

**ANALISIS ERGONOMI STASIUN KERJA DIVISI KANCING
INDUSTRI GARMEN DENGAN PERBANDINGAN *POSTURE
EVALUATION INDEX (PEI) PADA VIRTUAL ENVIRONMENT
MODELING***

SKRIPSI

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

MUTHIA AMELIA

0405070402



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Muthia Amelia

NPM : 0405070402

Tanda Tangan :

Tanggal : Juli 2009

PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul:

“Analisis Ergonomi Stasiun Kerja Divisi Kancing Industri Garmen dengan Perbandingan Posture Evaluation Index (PEI) pada Virtual Environment Modelling”

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada program studi Teknik Industri Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian skripsi

Depok, Juli 2009
Pembimbing Skripsi

(Ir. Erlinda Muslim, M.E.E)
NIP. 19601028 1988112 001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muthia Amelia
NPM : 0405070402
Departemen : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Ergonomi Stasiun Kerja Divisi Kancing Industri Garmen dengan Perbandingan *Posture Evaluation Index* (PEI) pada *Virtual Environment Modelling*

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. Erlinda Muslim, M.E.E

Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati M.Si

Penguji : Ir. M. Dachyar M.Sc

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muthia Amelia

NPM : 0405070402

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:

Analisis Ergonomi Stasiun Kerja Divisi Kancing Industri Garmen dengan Perbandingan *Posture Evaluation Index* (PEI) pada *Virtual Environment Modelling*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan 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 : Juli 2009

Yang Menyatakan

(Muthia Amelia)

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Nama : Muthia Amelia
Tempat, Tanggal Lahir : Padang, 1 Agustus 1987
Alamat : Jl. Pondok Labu IB No 28A
Jakarta Selatan 12450
Pendidikan :

a.	SD	:	SDN Pondok Labu 01 Pagi(1993 – 1999)
b.	SMP	:	SLTP Negeri 85 Jakarta (1999 – 2002)
c.	SMA	:	SMAN 34 Jakarta (2002 – 2005)
d.	S-1	:	Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia (2005 – 2009)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **”Analisis Ergonomi Stasiun Kerja Divisi Kancing Industri Garmen dengan Perbandingan *Posture Evaluation Index (PEI)* pada *Virtual Environment Modelling*”** ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, mama dan papa yang telah memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan yang tulus semenjak penulis lahir hingga sekarang ini. Bang Rian, Bang Ari, Ate ani Ate ati atas dukungan dan keceriaan di rumah.
2. Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE selaku dosen pembimbing utama yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan dukungan untuk menyemangati serta mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini
3. Bapak Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE selaku dosen pembimbing penelitian yang telah memberikan begitu banyak saran, kritik, dan bantuan lainnya selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini
4. Bapak Agung Prehadi beserta keluarga yang telah banyak membantu penulis dari awal hingga akhir penelitian untuk skripsi ini
5. Bapak Hary, Bapak Baban, Bapak Heri, dan Bapak Edi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan observasi serta telah menyediakan waktu untuk berdiskusi dan memberikan masukan kepada penulis.

6. Nangke, dhani, nyoman, cindy, liza, bowo, ijul yang telah menjadi teman seperjuangan dalam penyelesaian skripsi dan memberikan kenangan yang berkesan di hati penulis.
7. Dody Nugraha yang tak pernah berhenti memberikan dukungan, perhatian, motivasi, dan masukan yang sangat berarti bagi penulis.
8. Megasworo yang telah banyak membantu penulis dalam pengerjaan skripsi ini, serta atas dukungan, motivasi dan perhatian yang sangat berarti bagi penulis.
9. Liza, Farkhan, Adhy, Tri, Lia, Rama, terimakasih atas kebersamaan selama masa kuliah serta kesediannya untuk mendengarkan curahan hati penulis.
10. Putri Nurina dan Ayu Pramita sahabat terbaik yang selalu dirindukan selama pengerjaan skripsi yang telah memotivasi penulis untuk segera memperoleh gelar sarjana seperti mereka.
11. Ibu Har, Mbak Ana, Mbak Willy, Pak Mursyid, Mas Latief, Mas Iwan, dan Mas Acil selaku karyawan di Departemen Teknik Industri yang telah banyak membantu penulis selama menjalani masa studi
12. Teman-teman di Teknik Industri angkatan 2005 lainnya yang telah berjuang bersama selama empat tahun terakhir, berbagi kisah suka dan duka serta mimpi-mimpi di masa depan
13. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam penelitian dan penyusunan skripsi yang tidak mungkin disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Depok, Juli 2009

Penulis

ABSTRAK

Nama : Muthia Amelia
Departemen : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Ergonomi Stasiun Kerja Divisi Kancing Industri Garmen dengan Perbandingan *Posture Evaluation Index* (PEI) pada *Virtual Environment Modelling*.

Desain stasiun kerja dapat mempengaruhi kesehatan dan produktivitas pekerja. Stasiun kerja yang baik adalah yang memungkinkan pekerjanya untuk menjangkau benda kerjanya dengan mudah serta tidak membentuk postur kerja yang membahayakan. Ketinggian stasiun kerja merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi postur pekerja. Dengan menggunakan *software Jack 6.0* maka dibuat model lingkungan virtual stasiun kerja aktual dan ideal untuk menganalisis postur kerja operator persentil 5%, 50%, dan 95 %. Hasil analisis *tools Jack* tersebut kemudian diintegrasikan dalam suatu Indeks Evaluasi Postur (PEI) sehingga dapat diketahui risiko ergonomi postur pekerja. Hasil penelitian mengajukan rekomendasi stasiun kerja ideal yang dapat mengurangi risiko gangguan musculoskeletal pekerja.

Kata Kunci : Ergonomi, *Virtual Modelling*, Jack 6.0, Garmen, Postur Kerja, dan *Posture Evaluation Index (PEI)*

ABSTRACT

Name : Muthia Amelia
Department : Industrial Engineering
Title : Ergonomic Analysis of Button Division Workstation in Garment Industry by Compare the Posture Evaluation Index (PEI) in Virtual Environment Modelling

Workstation design can affect workers' health and productivity. Good workstation allow operator to reach the working object easily without cause harmful working posture. The height of workstation is one of important factor that can affect working posture. By using Jack6.0 Software we make virtual environment modeling of existing workstation and recommended workstation, so we can analyze the working posture of human percentiles 5th, 50th, and 95th. Then the result of Jack tools were integrated into Posture Evaluation Index that expresses the quality of working posture. The result of this research recommended the ideal design of workstation that can reduce musculoskeletal disorder risk.

