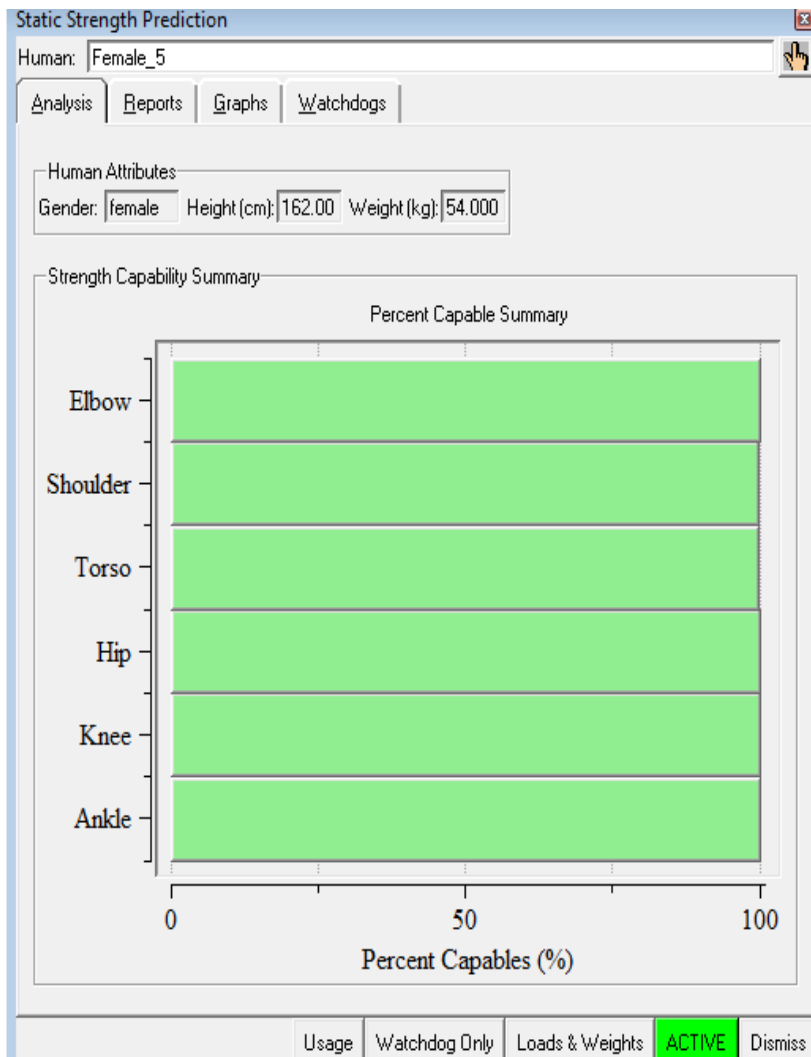
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3J ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3J untuk persentil 95 ini sebesar 1,274, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.37. Analisis Konfigurasi Desain 3K**

Pada analisis konfigurasi desain 3K, analisis untuk konfigurasi stasiun kerja ini diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi desain 3K ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah 74 cm.

##### **4.37.1. Analisis Konfigurasi Desain 3K Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3K persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.105** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3K Persentil 5

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 402 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for*



*Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

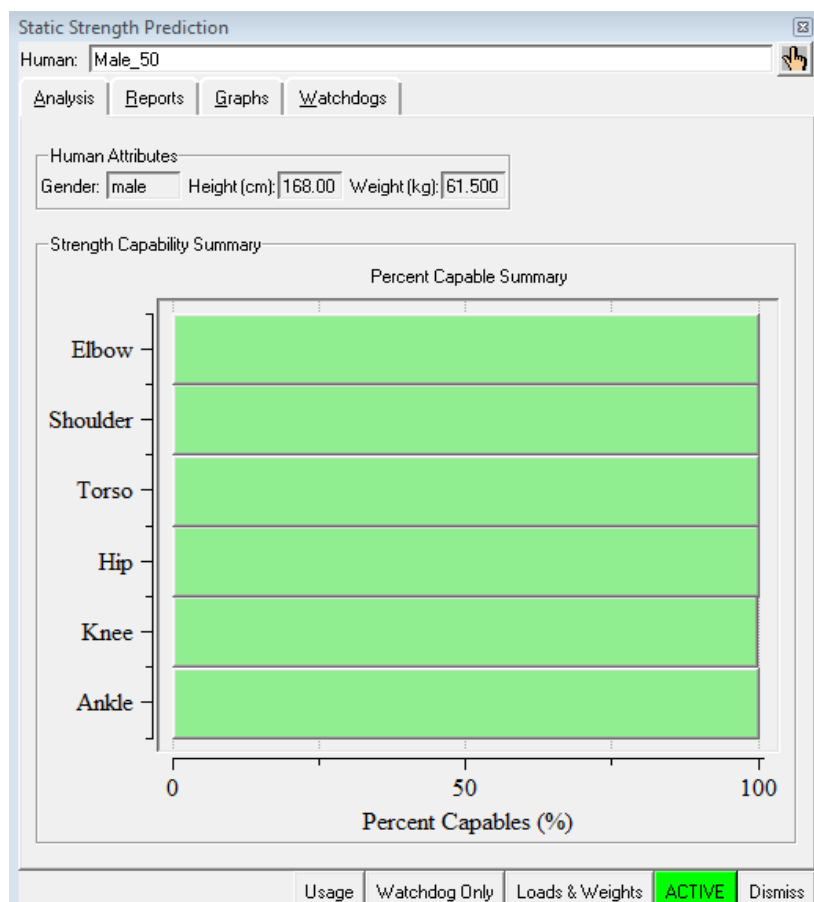
Untuk nilai RULA total dari pengujian ini adalah 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3K persentil 5 adalah 1,180, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.37.2. Analisis Konfigurasi Desain 3K Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3K persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Untuk grafik SSP bisa dilihat dari gambar di bawah. Dari grafik SSP ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan

persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.106** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3K Persentil 50

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture Analysis Sytem* (OWAS) dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 486 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

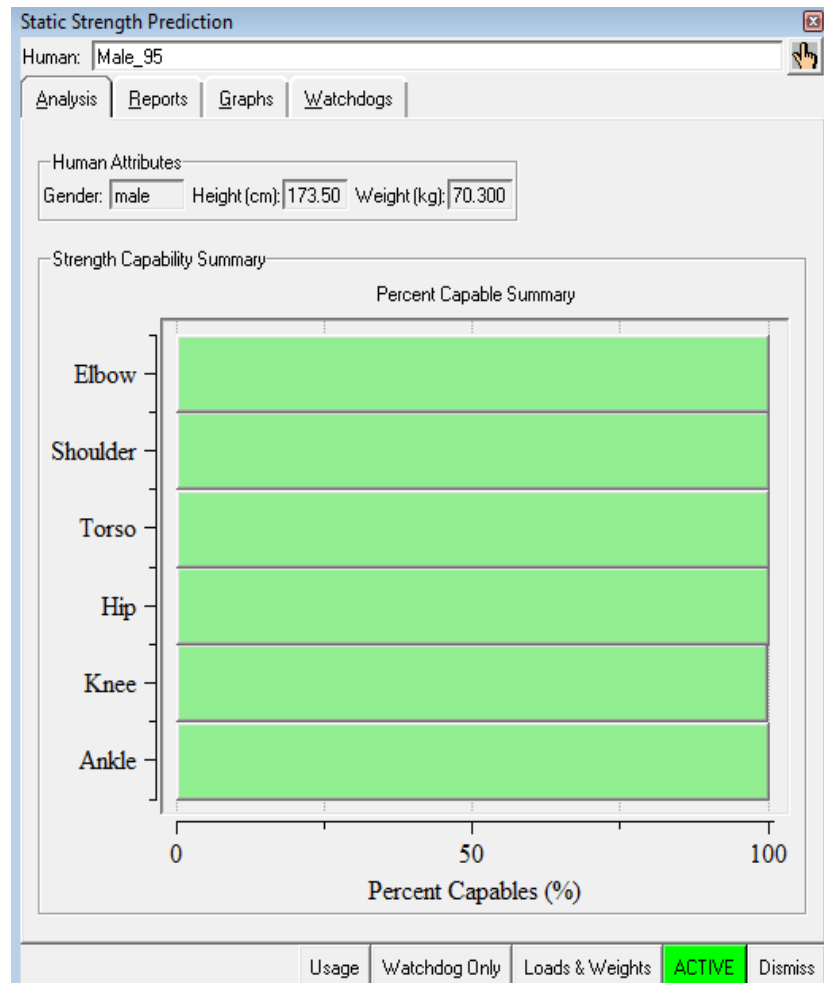
Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, dari pengujian ini didapatkan skor total yaitu 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3K persentil 50 adalah 1,204, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.37.3. Analisis Konfigurasi Desain 3K Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3K persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Untuk grafik SSP bisa dilihat dari gambar di bawah. Dari grafik SSP ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.107** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3K Persentil 95

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 543 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, dari pengujian ini didapatkan nilai 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 2, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $20^{\circ}$ - $45^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 3 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi lebih dari  $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 2, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

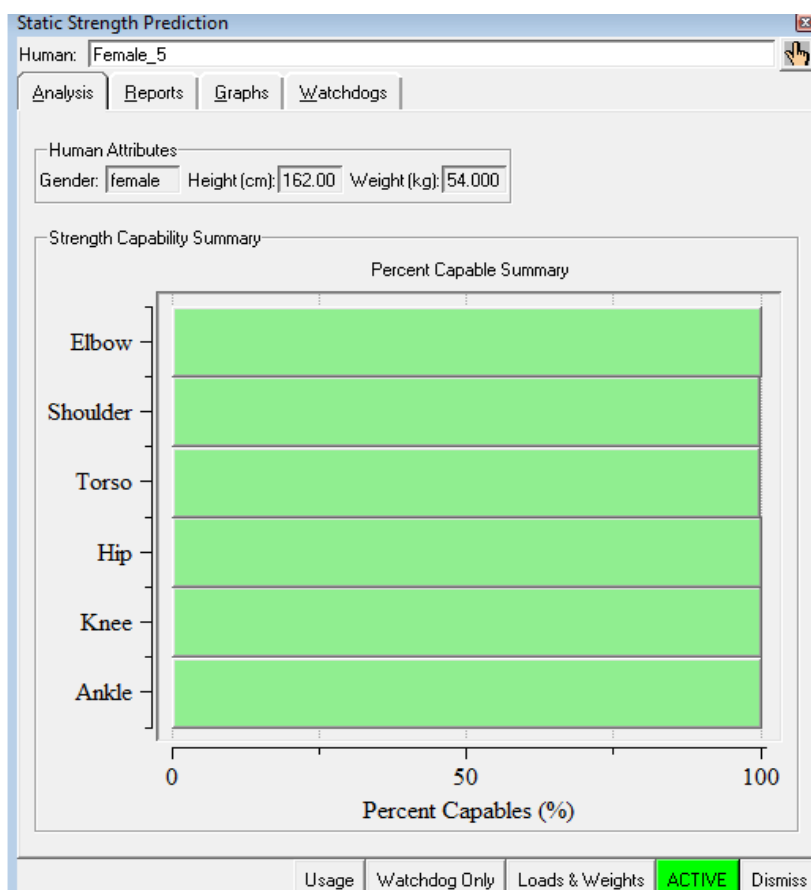
Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3K ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3K untuk persentil 95 ini sebesar 1,221, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

#### **4.38. Analisis Konfigurasi Desain 3L**

Pada analisis konfigurasi desain 3L, merupakan analisis dari konfigurasi terakhir dari jumlah 36 konfigurasi. Untuk analisis ini, seperti analisis sebelumnya juga diuji pada 3 jenis persentil orang yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. Konfigurasi ini merupakan desain dengan kombinasi faktor berubah yaitu tinggi dudukan kursi 47 cm, tinggi meja 75 cm, tinggi sandaran kaki 10 cm, dan tinggi jendela dari tanah 78 cm.

##### **4.38.1. Analisis Konfigurasi Desain 3L Persentil 5 dengan SPP dan PEI**

Analisis konfigurasi desain 3L persentil 5 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja.



**Gambar 4.108** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3L Persentil 5

Dari hasil ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 5 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja. Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 436 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA, konfigurasi ini memiliki total nilai yaitu 3. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3L persentil 5 adalah 0,987, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 5.

#### 4.38.2. Analisis Konfigurasi Desain 3L Persentil 50 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3L persentil 50 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Untuk grafik SSP bisa dilihat dari gambar di bawah. Dari grafik SSP ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 50 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.109** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3L Persentil 50

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 503 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk pengujian nilai RULA dari konfigurasi ini didapatkan hasil skor total 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini

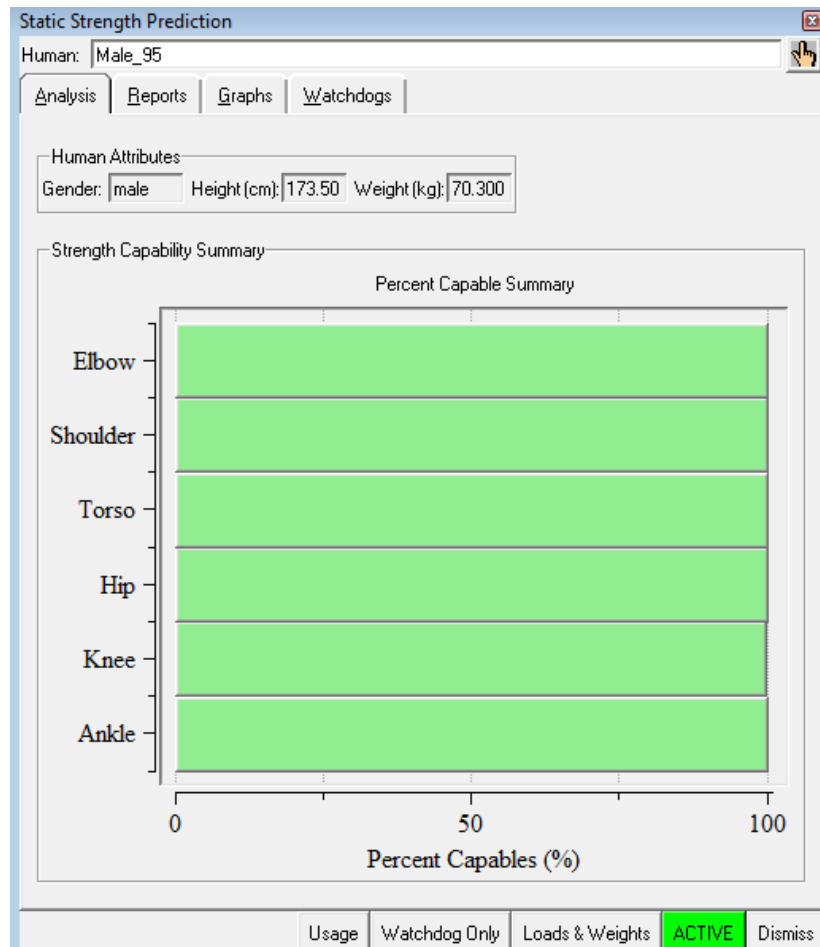


berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3L persentil 50 adalah 1,007, lebih rendah dibandingkan kondisi PEI stasiun kerja aktual untuk persentil 50.

#### 4.38.3. Analisis Konfigurasi Desain 3L Persentil 95 dengan SPP dan PEI

Analisis konfigurasi desain 3L persentil 95 dimulai dengan menganalisis nilai SSP atau *Static Strength Prediction*. Analisis dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap nilai kapabilitas yang ditimbulkan oleh postur pada saat melakukan rangkaian kerja. Untuk grafik SSP bisa dilihat dari gambar di bawah. Dari grafik SSP ini dapat disimpulkan pengujian ini valid, karena nilai persen kapabilitas untuk hampir semua bagian tubuh adalah 100%. Persen kapabilitas yang lebih dari 90% ini menandakan bahwa mayoritas operator Indonesia dengan persentil 95 memiliki kekuatan yang dibutuhkan untuk melakukan rangkaian gerakan operasi kerja.



**Gambar 4.110** Persentase Kapabilitas SSP Konfigurasi 3L Persentil 95

Setelah dilakukan analisis Static Strength Prediction (SSP), selanjutnya akan dianalisis nilai *Lower Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis Sytem (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*.

Untuk nilai LBA, merupakan nilai yang menunjukkan tekanan kompresi yang dialami oleh tubuh. Hasil LBA yaitu sebesar 555 Newton masih berada di bawah nilai batas toleransi yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* sebesar 3400 Newton, yang merupakan batas nilai beban ideal untuk punggung yang dapat diterima oleh manusia.

Untuk nilai OWAS yang memberikan referensi kenyamanan postur operator pada saat melakukan rangkaian kerja dalam simulasi ini menunjukkan nilai 1 yang berarti postur tergolong dalam kondisi aman dan nyaman.

Untuk nilai RULA dari pengujian konfigurasi ini didapatkan nilai yaitu 4. Detail nilai masing-masing elemen RULA dapat dianalisis yaitu pada kelompok

A, nilai evaluasi untuk lengan bagian atas model sebesar 1, hal ini berarti lengan atas menyimpang membentuk sudut  $0^{\circ}$ - $20^{\circ}$ , nilai evaluasi untuk lengan bawah model sebesar 2 yang menyatakan bahwa lengan bagian bawah mengalami flexi sebesar lebih dari  $0^{\circ}$ - $60^{\circ}$ . Nilai untuk pergelangan tangan model sebesar 3 yang menyatakan bahwa pergelangan tangan berada di sudut lebih dari  $15^{\circ}$  dan nilai evaluasi untuk perputaran pergelangan model adalah bernilai 1, hal ini menunjukkan bahwa perputaran yang terjadi masih berada pada tengah rentang perputaran. Pada kelompok B, nilai evaluasi RULA untuk leher adalah 2 yang berarti bahwa leher menunduk ke bawah sebesar  $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$  dan nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh adalah 1 yang berarti bahwa batang tubuh pada postur ditopang dengan sandaran yang baik.

Untuk memberikan gambaran secara lebih menyeluruh mengenai tingkat kenyamanan dari stasiun kerja konfigurasi 3L ini dan juga risiko cedera yang mungkin ditimbulkan, maka nilai-nilai ergonomi LBA, OWAS dan RULA ditransformasikan menjadi nilai PEI. Nilai PEI untuk stasiun kerja konfigurasi 3L untuk persentil 95 ini sebesar 1,022, lebih rendah dibandingkan nilai PEI stasiun kerja aktual.