Key Words : Ergonomy, Virtual Modelling, Jack 6.0, Garment, Working Posture, Posture Evaluation Index (PEI)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	viii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix

BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan	3
1.3 Perumusan Permasalahan	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 DASAR TEORI	10
2.1 Ergonomi	10
2.1.1 Definisi Ergonomi	10
2.1.2 Jenis Ergonomi	11
2.1.3 Ergonomic Workplace	11
2.1.4 <i>Musculoskeletal Disorder</i>	16
2.1.5 Antropometri	18
2.2 <i>Virtual Environment</i>	22
2.2.1 Definisi <i>Virtual Environment</i>	22
2.2.2 <i>Software AutoCad</i>	23
2.2.3 <i>Software Jack 6.0</i>	24
2.3 Metode Analisa Ergonomi Pada <i>Software Jack 6.0</i>	27
2.3.1 <i>Low Back Analysis (LBA)</i>	27
2.3.2 <i>Static Strength Prediction</i>	31
2.3.3 <i>NIOSH Lifting Analysis</i>	33
2.3.4 <i>Predetermined Time Analysis</i>	34
2.3.5 <i>Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i>	35
2.3.6 <i>Metabolic Energy Expenditure</i>	37
2.3.7 <i>Manual Handling Limits</i>	38
2.3.8 <i>Fatigue/Recovery Time Analysis</i>	39
2.3.9 <i>Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)</i>	40
2.4 Posture Evaluation Index	42
BAB 3 PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL	46
3.1 Gambaran Umum Perusahaan	46

3.1.1	Profil Perusahaan	46
3.1.2	Sistem Produksi Perusahaan	47
3.1.3	Sumber Daya Manusia	51
3.1.4	Mesin Dan Peralatan	53
3.2	Pengumpulan Data	56
3.2.1	Data Keluhan Pekerja.....	56
3.2.2	Data Antropometri Pekerja	56
3.2.3	Data Mesin dan Stasiun Kerja Divisi Kancing	62
3.2.4	Data Postur dan Rangkaian Kerja	67
3.3	Perancangan Model	67
3.3.1	Perancangan Model Aktual	67
3.3.2	Perancangan Model Ideal.....	83
3.3.3	Verifikasi dan Validasi Model	85
BAB 4 ANALISIS		88
4.1	Analisis Model Aktual.....	88
4.1.1	Analisis Model Stasiun Kerja Mesin Snap.....	89
4.1.2	Analisis Model Stasiun Kerja Mesin Taking	94
4.1.3	Analisis Model Stasiun Kerja Mesin Reece.....	99
4.1.4	Analisis Model Aktual Secara Keseluruhan	104
4.2	Analisis Model Ideal.....	105
4.2.1	Analisis Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap	105
4.2.2	Analisis Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking	110
4.2.3	Analisis Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece.....	114
4.2.4	Analisis Model Ideal Secara Keseluruhan	119
4.3	Analisis Perbandingan Model Aktual Dengan Model Ideal.....	120
4.3.1	Stasiun Kerja Mesin Snap	120
4.3.2	Stasiun Kerja Mesin Taking.....	122
4.3.3	Stasiun Kerja Mesin Reece	124
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		127
DAFTAR REFERENSI		128



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
Gambar 1. 2 Diagram Alir Metode Penelitian.....	7
Gambar 2. 1 Zona Jangkauan Horizontal Pekerja.....	12
Gambar 2. 2 Postur Kerja Tidak Ergonomis.....	13
Gambar 2. 3 Dimensi Tempat Duduk.....	15
Gambar 2. 4 Data Antropometri Struktural.....	21
Gambar 2. 5 Data Antropometri Fungsional.....	22
Gambar 2. 6 Contoh Tampilan <i>Software AutoCAD</i>	24
Gambar 2. 7 Contoh Tampilan <i>Environment Software Jack 6.0</i>	25
Gambar 2. 8 Contoh Postur Tubuh Manusia Pada <i>Software Jack 6.0</i>	26
Gambar 2. 9 Tampilan Hasil <i>Low Back Analysis</i>	27
Gambar 2. 10 Tampilan Hasil <i>Static Strength Prediction</i>	32
Gambar 2. 11 <i>Dialogue Box NIOSH</i>	34
Gambar 2. 12 <i>Dialogue Box Predetermined Time Analysis</i>	35
Gambar 2. 13 Pengelompokan Tubuh Metode RULA.....	36

Gambar 2. 14 <i>Dialog Box RULA</i>	37
Gambar 2. 15 <i>Dialogue Box Metabolic Energy</i>	38
Gambar 2. 16 <i>Dialogue Box Manual Handling</i>	39
Gambar 2. 17 <i>Dialogue Box Fatigue Recovery Time Analysis</i>	40
Gambar 2. 18 Kode OWAS untuk Berbagai Bagian Tubuh.....	41
Gambar 2. 19 Tampilan Grafik Hasil OWAS.....	42
Gambar 2. 20 Diagram Alir Metode PEI.....	42
Gambar 3. 1 Departemen Produksi PT. X.....	50
Gambar 3. 2 <i>Plant Layout</i> PT X.....	55
Gambar 3. 3 Hasil Uji Normalitas Data Tinggi Badan PT. X.....	57
Gambar 3. 4 Hasil Uji Normalitas Data Berat Badan PT. X.....	58
Gambar 3. 5 Data Antropometri Manusia Persentil 5%.....	60
Gambar 3. 6 Data Antropometri Manusia Persentil 50%.....	61
Gambar 3. 7 Data Antropometri Manusia Persentil 95%.....	62
Gambar 3. 8 Stasiun Kerja Divisi Kancing.....	63
Gambar 3. 9 Mesin Snap.....	64
Gambar 3. 10 Stasiun Kerja Mesin Taking.....	65
Gambar 3. 11 Mesin Taking.....	65
Gambar 3. 12 Stasiun Kerja Mesin Reece.....	66
Gambar 3. 13 Mesin Reece.....	66
Gambar 3. 14 Jenis Jahitan Lubang Kancing Mesin Reece.....	66
Gambar 3. 15 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Reece, Mesin Snap, dan Mesin Taking.....	67
Gambar 3. 16 Tahap Pengolahan Data.....	68
Gambar 3. 17 Gambar Mesin Dalam Bentuk AutoCad.....	68
Gambar 3. 18 Cad Stasiun Kerja Mesin Reece.....	69
Gambar 3. 19 Stasiun Kerja Mesin Taking.....	69
Gambar 3. 20 Cad Stasiun Kerja Mesin Snap.....	70
Gambar 3. 21 Mengimpor Objek Ke Dalam <i>Software</i> Jack.....	71
Gambar 3. 22 Lingkungan <i>Virtual</i> Stasiun Kerja Mesin Snap.....	72
Gambar 3. 23 Lingkungan <i>Virtual</i> Stasiun Kerja Mesin Taking.....	72
Gambar 3. 24 Lingkungan <i>Virtual</i> Stasiun Kerja Mesin Reece.....	73
Gambar 3. 25 Model Manusia Berdasarkan Persentil.....	74
Gambar 3. 26 Membuat Model Manusia dengan <i>Advanced Body Scaling</i>	75
Gambar 3. 27 Penyesuaian Posisi Model Manusia.....	76
Gambar 3. 28 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Snap.....	76
Gambar 3. 29 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Taking.....	77
Gambar 3. 30 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Reece.....	77
Gambar 3. 31 <i>Dialogue Box Task Simulation Builder</i>	78
Gambar 3. 32 Pembuatan Sistem Animasi Rangkaian Kerja.....	79
Gambar 3. 33 Rangkaian Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Taking.....	80