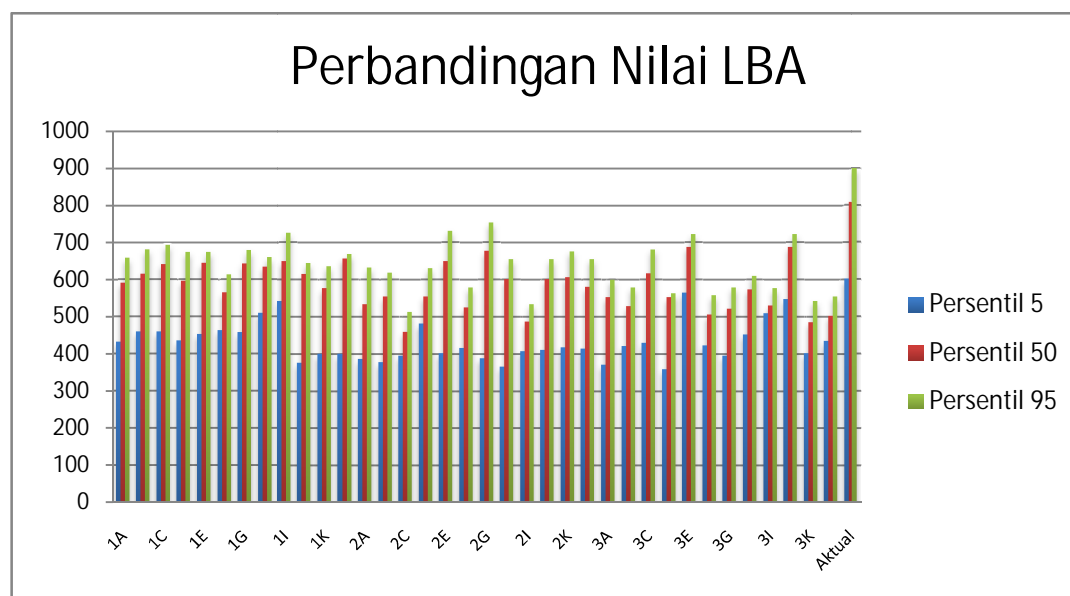
#### **4.39. Analisis Perbandingan Nilai Ergonomi**

Pada bagian ini akan di jelaskan analisis perbandingan antara hasil PEI yang diperoleh dari setiap rekapitulasi setiap konfigurasi. Perbandingan juga dilakukan untuk ketiga jenis persentil tubuh yaitu persentil 5, 50, dan 95.

##### **4.39.1. Analisa Perbandingan Rekapitulasi Nilai PEI Seluruh Konfigurasi**

Setelah melakukan perhitungan nilai PEI dari desain aktual stasiun kerja tol sampai dengan kombinasi ke 36, selanjutnya konfigurasi-konfigurasi tersebut dapat dibandingkan hasil yang diperoleh antara hasil konfigurasi yang satu dengan yang lainnya. Perbandingan ini dilakukan untuk mencari konfigurasi manakah yang memiliki nilai PEI paling rendah. Konfigurasi yang memiliki nilai PEI paling rendah menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut merupakan desain yang paling ergonomis dibandingkan dengan konfigurasi desain yang lainnya bagi operator tol.

Dalam perhitungan PEI, komponen LBA merupakan faktor yang cukup penting dalam mempengaruhi nilai PEI. Untuk perbandingan nilai PEI dapat dilihat dari grafik. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai LBA yang paling besar pada persentile 5, 50, dan 95 terletak pada konfigurasi aktual. Hal ini menandakan dengan konfigurasi aktual ternyata memiliki resiko cedera yang lebih tinggi dibandingkan desain lainnya. Untuk nilai LBA yang paling kecil untuk persentil 5 terdapat pada konfigurasi 2. Hal ini berarti konfigurasi 2 memiliki resiko cedera pada tulang belakang paling kecil jenis persentil 5, karena dimensinya yang lebih sesuai dengan persentil 5. Untuk persentil 50 dan 95, nilai LBA yang paling kecil berada pada konfigurasi 2C. Hal ini karena dimensi dari stasiun kerja yang lebih sesuai dengan persentil tersebut.

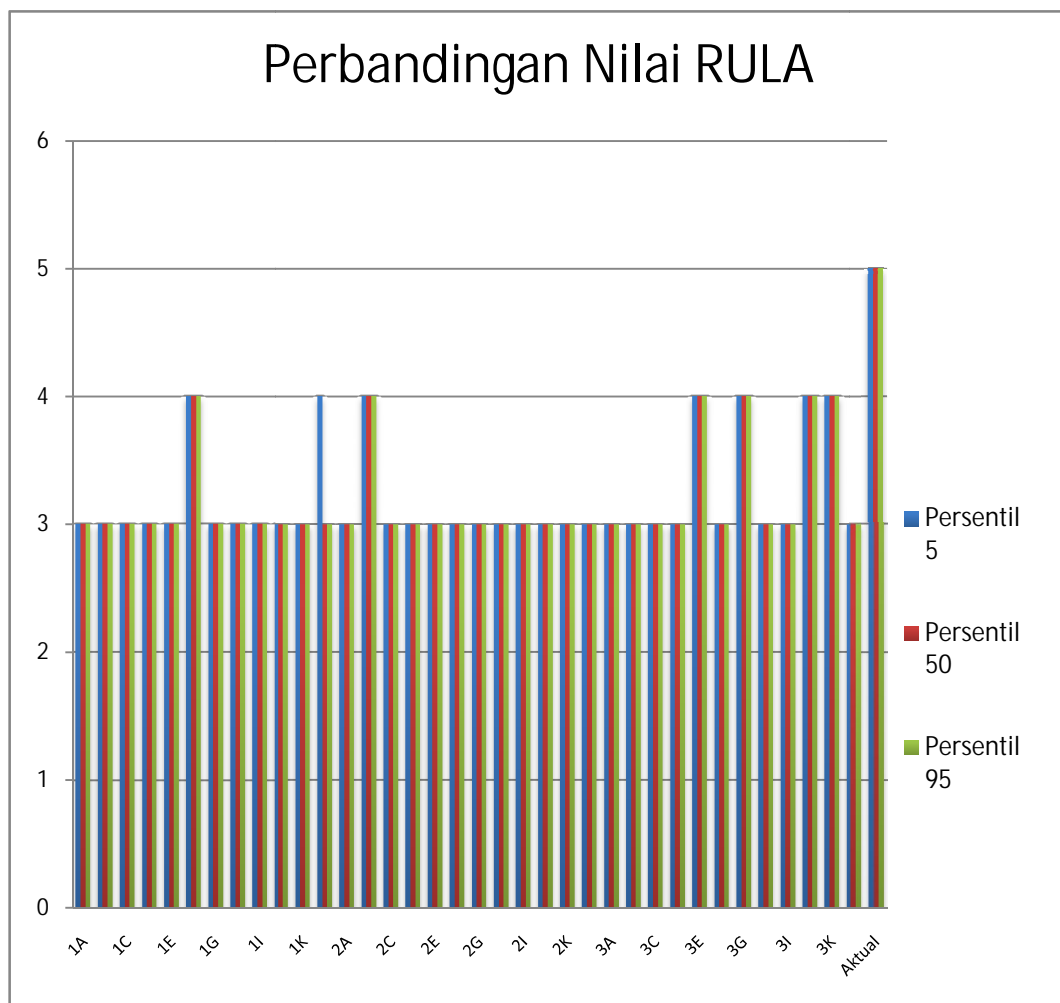


**Gambar 4.111** Grafik Perbandingan LBA

Untuk nilai OWAS, dengan adanya footrest membuat nilai OWAS dari rekonfigurasi bernilai 1 dari stasiun kerja aktual yang bernilai 3. Hal ini menandakan dengan adanya footrest membuat keluhan kerja yang dialami oleh pekerja menjadi berkurang. Dengan adanya penambahan footrest membuat desain kursi menjadi lebih ergonomis karena memudahkan operator untuk meletakkan kaki dan mendorong kondisi kerja menjadi lebih nyaman.