Gambar 3. 34 Grafik <i>Static Strength Prediction</i> Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking.....	81
Gambar 3. 35 Hasil Analisis LBA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking...	81
Gambar 3. 36 Hasil Analisis RULA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking	82
Gambar 3. 37 Hasil Analisis OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking	82
Gambar 3. 38 Bangku Kerja Ideal Untuk Persentil 95%, 50%, dan 5%.....	84
Gambar 3. 39 Meja Kerja Ideal Untuk Persentil 95%, 50%, dan 5%.....	84
Gambar 3. 40 Perbandingan Stasiun Kerja Ideal Persentil 5%, 50%, 95%	85
Gambar 3. 41 Perbandingan Postur dengan Kondisi Aktual.....	85
Gambar 3. 42 LBA Normal Tanpa Beban	86
Gambar 3. 43 LBA Setelah Menambah Beban 5kg.....	87
Gambar 4. 1 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Mesin Snap	89
Gambar 4. 2 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Mesin Snap	94
Gambar 4. 3 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Mesin Reece	99
Gambar 4. 4 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Ideal Mesin Snap	106
Gambar 4. 5 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Ideal Mesin Taking	110
Gambar 4. 6 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Ideal Mesin Taking.....	115

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rekomendasi Tinggi Permukaan Kerja	13
Tabel 2. 2 <i>Horizontal Multiplier</i>	28
Tabel 2.3 <i>Assymetric Multiplier</i>	29
Tabel 2. 4 <i>Vertical Multiplier</i>	29
Tabel 2.5 <i>Distance Multiplier</i>	30
Tabel 2.6 <i>Frecuency Multiplier</i>	30
Tabel 3. 1 <i>Database</i> Karyawan PT.X	52
Tabel 3. 2 Daftar Mesin	53
Tabel 3. 3 Data Antropometri Hasil Observasi Langsung	57
Tabel 3. 4 Persentil 5%, 50%, 95% Data Tinggi dan Berat Badan PT. X.....	58
Tabel 3. 5 Data Antropometri Pekerja Indonesia.....	59
Tabel 3. 6 Perbandingan Data Observasi dan Data Sekunder.....	59
Tabel 3. 7 Ukuran <i>Sitting Elbow Height</i> dan <i>Popliteal Height</i> Masing-Masing Perentil	83

Tabel 3. 8 Perbandingan Ukuran Stasiun Kerja Aktual dan Ideal	84
Tabel 4. 1 Output <i>Static Strength Prediction</i> Model Aktual Stasiun Kerja Snap .	89
Tabel 4. 2 Output LBA dan OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Snap	90
Tabel 4. 3 Nilai RULA Model Aktual Stasiun Kerja Snap.....	91
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Nilai <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI) Model Aktual Stasiun Kerja Snap	94
Tabel 4. 5 Output <i>Static Strength Prediction</i> Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking	95
Tabel 4. 6 Output LBA dan OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking.	96
Tabel 4. 7 Nilai RULA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking	97
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Nilai <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI) Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking.....	99
Tabel 4. 9 Output <i>Static Strength Prediction</i> Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece	100
Tabel 4. 10 Output LBA dan OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece	101
Tabel 4. 11 Nilai RULA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece	102
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Nilai <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI) Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece	104
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Perbandingan Stasiun Kerja Aktual	105
Tabel 4. 14 Output <i>Static Strength Prediction</i> Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap.....	106
Tabel 4. 15 Output LBA dan OWAS Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap...	107
Tabel 4. 16 Nilai RULA Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap.....	108
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Nilai <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI) Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap	110
Tabel 4. 18 Output <i>Static Strength Prediction</i> Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking	111
Tabel 4. 19 Output LBA dan OWAS Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking	112
Tabel 4. 20 Nilai RULA Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking	113
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Nilai <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI) Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking.....	114
Tabel 4. 22 Output <i>Static Strength Prediction</i> Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece	115
Tabel 4. 23 Output LBA dan OWAS Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece .	116
Tabel 4. 24 Tabel 4. 25 Nilai RULA Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece..	117
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Nilai <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI) Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece	118
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perbandingan Stasiun Kerja Ideal.....	120
Tabel 4. 28 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Ideal Mesin Snap	121
Tabel 4. 29 Hasil Analisis Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Snap.....	121

Tabel 4. 30 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Snap	122
Tabel 4. 31 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Ideal Mesin Taking	123
Tabel 4. 32 Hasil Analisis Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Taking	123
Tabel 4. 33 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Taking.....	124
Tabel 4. 34 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Ideal Mesin Reece	125
Tabel 4. 35 Hasil Analisis Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Reece.....	125
Tabel 4. 36 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Reece	126

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Hasil Analisis Software Jack

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Perkembangan dunia usaha garmen dan produk garmen pada beberapa tahun belakangan ini berkembang dengan pesat sebagai akibat dukungan perkembangan teknologi yang memungkinkan pembuatan produk dengan biaya rendah dan mutu yang tinggi. Sebagai konsekuensinya persaingan untuk memperebutkan pangsa pasar yang ada menjadi semakin ketat. Persaingan itu menjadi semakin menarik seiring dengan meningkatnya perekonomian yang berdampak pada meningkatnya permintaan. Peningkatan permintaan ini memaksa perusahaan untuk melakukan kegiatan produksi yang melebihi kapasitas produksi normal, sehingga durasi serta beban kerja yang ditanggung oleh para pekerja bertambah.

Aspek kualitas kehidupan kerja merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi rasa kepercayaan dan rasa kepemilikan pekerja kepada perusahaan, yang berujung kepada produktivitas dan kualitas kerja. Adalah sangat merugikan bagi perusahaan jika harus kehilangan para pekerja yang berkualitas hanya karena ketidaknyamanan pekerjaan. Ketidaknyamanan pekerjaan dapat disebabkan karena suasana pekerjaan yang tidak ergonomis.

Ergonomi ialah suatu ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan lingkungan dan alat kerja yang dipakai sehingga dapat berperan untuk menyelesaikan masalah ketidakserasian manusia dengan peralatan yang dipakai¹. Hal-hal yang perlu mendapat perhatian adalah beban tugas yang meliputi alat, metode dan lingkungan yang disesuaikan dengan kemampuan dan batasan manusia penerima tugas dalam hal ini adalah pekerja industri garmen.

Pada industri padat karya seperti industri garmen yang mengandalkan tenaga manusia, umumnya metode kerja yang digunakan meliputi pekerjaan yang dilakukan secara monoton dan berulang-ulang (*repetitive action*). Pekerja yang melakukan *repetitive action* dalam suatu rentang waktu tertentu akan sangat rentan mengalami gangguan muskuloskeletal. Gangguan muskuloskeletal

¹ Bridger.R.S, *Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.1.

merupakan gangguan cedera yang menyerang otot, syaraf, tendon, ligamen, sendi, atau tulang belakang manusia.

Keluhan muskuloskeletal sering juga dinamakan MSD (*Musculoskeletal Disorder*), RSI (*Repetitive Strain Injuries*), CTD (*Cumulative Trauma Disorders*) dan RMI (*Repetitive Motion Injury*). Terdapat empat faktor yang dapat meningkatkan timbulnya MSD yaitu: postur yang tidak alamiah, tenaga yang berlebihan, pengulangan berkali-kali, dan lamanya waktu kerja. Munculnya keluhan MSD dari yang paling ringan hingga yang berat akan mengganggu konsentrasi dalam bekerja, menimbulkan kelelahan dan pada akhirnya akan menurunkan produktivitas kerja seseorang².