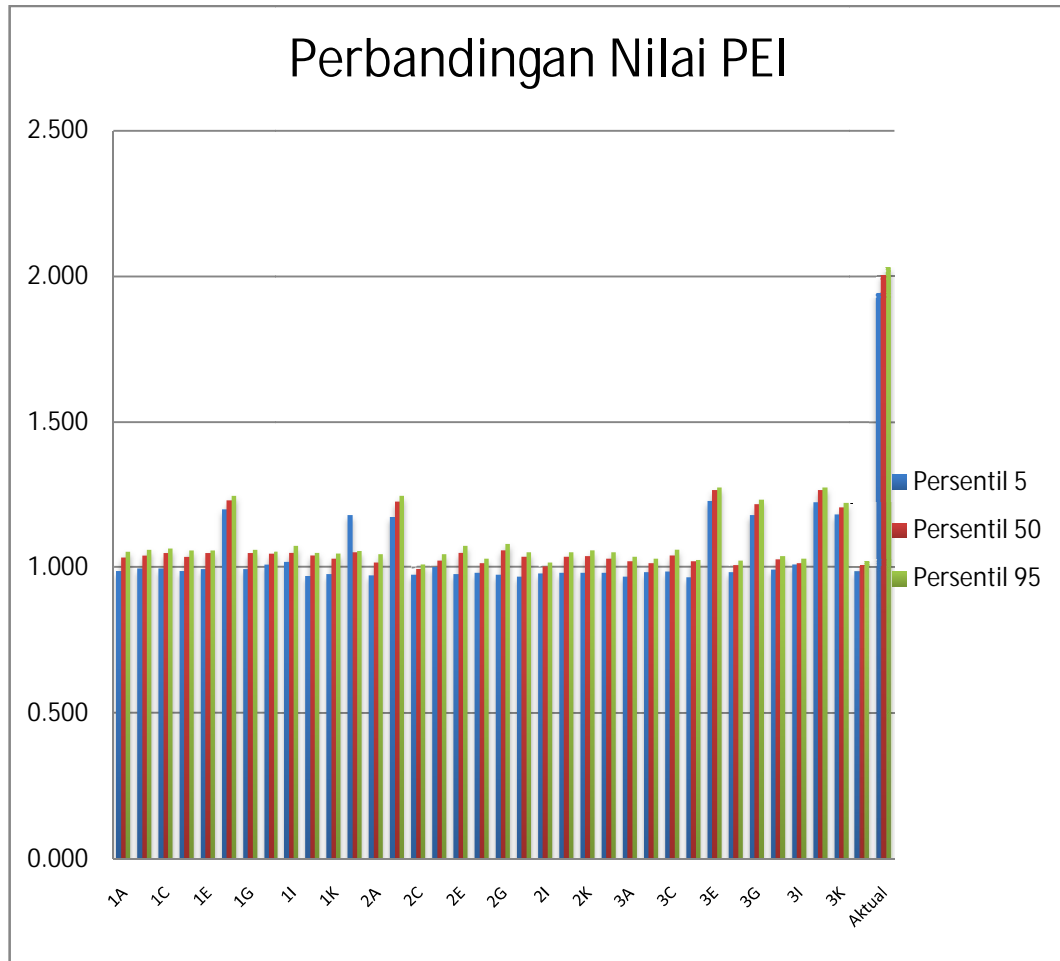
Untuk nilai RULA, nilainya berkisar antara berkisar antara 3 sampai dengan 5. Nilai RULA tertinggi dialami oleh konfigurasi aktual. Sedangkan

RULA yang terkecil bernilai 3, dan dialami oleh beberapa konfigurasi. Untuk RULA ini salah satu bagian penting adalah dengan adanya armrest untuk menopang lengan maupun tangan sehingga tidak menimbulkan cedera berkepanjangan. Dengan kesesuaian dimensi dengan ukuran tubuh juga membuat operator tidak perlu mengeluarkan usaha ekstra ketika menjangkau peralatan kerja karena posisinya yang relatif lebih dekat dengan tangan maupun anggota tubuh yang berinteraksi lainnya.



**Gambar 4.112** Grafik Perbandingan Nilai RULA

Berdasarkan nilai yang diperoleh dari hasil LBA, OWAS, dan RULA, maka dapat dihitung nilai PEI untuk masing-masing konfigurasi. Berikut merupakan perbandingan nilai PEI dari seluruh konfigurasi.



**Gambar 4.113** Grafik Perbandingan PEI Seluruh Konfigurasi

**Tabel 4.121** Nilai PEI Seluruh Konfigurasi

Konfigurasi	Persentil	RULA	OWAS	LBA	NILAI PEI
Aktual	5	5	3	603	1.942
	50	5	3	808	2.002
	95	5	3	901	2.029
1A	5	3	1	433	0.986
	50	3	1	591	1.032
	95	3	1	659	1.052
1B	5	3	1	461	0.994
	50	3	1	616	1.04
	95	3	1	681	1.059
1C	5	3	1	461	0.994
	50	3	1	642	1.047
	95	3	1	693	1.062

**Tabel 4.122** Nilai PEI Seluruh Konfigurasi (lanjutan)

1D	5	3	1	436	0.987
	50	3	1	597	1.034
	95	3	1	674	1.057
1E	5	3	1	454	0.992
	50	3	1	645	1.048
	95	3	1	674	1.057
1F	5	4	1	464	1.198
	50	4	1	565	1.228
	95	4	1	615	1.242
1G	5	3	1	458	0.993
	50	3	1	643	1.048
	95	3	1	679	1.058
1H	5	3	1	510	1.009
	50	3	1	635	1.045
	95	3	1	660	1.053
1I	5	3	1	543	1.018
	50	3	1	649	1.049
	95	3	1	725	1.072
1J	5	3	1	376	0.969
	50	3	1	615	1.039
	95	3	1	645	1.048
1K	5	3	1	400	0.976
	50	3	1	577	1.028
	95	3	1	636	1.046
1L	5	4	1	400	1.179
	50	3	1	657	1.052
	95	3	1	668	1.055
2A	5	3	1	387	0.972
	50	3	1	533	1.015
	95	3	1	633	1.045
2B	5	4	1	378	1.173
	50	4	1	554	1.224
	95	4	1	619	1.243
2C	5	3	1	396	0.975
	50	3	1	460	0.994
	95	3	1	513	1.009
2D	5	3	1	482	1
	50	3	1	555	1.022
	95	3	1	631	1.044

**Tabel 4.123** Nilai PEI Seluruh Konfigurasi (lanjutan)

2E	5	3	1	402	0.977
	50	3	1	649	1.049
	95	3	1	731	1.074
2F	5	3	1	416	0.981
	50	3	1	526	1.013
	95	3	1	578	1.029
2G	5	3	1	389	0.973
	50	3	1	678	1.058
	95	3	1	754	1.08
2H	5	3	1	367	0.967
	50	3	1	602	1.036
	95	3	1	654	1.051
2I	5	3	1	408	0.979
	50	3	1	488	1.002
	95	3	1	534	1.016
2J	5	3	1	412	0.98
	50	3	1	602	1.036
	95	3	1	654	1.051
2K	5	3	1	418	0.982
	50	3	1	606	1.037
	95	3	1	676	1.057
2L	5	3	1	415	0.981
	50	3	1	580	1.029
	95	3	1	655	1.051
3A	5	3	1	371	0.968
	50	3	1	553	1.021
	95	3	1	599	1.035
3B	5	3	1	422	0.983
	50	3	1	528	1.014
	95	3	1	578	1.029
3C	5	3	1	431	0.985
	50	3	1	616	1.04
	95	3	1	681	1.059
3D	5	3	1	360	0.964
	50	3	1	552	1.021
	95	3	1	563	1.024
3E	5	4	1	565	1.228
	50	4	1	687	1.263
	95	4	1	722	1.274



**Tabel 4.124** Nilai PEI Seluruh Konfigurasi (lanjutan)

3F	5	3	1	424	0.983
	50	3	1	506	1.007
	95	3	1	558	1.023
3G	5	4	1	396	1.178
	50	4	1	521	1.215
	95	4	1	579	1.232
3H	5	3	1	452	0.992
	50	3	1	574	1.027
	95	3	1	610	1.038
3I	5	3	1	509	1.008
	50	3	1	530	1.014
	95	3	1	577	1.028
3J	5	4	1	548	1.223
	50	4	1	687	1.263
	95	4	1	722	1.274
3K	5	4	1	402	1.18
	50	4	1	486	1.204
	95	4	1	543	1.221
3L	5	3	1	436	0.987
	50	3	1	503	1.007
	95	3	1	555	1.022

Dari rekapitulasi ini, dapat dilihat untuk nilai PEI yang paling besar pada persentil 5, 50, dan 95 terletak pada konfigurasi aktual. Hal dipengaruhi oleh nilai LBA maupun OWAS pada konfigurasi tersebut yang juga tinggi. Kondisi aktual yang sebelumnya tanpa *footrest*, *armrest*, serta memiliki dimensi yang kurang memperhatikan antropometri tubuh mempengaruhi nilai dari PEI yang dihasilkan. Dengan demikian jika ditinjau dari nilai PEI, dapat dikatakan konfigurasi aktual dari stasiun kerja dari pintu tol ini tidak ergonomis. Untuk nilai PEI yang paling kecil bagi tiap-tiap persentil dapat dilihat dari tanda hijau dari tabel rekapitulasi konfigurasi. Untuk persentil 5, konfigurasi yang memiliki nilai PEI terendah adalah terletak pada konfigurasi 3D karena secara dimensi lebih memudahkan bagi persentil 5. Untuk persentil 50 dan 95, konfigurasi yang memiliki nilai PEI terendah adalah pada konfigurasi 2C, hal ini karena dengan konfigurasi ini memudahkan persentil 50 dan 95 untuk menggapai peralatan-peralatan kerja

karena dimensinya yaitu dengan tinggi dudukan 54 cm, tinggi meja 80 cm, tinggi sandaran kursi 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah merupakan titik optimal dalam bagi operator.

#### 4.40. Analisis Desain Faktorial Konfigurasi

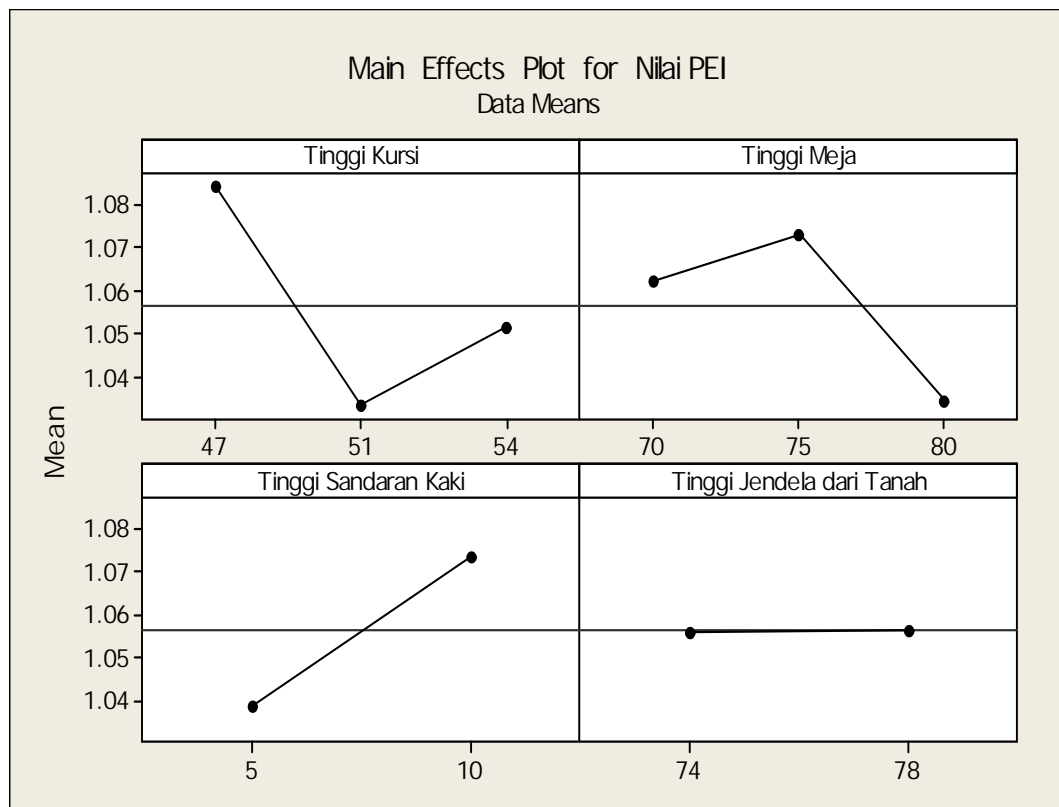
Dari hasil uji persentil yang dilakukan terhadap 36 buah rekonfigurasi dan dengan uji persentil sebanyak 3 jenis yaitu persentil 5, 50, dan 95, kemudian dianalisis menggunakan analisis desain faktorial untuk melihat sejauh mana hubungan antara perubahan dimensi-dimensi stasiun kerja terhadap nilai PEI. Dari analisis ini, luaran penting yang dihasilkan adalah pedoman pengembangan desain stasiun kerja untuk menghasilkan nilai PEI yang kecil dan ergonomis. Berikut merupakan hasil dari desain faktorial berdasarkan nilai PEI pengujian terhadap 36 konfigurasi.

##### General Linear Model: Nilai PEI versus Persentil, Tinggi Kursi, ...

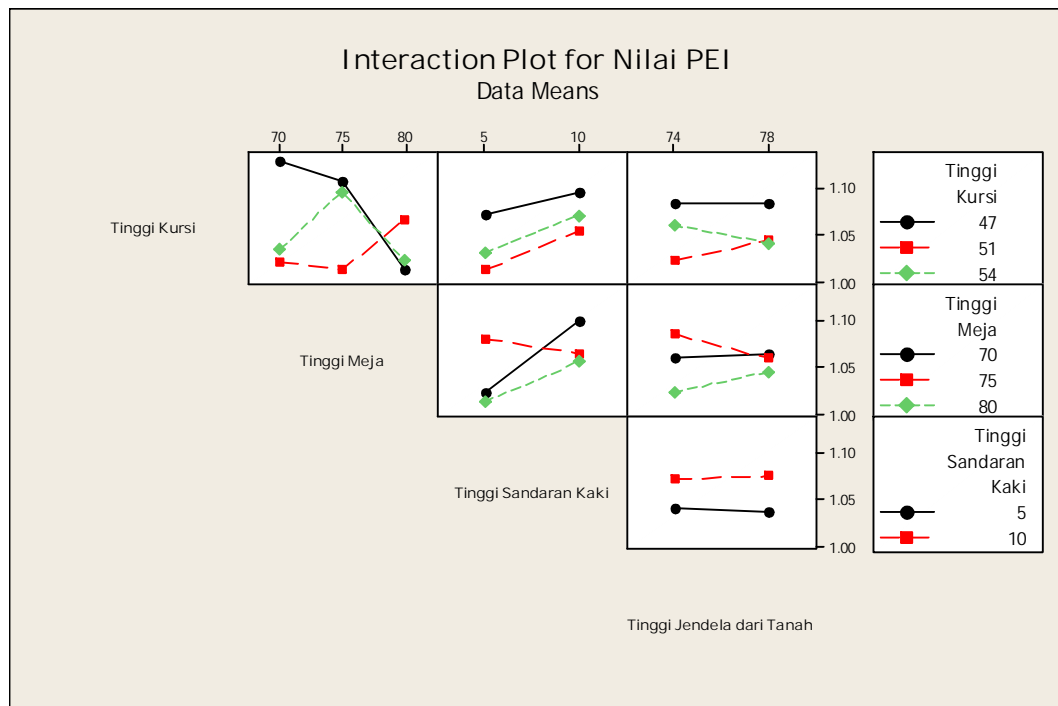
Factor	Type	Levels	Values
Persentil	fixed	3	5, 50, 95
Tinggi Kursi	fixed	3	47, 51, 54
Tinggi Meja	fixed	3	70, 75, 80
Tinggi Sandaran Kaki	fixed	2	5, 10
Tinggi Jendela dari Tanah	fixed	2	74, 78

Source	P
Persentil	0.000
Tinggi Kursi	0.000
Tinggi Meja	0.000
Tinggi Sandaran Kaki	0.000
Tinggi Jendela dari Tanah	0.951
Tinggi Kursi*Tinggi Meja	0.000
Tinggi Kursi*	0.000
Tinggi Jendela dari Tanah	
Tinggi Meja*Tinggi Sandaran Kaki	0.000
Tinggi Meja*	0.000
Tinggi Jendela dari Tanah	

Tinggi Sandaran Kaki*	0.386
Tinggi Jendela dari Tanah	
Tinggi Kursi*Tinggi Meja*	0.000
Tinggi Sandaran Kaki	
Tinggi Kursi*Tinggi Meja*	0.000
Tinggi Jendela dari Tanah	
Tinggi Kursi*Tinggi Sandaran Kaki*	0.000
Tinggi Jendela dari Tanah	
Tinggi Meja*Tinggi Sandaran Kaki*	0.000
Tinggi Jendela dari Tanah	
Tinggi Kursi*Tinggi Meja*	0.000
Tinggi Sandaran Kaki*	
Tinggi Jendela dari Tanah	
Error	
Total	
S = 0.0200204 R-Sq = 96.22% R-Sq(adj) = 94.22%	



**Gambar 4.114.** Main Effect Plot



**Gambar 4.115** Interaction Plot

Dari hasil ini terdapat beberapa poin penting yang perlu diperhatikan diantaranya dapat dilihat dari efek utama faktor dan efek interaksi faktor. Untuk efek utama faktor, berikut merupakan analisisnya:

- Untuk faktor tinggi kursi, nilai  $p$  value  $< 0,05$ , hal ini menunjukkan bahwa memang terdapat perbedaan yang signifikan antara dimensi dari 3 level kursi
- Untuk faktor tinggi meja, nilai  $p$  value  $< 0,05$ , hal ini menunjukkan bahwa memang terdapat perbedaan yang signifikan antara dimensi dari 3 level meja mempengaruhi nilai PEI
- Untuk faktor tinggi sandaran kaki, nilai  $p$  value  $< 0,05$ , hal ini juga menandakan bahwa memang terdapat perbedaan yang signifikan dari sandaran kaki dengan ukuran 5 cm dan 10 cm terhadap nilai PEI
- Untuk faktor tinggi jendela, nilai  $p$  value sebesar 0,996 atau lebih dari 0,05, hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara tinggi jendela 74 cm dan tinggi 78 cm mempengaruhi nilai PEI