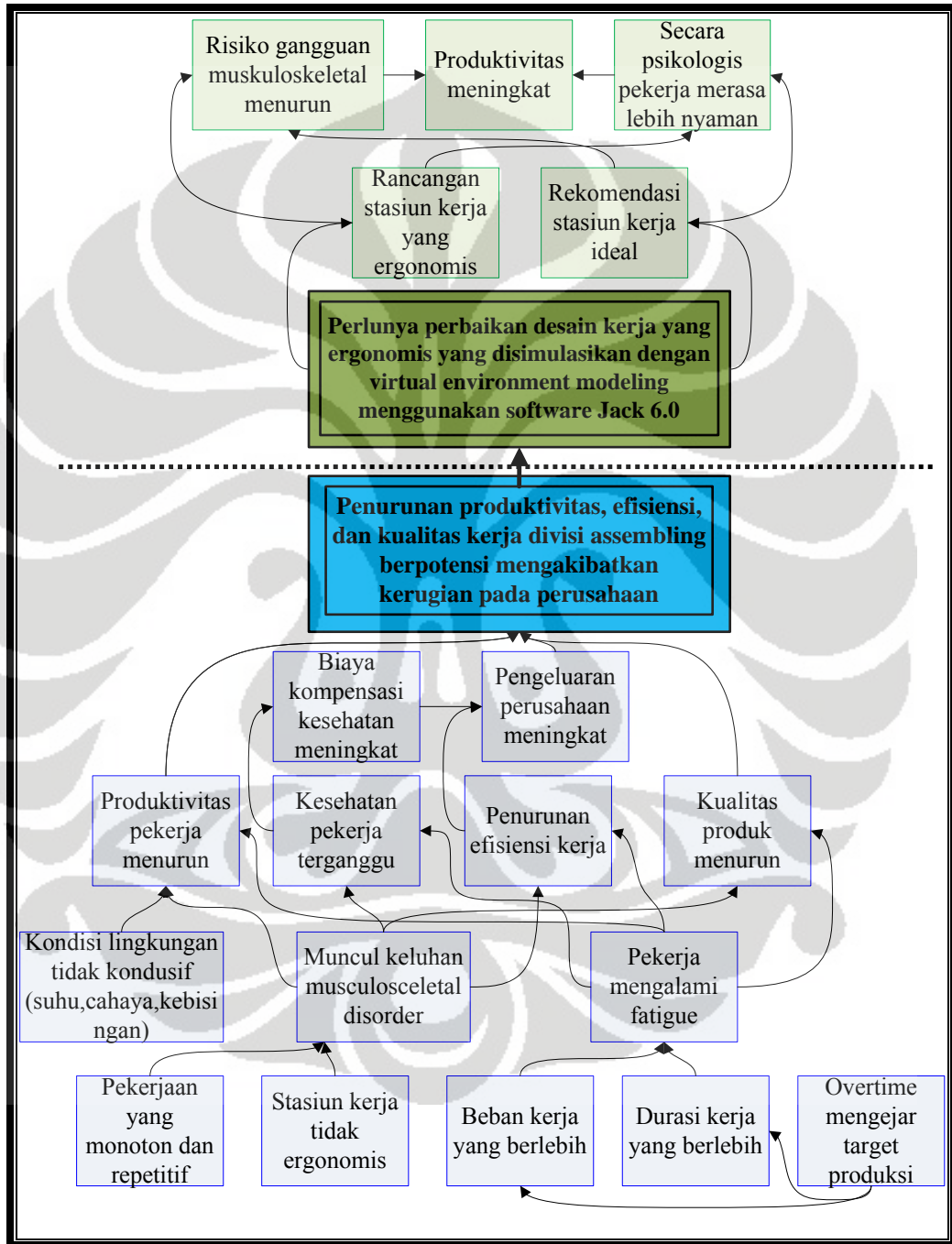
Dalam penelitian ini, peneliti akan melihat, apakah aktivitas kerja yang dilakukan para pekerja garmen mengakibatkan keluhan muskuloskeletal yang dapat mengganggu produktivitas kerja. Selain itu, peneliti juga ingin melihat apakah sistem kerja yang dijalankan perusahaan telah memperhatikan kaidah-kaidah ergonomis bagi pekerjanya. Pada kaidahnya, penelitian ini akan dilakukan dengan melakukan simulasi terhadap sistem kerja yang ada pada industri garmen dengan menggunakan bantuan *software Jack 6*. Setelah diketahui masalah-masalah ergonomi yang ada, peneliti akan merancang suatu sistem kerja ideal yang dapat memenuhi kaidah-kaidah ergonomi, sehingga diharapkan dengan usulan ini pekerja divisi kancing dapat bekerja dengan lebih nyaman dan sehat sehingga efisiensi dan produktivitas kerja dapat tercapai.

Usulan sistem kerja yang memenuhi kaidah ergonomi ini diharapkan dapat diterapkan pada industri garmen lain secara umum karena pada dasarnya rangkaian sistem kerja untuk perusahaan garmen adalah serupa, sehingga lokasi penelitian yang kami pilih telah dapat merepresentasikan sistem kerja industri garmen secara umum. Selain itu dari hasil penelitian ini juga diharapkan dapat mendorong dan memajukan usaha garmen tingkat kecil dan menengah (UKM) sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan usaha masyarakat tingkat menengah kebawah.

²Hagberg. Mats et al, *Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs); A Reference Book for Prevention*, Taylor & Francis, London, 1997, p.6

1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan

Berikut ini adalah diagram keterkaitan permasalahan yang menggambarkan kaitan antarpermasalahan dalam sistem yang ada di perusahaan.



Gambar 1. 1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, permasalahan yang dihadapi oleh para operator terutama dalam divisi kancing adalah penurunan produktivitas, efisiensi, dan kualitas kerja dimana dua penyebab utamanya adalah akibat keadaan lingkungan kerja yang tidak nyaman, serta metode kerja dan stasiun kerja yang kurang memenuhi standar kesehatan dalam bekerja. Kedua hal tersebut turut dapat memicu terjadinya cedera atau gangguan kelainan sendi (yang sering disebut dengan istilah *Work related Musculoskeletal Disorders*). Faktor penyebab terjadinya WMSDs adalah pekerjaan yang monoton dan repetitif, tingginya tingkat *manual handling*, dan beban kerja yang tinggi. Hal tersebut berujung pada penurunan tingkat produktivitas, efisiensi kerja menurun, serta pengeluaran perusahaan bertambah sehingga perlu dilakukan analisa dan perbaikan terhadap sistem kerja yang ada sehingga dapat memenuhi standar ergonomi.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kerja dari industri garmen telah memenuhi kaidah-kaidah faktor manusia dan ergonomi yang ada, serta merancang sistem kerja yang ideal dalam bentuk simulasi *virtual human modeling* dengan menggunakan *software Jack 6.0*. Peneliti berharap bahwa dari hasil penelitian ini akan dapat meningkatkan produktivitas pekerja industri garmen sehingga diharapkan pendapatan perusahaan juga dapat mengalami peningkatan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penulis melakukan penelitian pada Divisi Kancing industri garmen.
2. Penelitian dilakukan pada stasiun kerja yang menggunakan mesin saja, yaitu stasiun kerja mesin snap, stasiun kerja mesin taking, dan stasiun kerja mesin reece. Karena atas pertimbangan pada stasiun kerja yang menggunakan mesin, aktivitas kerja yang dilakukan pekerja cenderung repetitive dan monoton

sehingga dari postur kerja yang terbentuk berisiko tinggi menyebabkan kelelahan otot.