- Untuk analisis masing-masing faktor, berdasarkan grafik main effect plot dapat dilihat level tiap faktor yang berpengaruh terhadap nilai PEI yang terendah. Untuk faktor pertama yaitu faktor tinggi kursi, level yang memiliki nilai PEI terendah adalah pada level ukuran tinggi dudukan 51 cm. Untuk faktor kedua yaitu tinggi meja, level yang menghasilkan nilai PEI terendah terletak pada ukuran tinggi meja 80 cm. Untuk faktor ketiga yaitu faktor tinggi sandaran kaki, level yang lebih ergonomis karena menghasilkan nilai PEI yang lebih rendah terletak pada konfigurasi tinggi sandaran kaki 5 cm dibandingkan ukuran 10 cm. Untuk faktor terakhir yaitu tinggi jendela dari tanah, dari hasil tidak terlihat perbedaan yang signifikan antara kedua level tersebut dalam mempengaruhi nilai PEI sehingga tidak bisa dipilih mana yang paling baik
- Untuk analisis terhadap interaksi 2 faktor masing-masing, dapat dilihat bahwa hampir semua interaksi antara dua faktor memiliki nilai p value  $< 0,05$  yang berarti memang terdapat perbedaan antara interaksi-interaksi tersebut mempengaruhi nilai PEI. Salah satu yang berbeda adalah terletak pada interaksi dari faktor tinggi sandaran kaki dan tinggi jendela dari tanah, hal ini karena memiliki p value sebesar 0,986 yang berarti lebih dari 0,05, yang berarti interaksi antara kedua faktor tersebut tidak signifikan mempengaruhi nilai PEI
- Untuk interaksi antara 3 faktor, dari masing-masing interaksi dapat dilihat memiliki p value  $< 0,05$ , yang berarti interaksi tersebut mempengaruhi secara signifikan nilai dari PEI
- Untuk interaksi 4 faktor, hasil dari nilai p value yang didapatkan juga lebih kecil dari 0,05, hal ini juga menandakan bahwa dari interaksi faktor-faktor tersebut ternyata memiliki signifikansi yang berbeda dalam mempengaruhi nilai PEI
- Dari hasil desain faktorial ini, didapatkan nilai R-Square adalah sebesar 96,22% yang menandakan bahwa nilai PEI dari model yang dibuat memang dipengaruhi sebesar 96,22% dari faktor-faktor yang dibuat dari rancangan konfigurasi. Sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lainnya. Hal ini membuktikan bahwa model ini telah berhasil

merepresentasikan hubungan antara faktor-faktor desain peralatan kerja terhadap nilai dari PEI

#### 4.41. Analisis Stasiun Kerja yang direkomendasikan

Untuk analisis stasiun kerja yang optimal dan menjadi rekomendasi, dilihat dari indikator berdasarkan nilai PEI terbaik untuk persentil maupun analisis berdasarkan desain faktorial. Untuk analisis berdasarkan uji persentil, dari hasil didapatkan bahwa untuk konfigurasi 2C yang memiliki tinggi dudukan sebesar 51 cm, tinggi meja sebesar 80 cm, tinggi sandaran kaki sebesar 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah sebesar 78 cm, merupakan konfigurasi terbaik untuk persentil 50 dengan nilai PEI sebesar 0,994, dan untuk persentil 95 dengan nilai PEI sebesar 1,009. Untuk persentil 5, konfigurasi ini bukanlah konfigurasi yang terbaik melainkan konfigurasi 3D yang memiliki nilai PEI terendah.

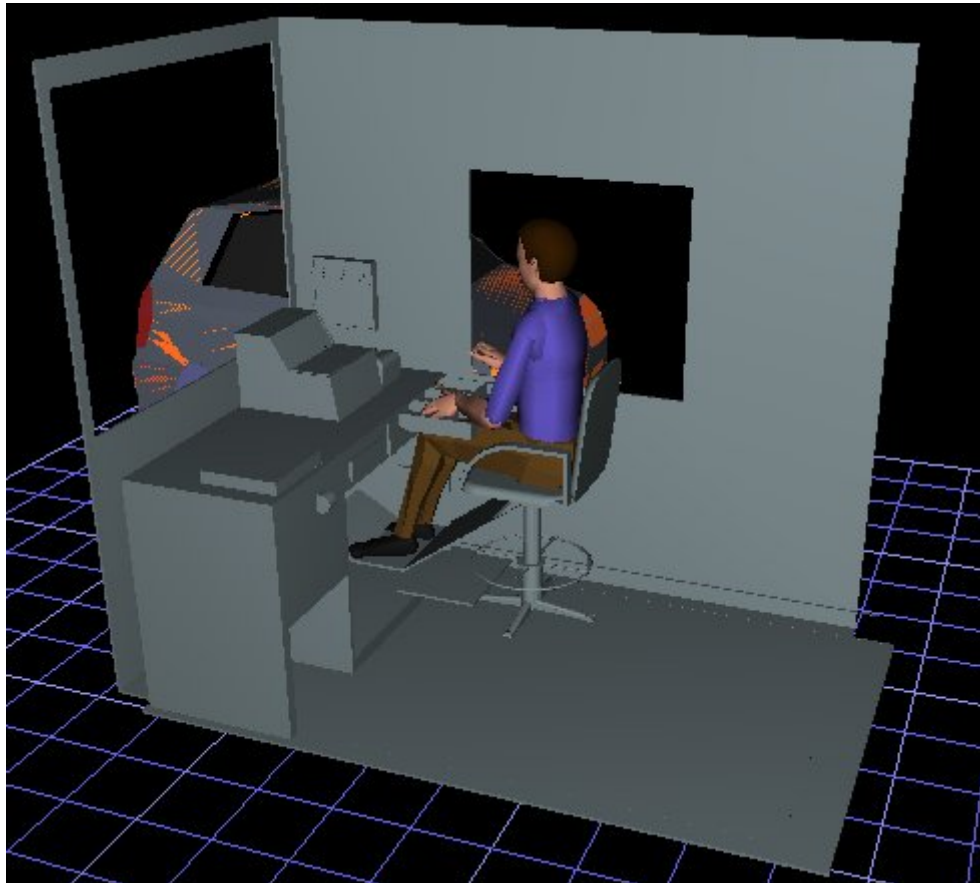
Berdasarkan desain faktorial, dari hasil didapatkan bahwa untuk masing-masing faktor yang menghasilkan nilai PEI terendah adalah ukuran dudukan 51 cm, ketinggian meja 80 cm, dan tinggi sandaran kaki sebesar 5 cm. Untuk faktor tinggi jendela dari tanah, karena perbedaan keduanya yang tidak begitu signifikan, maka bisa dipilih salah satu diantara keduanya.

Atas pertimbangan tersebut, maka dengan ini yang dipilih untuk menjadi stasiun kerja rekomendasi adalah konfigurasi 2C yang memiliki kombinasi faktor berubah dengan tinggi dudukan sebesar 51 cm, ketinggian meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah sebesar 78 cm. Dari konfigurasi rekomendasi yang dipilih, dapat dilihat desain ini lebih ergonomis karena dapat mengurangi nilai PEI dibandingkan aktual. Untuk jenis ketiga persentil operator, dapat menurunkan nilai PEI lebih dari 49%, yaitu 49,8% untuk persentil 5, dan 50,3% untuk persentil 50 dan 95. Hal ini menandakan bahwa konfigurasi ini memang layak dipilih sebagai konfigurasi desain rekomendasi.

**Tabel 4.125** Perbandingan Perubahan Nilai PEI Rekomendasi dan Aktual

NILAI PEI	Persentil	Konfigurasi Aktual	Konfigurasi Rekomendasi (2C)	Perubahan Nilai
	5	1.942	0.975	-49.8%
	50	2.002	0.994	-50.3%
	95	2.029	1.009	-50.3%

Dari hasil konfigurasi yang optimal ini, kemudian akan dikombinasikan dengan perubahan metode kerja untuk disimulasikan berdasarkan prinsip simulasi antrian sehingga bisa dilihat sejauh mana perubahan yang dihasilkan dengan konfigurasi rekomendasi dibandingkan dengan konfigurasi aktual.



**Gambar 4.116** Stasiun Kerja Rekomendasi

#### **4.42. Analisis Skenario Metode Kerja**

Perubahan metode kerja dalam hal ini berguna untuk meningkatkan performa pelayanan yang bisa diberikan oleh operator pintu tol. Dalam perubahan metode ini, perubahan penting yang terjadi diantaranya :

1. Operator tol memencet tombol nomor golongan dengan struk pembayaran secara bersamaan. Hal ini untuk mengefisienskan gerakan kerja yang harus dilakukan oleh operator

2. Pada jarak 30 cm, terdapat sebuah titik bagi pengguna kendaraan untuk menunjukkan uang yang akan digunakan untuk pembayaran. Hal ini agar operator bisa segera melihat uang pembayaran yang ditunjukkan oleh pengguna tol tersebut dan segera menyiapkan kembalian
3. Pembayaran dan pemberian kembalian dilakukan secara bersamaan
4. Untuk kembalian uang, diterapkan sistem “Paket Uang Kembalian” dimana sebelum operator bertugas terlebih dahulu sudah disiapkan uang kembalian yang diterapkan dalam sistem paket. Sistem paket ini berarti pengelompokkan uang berdasarkan kemungkinan uang pembayaran yang dilakukan. Untuk paket pembayaran ini mengikuti jenis golongan kendaraan sesuai dengan tabel berikut:

**Tabel 4.126** Tarif Tol

Pintu Tol		Gol I	Gol II	Gol III	Gol IV	Gol V
Pintu Tol dalam Kotak	Tarif (Rp)	7 ribu	8500	11500	14000	3000
	Jenis Kendaraan	Sedan, Jip, Pick Up / Truk Kecil & Bus	Truk dengan 2 (dua) gandar	Truk dengan 3 (tiga) gandar	Truk dengan 4 (empat) gandar	Truk dengan 5 (lima) gandar

5. Pada simulasi ini, untuk sistem paket kembalian lebih difokuskan pada golongan I, karena berdasarkan pengamatan yang dilakukan, jumlahnya lebih dari 85% dari keseluruhan jenis kendaraan yang memasuki pintu tol. Dengan asumsi ini, maka terdapat 4 paket kembalian yang perlu disediakan oleh pihak tol terkait dengan kemungkinan pembayaran yang dilakukan oleh pengguna. Berikut merupakan beberapa paket kembalian yang bisa disediakan oleh pihak tol untuk jenis kendaraan golongan I.
  - Paket 1 : Kembalian Rp 3 ribu (pembayaran dengan uang Rp 10 ribu)



- Paket 2: Kembalian Rp 13 ribu (pembayaran dengan uang Rp 20 ribu)
  - Paket 3 : Kembalian Rp 43 ribu(pembayaran dengan uang Rp 50 ribu)
  - Paket 4: Kembalian Rp 93 ribu(pembayaran dengan uang 100 ribu)
6. Dengan pola paket ini, pihak operator bisa melakukan efisiensi waktu operasi karena tidak perlu lagi untuk mencari-cari uang kembalian yang cenderung menghabiskan banyak waktu
  7. Untuk analisis dari hasil metode ini akan dijelaskan di analisis selanjutnya

#### 4.43. Analisis Performa Pelayanan Operator

##### 4.43.1. Analisis Performa Pelayanan Kondisi Aktual

Analisis ini berguna menganalisis performa operator saat ini dan kondisi antrian yang terjadi dengan metode dan stasiun kerja aktual.

10-14-2007	Performance Measure	Result
1	System: M/G/1	From Simulation
2	Customer arrival rate ( $\lambda$ ) per Second =	0.1677
3	Service rate per server ( $\mu$ ) per Second =	0.1838
4	Overall system effective arrival rate per Second =	0.1672
5	Overall system effective service rate per Second =	0.1668
6	Overall system utilization =	91.7559 %
7	Average number of customers in the system (L) =	6.3303
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	5.4128
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	5.8991
10	Average time customer spends in the system (W) =	37.8987 Seconds
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	32.3985 Seconds
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	35.3094 Seconds
13	The probability that all servers are idle (Po) =	8.2441 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw or Pb) =	91.7559 %
15	Average number of customers being balked per Second =	0
16	Total cost of busy server per Second =	\$0
17	Total cost of idle server per Second =	\$0
18	Total cost of customer waiting per Second =	\$0
19	Total cost of customer being served per Second =	\$0
20	Total cost of customer being balked per Second =	\$0
21	Total queue space cost per Second =	\$0
22	Total system cost per Second =	\$0
23	Simulation time in Second =	14400.0000
24	Starting data collection time in Second =	0
25	Number of observations collected =	2402
26	Maximum number of customers in the queue =	21
27	Total simulation CPU time in second =	1.6560

**Gambar 4.117** Hasil Simulasi Kondisi Aktual

Terdapat beberapa indikator untuk melihat sejauh mana performa dari pelayanan operator saat ini diantaranya adalah melalui *Average time customer spends in the queue* ( $Wq$ ), *Average number of customers in the queue for busy system* ( $Lq$ ), dan *Maximum number of customers in the queue*.

Dengan melihat service rate untuk performa aktual saat ini yang sebesar 0,1838 pelanggan/detik atau sama dengan sekitar 5,44 detik/pelanggan, performa pelayanan ini memiliki utilisasi sebesar 91,75%. Untuk *Average time customer spends in the queue* atau waktu antrian yang dialami oleh pelanggan secara rata-rata menunjukkan 32,39 detik yang harus dihabiskan dalam antrian biasa dan 35,3094 detik untuk sistem yang sibuk. Untuk banyaknya pengguna tol yang harus mengantri dalam sistem menunjukkan angka 5,41 untuk sistem biasa dan 5,89 untuk sistem yang sibuk. Selain itu, berdasarkan data ini, sepanjang simulasi yang dilakukan maksimal pelanggan dalam antrian selama jangka waktu 4 jam simulasi adalah sebanyak 21 pelanggan. Hal ini menunjukkan perlu adanya perubahan berarti dalam sistem untuk bisa mengurangi jumlah antrian yang terjadi.

#### 4.43.2. Analisis Performa Pelayanan Kondisi Rekomendasi

Analisis Performa pelayanan rekomendasi berguna untuk menganalisis metode dan stasiun kerja rekomendasi terhadap performa operator. Simulasi ini dilakukan pada kondisi yang sesuai dengan penerapan metode dan stasiun kerja baru. Dari hasil pemilihan konfigurasi desain rekomendasi berdasarkan pertimbangan nilai PEI, didapatkan kombinasi yang dipilih adalah konfigurasi 2C yang memiliki kombinasi faktor berubah dengan tinggi dudukan sebesar 51 cm, ketinggian meja 80 cm, tinggi sandaran kaki 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah sebesar 78 cm. Dari konfigurasi rekomendasi yang dipilih ini kemudian dilakukan uji coba pada sistem beserta dengan penerapan metode baru yang dipilih. Simulasi ini menggunakan pengukuran waktu yang baru terhadap konfigurasi desain dan metode kerja yang dilakukan. Berikut merupakan hasil dari penerapan konfigurasi desain dan metode baru pada pintu tol.

11-09-2007	Performance Measure	Result
1	System: M/G/1	From Simulation
2	Customer arrival rate ( $\lambda$ ) per Second =	0.1677
3	Service rate per server ( $\mu$ ) per Second =	0.2363
4	Overall system effective arrival rate per Second =	0.1646
5	Overall system effective service rate per Second =	0.1646
6	Overall system utilization =	69.4053 %
7	Average number of customers in the system (L) =	1.4252
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0.7311
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	1.0534
10	Average time customer spends in the system (W) =	8.6603 Seconds
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	4.4428 Seconds
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	6.4013 Seconds
13	The probability that all servers are idle (Po) =	30.5947 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw or Pb) =	69.4053 %
15	Average number of customers being balked per Second =	0
16	Total cost of busy server per Second =	\$0
17	Total cost of idle server per Second =	\$0
18	Total cost of customer waiting per Second =	\$0
19	Total cost of customer being served per Second =	\$0
20	Total cost of customer being balked per Second =	\$0
21	Total queue space cost per Second =	\$0
22	Total system cost per Second =	\$0
23	Simulation time in Second =	14400.0000
24	Starting data collection time in Second =	0
25	Number of observations collected =	2371
26	Maximum number of customers in the queue =	8
27	Total simulation CPU time in second =	2.2460

**Gambar 4.118** Hasil Simulasi Kondisi Rekomendasi

Untuk menganalisisnya, menggunakan beberapa indikator yang sama dengan analisis performa aktual, yaitu melalui indikator *Service Rate*, *Average time customer spends in the queue (Wq)*, *Average number of customers in the queue for busy system (Lq)*, dan *Maximum number of customers in the queue*.

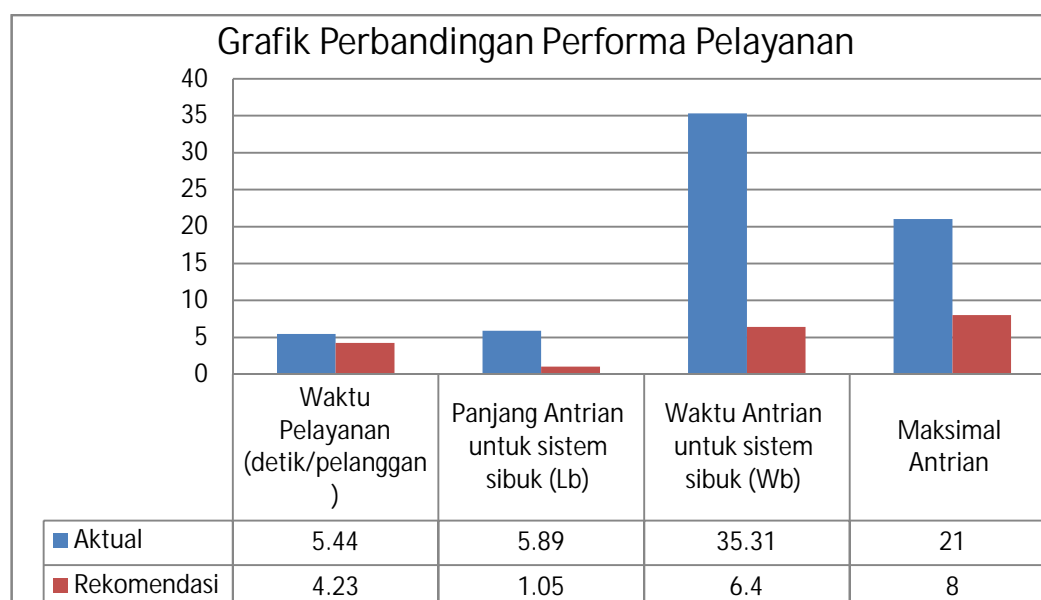
Dengan melihat service rate untuk performa rekomendasi pelayanan yang sebesar 0,2326 pelanggan/detik atau sama dengan sekitar 4,23 detik/pelanggan, performa pelayanan ini memiliki utilisasi sebesar 69,40%. Untuk Average time customer spends in the queue atau waktu antrian yang dialami oleh pelanggan secara rata-rata menunjukkan 4,44 detik yang harus dihabiskan dalam antrian biasa dan 6,40 detik untuk sistem yang sibuk. Untuk banyaknya pengguna tol yang harus mengantri dalam sistem menunjukkan angka 0,7311 untuk sistem biasa dan 1,05 untuk sistem yang sibuk. Selain itu, berdasarkan data ini, sepanjang

simulasi yang dilakukan maksimal pelanggan dalam antrian selama jangka waktu 4 jam simulasi adalah sebanyak 8 pelanggan. Hal ini menunjukkan adanya pengurangan dari angka 23 antrian menjadi 8 antrian.