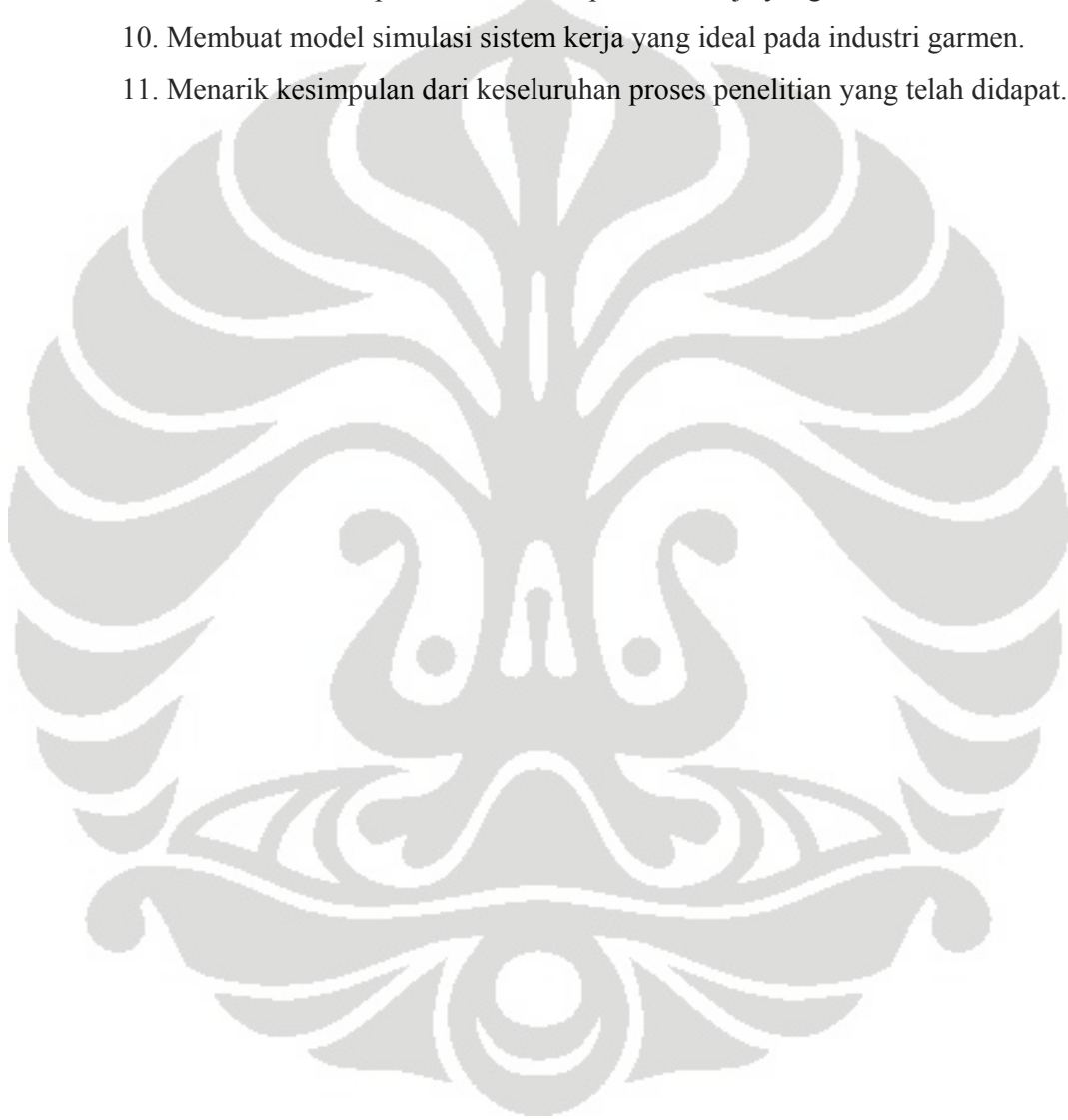
3. Sistem kerja industri garmen yang akan diteliti meliputi manusia (*people*), rangkaian tugas (*task*), dan stasiun kerja (*workstation*), tanpa membahas *environment* (suhu, kebisingan, dan pencahayaan), dikarenakan *software* Jack 6.0 yang digunakan memiliki keterbatasan hanya dapat menganalisa postur fisik model manusia saja, tidak dapat menganalisa pengaruh faktor *environment* terhadap performa kerja model manusia.
4. Penelitian ini hanya sebatas usulan mengenai desain stasiun kerja untuk mengurangi resiko, dan menyelesaikan masalah ergonomi yang dapat memberikan kenyamanan bagi pekerja, tidak mencakup perhitungan anggaran.
5. Hasil dari penelitian ini akan berupa rekomendasi model sistem kerja yang ideal secara ergonomi yang diolah dengan menggunakan *software* Jack 6.0.

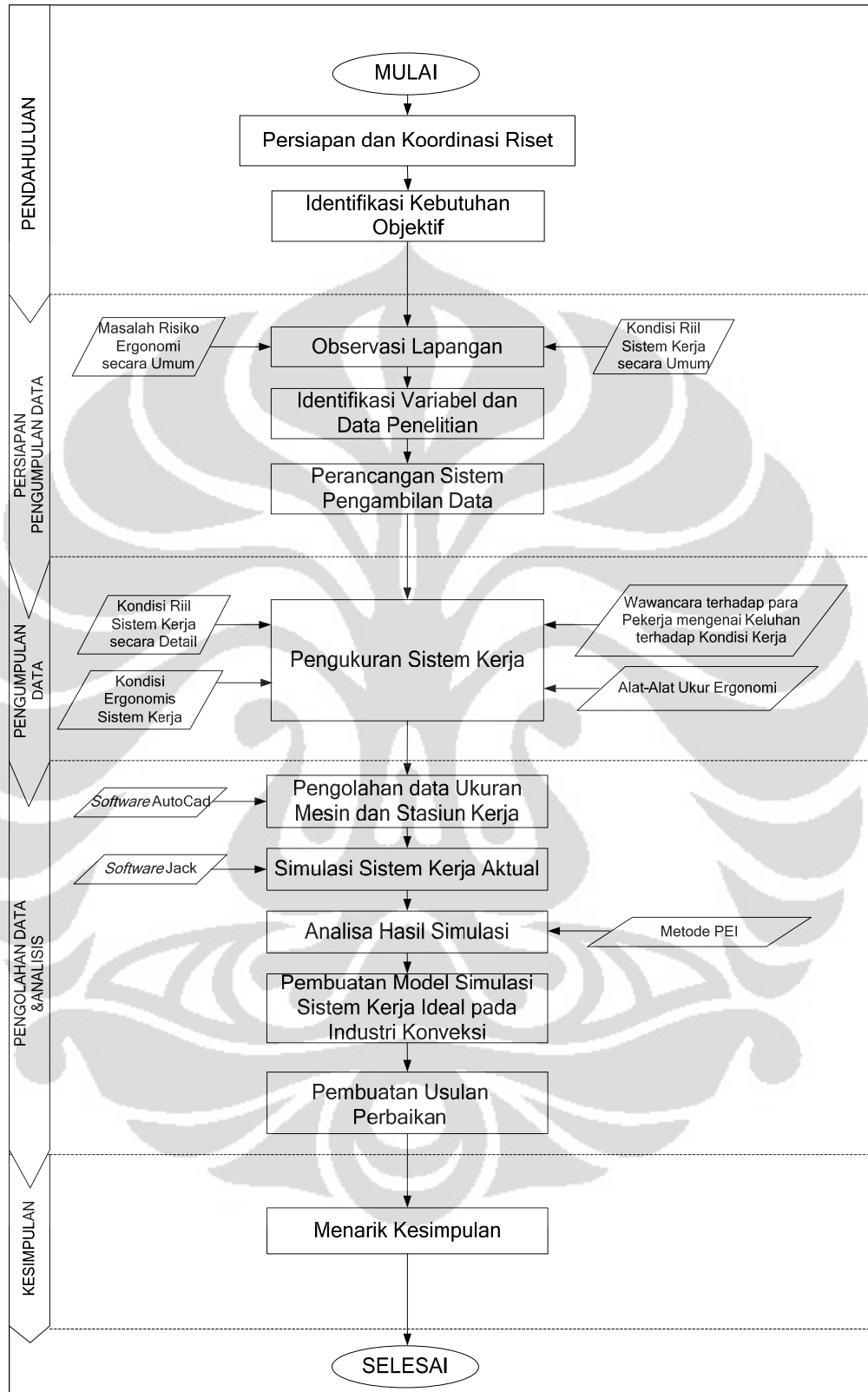
1.6 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan, maka keseluruhan kegiatan penelitian dirancang untuk mengikuti diagram alir seperti tampak pada Gambar 1. Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan koordinasi riset.
2. Mengidentifikasi kebutuhan obyektif dari penelitian.
3. Melakukan observasi langsung ke industri garmen untuk melihat kondisi riil sistem kerja yang ada di sana, sekaligus untuk mengetahui permasalahan risiko ergonomi yang terdapat dalam sistem kerja yang dijalankan.
4. Mengidentifikasi variabel dan data penelitian berdasarkan hasil observasi.
5. Merancang sistem pengambilan data di lapangan.
6. Melakukan pengambilan data mengenai sistem kerja yang ada di industri garmen, dilihat dari sisi ergonomi, dengan menggunakan alat-alat ukur ergonomi, untuk mengetahui kondisi riil dari sistem kerja tersebut. Selain itu, peneliti juga melakukan penyebaran kuisisioner untuk mengetahui keluhan para pekerja mengenai kondisi kerja yang ada di sana.