#### 4.43.3. Analisis Perbandingan Performa Kondisi Rekomendasi dan Aktual

**Tabel 4.127** Perbandingan Performa Pelayanan

Indikator	Aktual	Rekomendasi	Perubahan
Waktu Pelayanan (detik/pelanggan)	5.44	4.23	-22%
Panjang Antrian untuk sistem sibuk (Lb)	5.89	1.05	-82%
Waktu Antrian untuk sistem sibuk (Wb)	35.31	6.40	-82%
Maksimal Antrian	21	8	-62%



**Gambar 4.119** Grafik Perbandingan Performa Pelayanan

Dari tabel di atas dapat dilihat perubahan yang terjadi dengan adanya perubahan konfigurasi desain dan metode dapat mengurangi mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk melayani satu pelanggan. Untuk kondisi aktual waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan adalah sekitar 5,44 detik secara rata-rata, sedangkan untuk rekomendasi menghasilkan nilai sebesar 4,23. Hal ini menandakan terjadi penurunan sebesar 22% dari nilai semula. Untuk nilai panjang antrian dan waktu antrian, terjadi penurunan sebesar 82% dari nilai awal. Hal ini menunjukkan dengan adanya konfigurasi baru, dapat mengurangi secara cukup signifikan panjang antrian dan waktu antrian. Untuk indikator maksimal antrian yang dapat terjadi pada pintu tol juga terjadi penurunan sebesar 62% dari waktu semula, yaitu dari 21 pelanggan ke tingkat 8 pelanggan. Dari penurunan-penurunan ini, dapat dilihat bahwa dengan adanya metode baru, dapat meningkatkan performa pelayanan di pintu tol sekaligus menurunkan tingkat antrian yang terjadi.

## **BAB 5 PENUTUP**

### **5.1. Kesimpulan**

Dari pembahasan diatas dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sampai saat ini kondisi aktual desain stasiun kerja yang terdapat pada pintu tol terutama pada pintu tol Cililitan belumlah memenuhi kaidah ergonomis. Hal ini tercermin dari nilai PEI yang dimiliki untuk persentil 5, 50, dan 95 berada pada kisaran angka 1,942 sampai angka 2,029. Dengan melihat hal tersebut, maka dalam penelitian ini dilakukan rekonfigurasi desain stasiun kerja. Rekonfigurasi ini berbasis kombinasi desain faktorial dengan jumlah konfigurasi sebanyak 36 konfigurasi.

Untuk analisis rekonfigurasi berdasarkan uji persentil, dari hasil didapatkan bahwa untuk konfigurasi 2C yang memiliki tinggi dudukan sebesar 51 cm, tinggi meja sebesar 80 cm, tinggi sandaran kaki sebesar 5 cm, dan tinggi jendela dari tanah sebesar 78 cm, merupakan konfigurasi terbaik untuk persentil 50 dengan nilai PEI sebesar 0,994, dan untuk persentil 95 dengan nilai PEI sebesar 1,009. Untuk persentil 5, konfigurasi ini bukanlah konfigurasi yang terbaik melainkan konfigurasi 3D yang memiliki nilai PEI terendah. Untuk konfigurasi nilai PEI tertinggi atau bisa dikatakan relatif lebih buruk dibandingkan yang lain adalah desain konfigurasi aktual baik untuk persentil 5, 50, dan 95.

Berdasarkan desain faktorial, dari hasil didapatkan bahwa untuk masing-masing faktor yang menghasilkan nilai PEI terendah adalah ukuran dudukan 51 cm, ketinggian meja 80 cm, dan tinggi sandaran kaki sebesar 5 cm. Untuk faktor tinggi jendela dari tanah, karena perbedaan keduanya yang tidak begitu signifikan, maka bisa dipilih salah satu diantara keduanya. Untuk pemilihan rekonfigurasi optimal berdasarkan uji persentil dan desain faktorial kemudian dipilih desain 2C sebagai desain yang optimal dengan indikator nilai PEI yang dimiliki relatif rendah.

Dari segi performa pelayanan yang dihasilkan dari kondisi saat ini berdasarkan simulasi menunjukkan rata-rata tingkat antrian kendaraan sebesar

5,89 kendaraan, dengan panjang maksimum kendaraan mencapai angka 21 kendaraan. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan konfigurasi baru yang dalam hal ini salah satunya perubahan metode kerja dan perubahan desain tempat kerja. Untuk hasil perbandingan analisis waktu berdasarkan konfigurasi yang lama dibandingkan yang baru, ternyata dengan perubahan konfigurasi secara nyata dapat meningkatkan performa pelayanan dan mengurangi antrian yang terjadi pada pintu tol. Hal ini bisa dilihat dari pengurangan waktu antrian pada sistem yang sibuk yang sebelumnya 35,4 detik menjadi sekitar 6,4 detik. Begitu juga dengan pengurangan panjang antrian rata-rata pada sistem sibuk yang sebesar 5,89 menjadi sekitar 1,05 kendaraan.

Oleh karena itu, bisa dilihat bahwa dengan adanya rekonfigurasi baik melalui desain stasiun kerja maupun adanya metode baru, dapat mengurangi risiko kerja maupun tingkat antrian yang terjadi.

## 5.2. Saran

Untuk saran ke depannya, rekomendasi yang diberikan berupa perancangan desain stasiun kerja ergonomis dan pengembangan metode kerja dapat benar-benar diimplementasikan di pintu tol sebagai sarana mengurangi keluhan kesehatan pekerja serta meningkatkan nilai performa operator.

Untuk implementasi kursi kerja dalam desain perancangan bisa juga memungkinkan bagi sistem kursi yang *adjustable* dengan kisaran 47 sampai 54 cm, meskipun berdasarkan penelitian ini ukuran dudukan kursi yang optimal adalah pada tinggi 51 cm.

Penelitian ini masih bisa dilanjutkan dengan perluasan pintu tol yang menjadi sampel penelitian tidak hanya di pintu tol Cililitan saja, tetapi bisa ke berbagai pintu tol lainnya.

## DAFTAR REFERENSI

- Bridger, R.S, (1995). *Introduction to Ergonomics*. Singapore: McGraw-Hill.
- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Taylor & Francis.
- Caputo, F., Giuseppe Di Girinimo, and Adelaide Marzano. (2006). *A Structured Approach to Simulate Manufacturing System in Virtual Environment*. Italia :University of Naples
- Cushman, William H. and Daniel J. Rosemberg. (1991). *Human Factors in Product Design*. Amsterdam: Elsevier.
- Di Gironimo, et al. (2001). *Using of Virtual Mock-Up for Ergonomic Design*. In: *Proceed of The 7<sup>th</sup> International Conference on "The Role of Experimentation in the Automotive Development Process"*-ATA 2001, Florence.
- Jurum, et al. (2009). *Ergonomics of Spinal Operational Comfort While Working at Tollbooths*
- Lis, M., Black, M., Korn, H., Nordini, M. (2006). *Association between sitting and occupational LBP*. Springer-Verlag
- Kalawsky, R. (1993a). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Gambridge: Addison-Wesley Publishing Company.
- Kalawsky, R. (1993b). *Critical Aspects of Visually Coupled Systems*. In: Earnshaw, R., Gigante, M. and Jones, H. (eds.), *Virtual Reality Systems*. London: Academic Press, h. 302–312.
- Karwowski, W., Marras, W.S. (2003). *Occupational Ergonomic Principles of Work Design*. Boca Raton: CRC Press. Pg 25-1 – 26-12.
- Moraes, A. de et al. (1996). Ergonomics & design, ergonomic design, ergodesign: how the task activities determine the product configuration, layout and profile. In: *Proceedings of the III International Congress of Project Engineering*. Barcelona: AEIPRO/UPC.
- Pheasant, Steven. (1997). *Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the design of work*. London: Taylor & Francis.
- P.Strauss, et al. (2002). *A health survey of toll booth workers*. Journal of Safety Research Volume 2



- R.Day, et al. (1996). *Evaluation of Ergonomic and Security Toll Booth*. Research at Worker Compensation Board
- Sanders, Mark and McCormick, Ernest. (1993). *Human Factors in Engineering and Design 7<sup>th</sup> Edition*, McGraw-Hill, Inc, New York.
- Shikdar, A, et al. (2003). *Worker productivity, and occupational health and safety issues in selected industries*. Elsevier
- Sutalaksana. (1992). *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: KMTI ITB.
- Tayyari, Fariborz and Smith, James L. (1997). *Occupational Ergonomics: Principles and Applications*. London: Chapman & Hall.
- Wang et al. (2007). Automated anthropometric data collection from three-dimensional digital human models. In *International Journal of Technology* 32: 109-115.
- Wilson, J.R. (1999). Virtual Environments and Applied Ergonomics.” *Applied Ergonomics* 30.
- Yap, Leong; Vitalis, Tony; Legg, Stephen. (1997). Ergodesign: from description to transformation. In: *Proceedings of the 13<sup>th</sup> triennial congress of the international ergonomics association*. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health. Vol. 2. pag. 320 – 322.