7. Mengolah data kuisisioner dan mensimulasikan data-data ergonomi yang didapat dengan menggunakan *software* Jack.
8. Menganalisa hasil pengolahan kuisisioner dan hasil simulasi yang dikeluarkan *software* Jack untuk mengetahui akar masalah dari risiko ergonomi yang terjadi pada sistem kerja yang ada.
9. Membuat usulan perbaikan terhadap sistem kerja yang telah ada.
10. Membuat model simulasi sistem kerja yang ideal pada industri garmen.
11. Menarik kesimpulan dari keseluruhan proses penelitian yang telah didapat.





Gambar 1. 2 Diagram Alir Metode Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terdiri atas lima bab. Bab pertama adalah bab pendahuluan yang berisi tentang latar belakang permasalahan, kemudian diagram keterkaitan masalah yang memetakan permasalahan secara sistematis. Selanjutnya dari diagram tersebut, dilakukan perumusan masalah, serta tujuan penelitian yang berisi output yang diinginkan dari penelitian ini. Bab ini juga berisi batasan permasalahan dan metodologi penelitian yang digunakan oleh peneliti. Batasan permasalahan menjelaskan beberapa hal yang membatasi ruang lingkup penelitian. Metodologi penelitian berisi tahapan penelitian disertai dengan metode yang digunakan untuk mengurangi resiko ergonomi pada lini produksi yang mengharuskan pekerjaannya melakukan kegiatan berulang (*repetitive action task*) dengan postur yang monoton. Metodologi tersebut kemudian dijabarkan dalam bentuk diagram alir. Pada bagian akhir bab pertama ini terdapat sistematika penulisan yang berisi gambaran singkat dari keseluruhan isi skripsi ini.

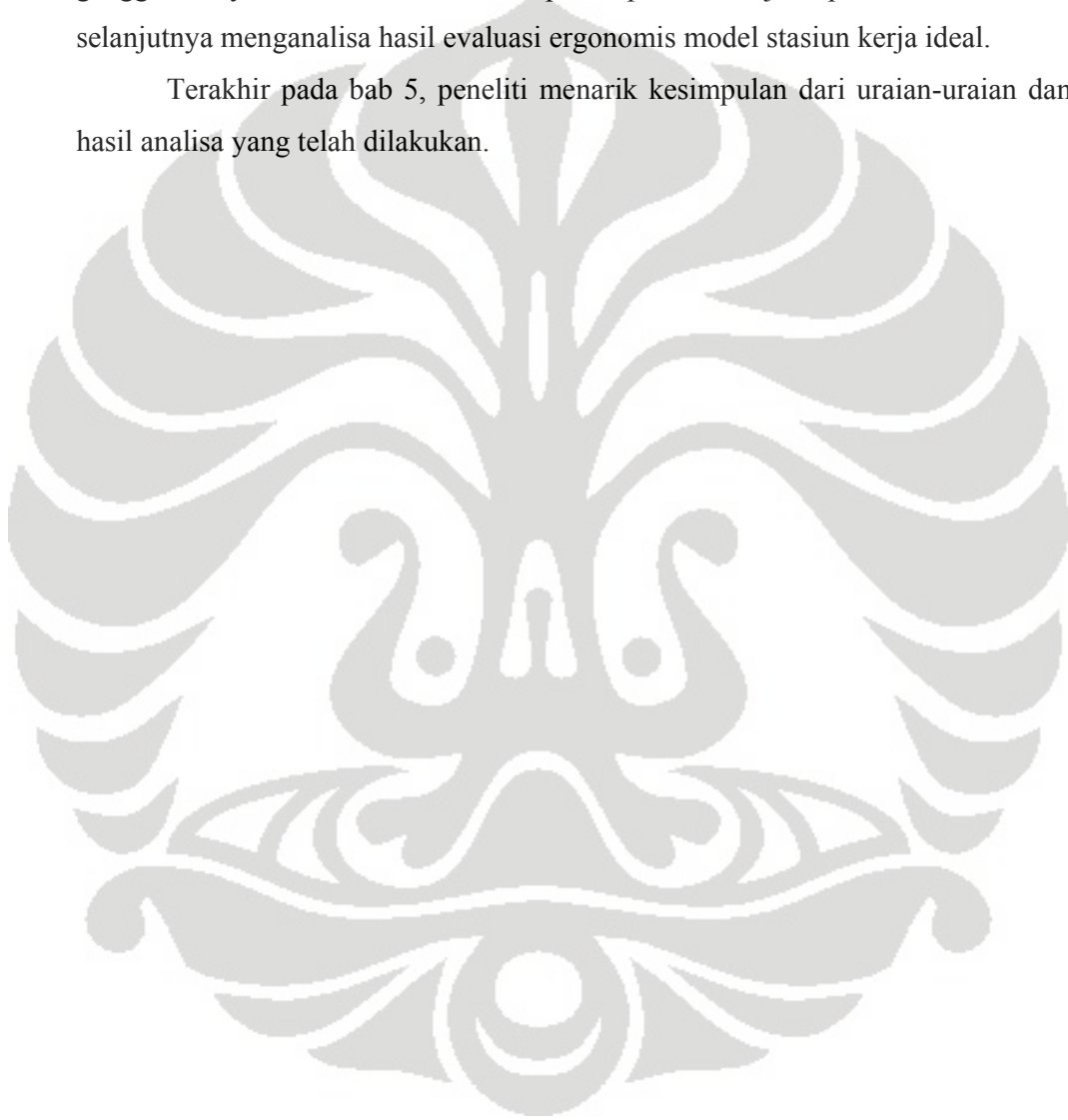
Sebelum beranjak ke bagian pembahasan penelitian, tentunya perlu dipaparkan terlebih dahulu teori-teori yang menjadi landasan dalam penelitian. Dalam bab dua, akan dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan ergonomi, metode analisis ergonomi, standar ergonomi pada lingkungan kerja, *virtual environment modeling*, dan sedikit masalah WMSD.

Bab ketiga merupakan bagian pengumpulan data dan pengolahannya. Terdiri dari macam-macam data yang dikumpulkan selama penelitian berlangsung, seperti data keluhan pekerja, data antropometri pekerja, data ukuran mesin dan stasiun kerja, serta data postur dan rekaman video kegiatan bekerja operator. Data-data yang telah didapat tersebut kemudian diolah dengan menggunakan *software* AutoCAD dan Jack 6.0 untuk diteliti apakah pekerjaan yang dilakukan pekerja pada divisi *assembling* ini telah memenuhi kaidah-kaidah faktor manusia dan ergonomi atau tidak.

Pada bab keempat, yaitu bab Analisis hasil pengolahan data, dijelaskan mengenai analisis dari data yang telah diolah. Analisis dilakukan dengan menginterpretasikan hasil grafik dan skor penilaian ergonomis yang dihasilkan *software* Jack. Setelah menganalisa hasil output *tools* Jack secara satu persatu maka kemudian skor penilaian dari masing-masing *tools* tersebut di akumulasikan

menjadi suatu *Posture Evaluation Index* (PEI) yang menunjukkan kualitas postur kerja secara keseluruhan. PEI ini dijadikan dasar analisis apakah stasiun kerja yang disimulasikan tersebut telah memenuhi standar ergonomis atau tidak. Desain kerja aktual yang menjadi objek penelitian dianalisis terlebih dahulu, sehingga dapat diketahui bagaimana kondisi system kerja aktual apakah terdapat risiko gangguan system musculoskeletal pada postur kerja operator. Kemudian selanjutnya menganalisa hasil evaluasi ergonomis model stasiun kerja ideal.

Terakhir pada bab 5, peneliti menarik kesimpulan dari uraian-uraian dan hasil analisa yang telah dilakukan.



BAB 2

DASAR TEORI

Dalam bab ini akan dibahas teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, di antaranya ergonomi, *virtual environment*, metode analisis ergonomi pada *software* Jack, serta metode PEI.

2.1 Ergonomi

2.1.1 Definisi Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa latin yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (hukum alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan (Helander, 2006). Di dalam ergonomi dibutuhkan studi tentang system dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya.

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancang bangun (desain) ataupun rancang ulang (re-desain). Hal ini dapat meliputi perangkat keras seperti misalnya perkakas kerja (*tools*), kursi kerja, *platform*, pegangan alat kerja, (*workholders*), system pengendali (*controls*), alat peraga (*displays*), jalan/lorong (*access ways*), pintu (*doors*), jendela (*windows*), dan lain-lain. Masih dalam kaitan dengan hal tersebut diatas adalah bahasan mengenai perancangan lingkungan kerja (*working environment*), karena jika sistem perangkat keras berubah maka akan berubah pula lingkungan kerjanya.

Disamping itu ergonomi juga memberikan peranan penting dalam meningkatkan factor keselamatan dan kesehatan kerja, misalnya: desain suatu sistem kerja untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia, desain stasiun kerja untuk alat peraga visual (*visual display unit station*). Hal itu adalah untuk mengurangi ketidaknyamanan visual dan postur kerja, desain suatu perkakas kerja (*handtools*) untuk mengurangi kelelahan kerja, desain suatu peletakan instrument dan sistem pengendali agar didapat optimasi dalam proses transfer informasi dengan dihasilkannya suatu respon yang cepat

dengan meminimumkan risiko kesalahan, serta agar didapatkan optimasi, efisiensi kerja, dan hilangnya risiko kesehatan akibat metode kerja yang kurang tepat.

2.1.2 Jenis Ergonomi

Ergonomi dibagi menjadi tiga jenis, yaitu ergonomi fisik, ergonomi kognitif, dan ergonomi organisasi.³

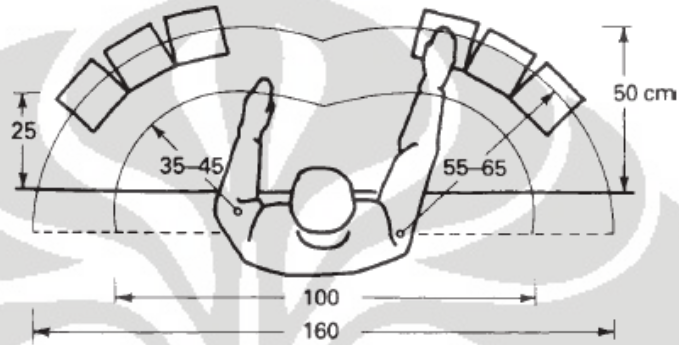
- Ergonomi fisik berhubungan dengan respon tubuh manusia terhadap beban fisik dan psikologis. Topik-topik yang relevan meliputi penanganan material secara manual, tata letak stasiun kerja, permintaan pekerjaan, dan faktor-faktor risiko seperti repetisi, getaran, kekuatan, dan postur tak alamiah/ statis yang menghubungkannya pada kelainan muskuloskeletal (repetitive strain injury).
- Ergonomi kognitif, juga disebut engineering psychology, melibatkan proses-proses mental seperti persepsi, atensi, kognisi, pengendalian motorik, dan penyimpanan dan retrieval ingatan yang mempengaruhi interaksi antara manusia dan elemen-elemen sistem. Topik yang relevan meliputi beban kerja mental, kewaspadaan, pengambilan keputusan, skilled performance, human error, interaksi manusia-komputer, dan pelatihan.
- Ergonomi organisasi atau makroergonomi, berhubungan dengan optimasi dari sistem-sistem sosioteknik, meliputi struktur organisasi, kebijakan, dan proses. Topik relevan meliputi pembagian kerja, penjadwalan, kepuasan pekerjaan, teori motivasi, supervisi, kerja tim, telework, dan etika.

2.1.3 Ergonomic Workplace

Desain dari tempat kerja (*workplace*) dapat berpengaruh terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja. Kondisi kerja yang tidak memperhatikan kenyamanan, kepuasan, keselamatan dan kesehatan kerja tentunya akan sangat berpengaruh terhadap produktivitas kerja manusia. Beberapa faktor yang

³ Anon., *Ergonomics*, 2009, <<http://en.wikipedia.org/wiki/Ergonomics>>, (last updated 31st March 2009, accessed 2 April 2009)

mempengaruhi kesehatan pekerja dari sebuah desain tempat kerja adalah layout dari stasiun kerja, kecepatan kerja, dan berat benda yang ditangani pekerja. *Layout* stasiun kerja yang baik adalah layout yang memungkinkan pekerjaanya untuk menjangkau benda kerjanya dengan mudah (benda kerja dalam *reach zone*). Pada gambar 2.1 dibawah ini ditunjukkan zona jangkauan horizontal pekerja.

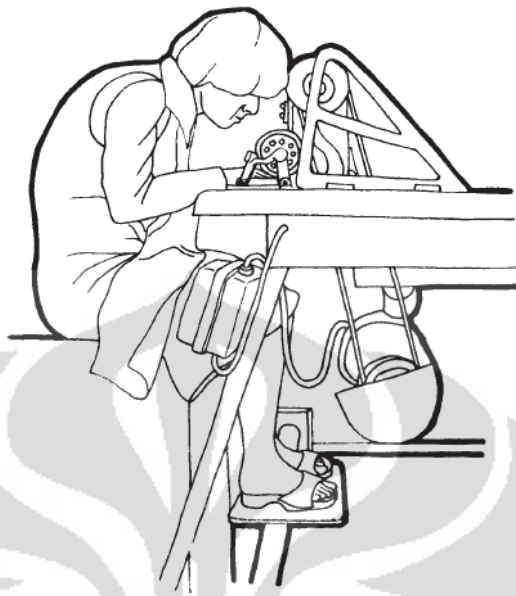


Gambar 2. 1 Zona Jangkauan Horizontal Pekerja

Sumber : Pheasant, Stephen, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work 2nd Edition*. USA: Taylor & Francise,2003.p.55

Ketinggian stasiun kerja juga merupakan faktor penting yang mempengaruhi postur pekerja. Yang mempengaruhi ketinggian stasiun kerja meliputi dua hal, yaitu ketinggian permukaan kerja (meja kerja) dan ketinggian permukaan duduk (kursi kerja).

Ketinggian permukaan meja kerja haruslah sesuai dengan penggunaanya. Apabila ketinggian permukaan meja kerja terlalu tinggi maka mengakibatkan bahu dan lengan atas akan terangkat ke dalam posisi tidak nyaman yang dapat menyebabkan kelelahan dan nyeri otot. Sedangkan apabila ketinggian permukaan meja kerja terlalu rendah, leher dan kepala akan tertunduk sehingga dapat mengakibatkan tulang belakang dan otot menegang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa stasiun kerja yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan kelelahan dan nyeri otot pekerjaanya. Pada gambar 2.2 dibawah ini merupakan contoh postur pekerja garmen yang tergolong tidak ergonomis.



Gambar 2. 2 Postur Kerja Tidak Ergonomis

Sumber : Pheasant, Stephen, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work 2nd Edition*. USA: Taylor & Francise,2003.p.61

Pada tabel 2.1 berikut ini adalah rekomendasi tinggi permukaan kerja untuk pekerja yang bekerja dalam keadaan duduk (Ayoub,1973). Untuk pekerja yang menggunakan *keyboard*, tinggi permukaan kerja lebih rendah 3-6 cm dari tinggi permukaan kerja untuk menulis, karena memperhitungkan tebal *keyboard* . Selain itu, harus tersedia ruang untuk kaki orang yang duduk. Menurut Ayoub (1973) ruang kaki yang direkomendasikan adalah tinggi 50cm dengan kedalaman 65 cm (jarak diukur dari *ischial tuberosities* orang yang duduk).

Tabel 2. 1 Rekomendasi Tinggi Permukaan Kerja

Table 4.5 Recommended worksurface heights (cm) for sedentary workers^a

<i>Task requirements</i>	<i>Male</i>	<i>Female</i>
Fine work	99-105	89-95
Precision work	89-94	82-87
Writing	74-78	70-75
Coarse or medium work	69-72	66-70

^a From Ayoub (1973).

Sumber: Bridger.R.S,*Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.107

Faktor kedua yang mempengaruhi ketinggian stasiun kerja adalah kursi kerja. Kursi kerja yang memenuhi kaidah ergonomis harus memenuhi faktor-faktor di bawah ini, yaitu:⁴

a. *Safety* (Keamanan)

Kursi kerja seharusnya tidak menimbulkan risiko kecelakaan kerja. Kursi kerja yang memenuhi faktor keamanan haruslah stabil permukaannya, tidak terbuat dari bahan yang mudah terbakar, serta tidak terdapat sudut-sudut tajam yang membahayakan.

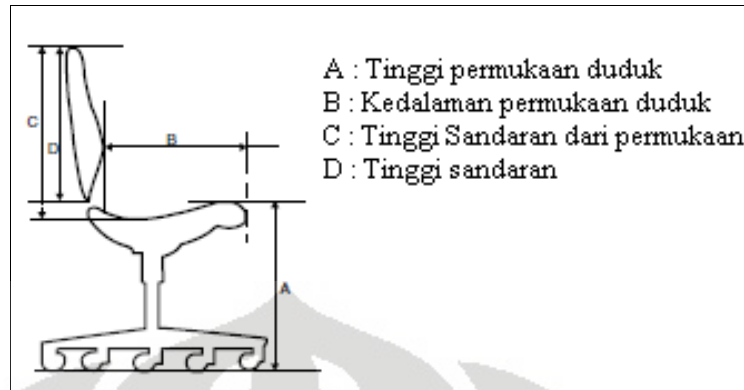
b. *Adaptability* (Dapat disesuaikan dengan penggunaanya)

Kursi kerja haruslah dapat disesuaikan dengan penggunanya, yaitu dari segi ketinggian tempat duduk, lebar permukaan duduk, kedalaman permukaan duduk, ketinggian sandaran duduk, serta ketinggian penyangga tangan. Tinggi duduk dihitung dari tanah hingga ke permukaan tertinggi kursi. Ketinggian ini sebaiknya dapat disesuaikan antara 35cm (menyesuaikan tinggi popliteal wanita persentil 5%) sampai 50cm (menyesuaikan tinggi popliteal pria persentil 95%).

Ukuran permukaan duduk berhubungan erat dengan ukuran lebar pinggul dan ukuran *buttock-knee* penggunaanya. Lebar permukaan duduk harus dapat digunakan oleh subjek yang memiliki lebar pinggul terbesar, yaitu wanita persentil 95%. Ukuran yang direkomendasikan untuk lebar permukaan duduk ini adalah lebih dari atau sama dengan 49cm. Sedangkan untuk ukuran kedalaman permukaan duduk harus berdasarkan tinggi popliteal subjek wanita persentil 5%, dengan pertimbangan agar posisi paha tetap nyaman sehingga dapat menumpu punggung belakang dengan baik. Ukuran yang direkomendasikan untuk kedalaman duduk ini adalah <41-42cm.

Pada gambar 2.3 dibawah ini ditunjukkan karakteristik dimensi utama dari kursi kerja:

⁴ Evaluation of Work Chairs, D. Colombini, E. Occhipinti, G. Molteni and A. Griec, Research Unit "Ergonomics of Posture and Movement" EPM — Milano, I-20145 Milan, Italy



Gambar 2. 3 Dimensi Tempat Duduk

c. *Comfort* (Nyaman)

Kursi kerja haruslah nyaman, sesuai dengan kontur tubuh, dan dapat disesuaikan dengan penggunanya sehingga memenuhi kebutuhan fisiologis pengguna. Kursi kerja yang baik seharusnya dilengkapi dengan sandaran dan penyangga kaki, sehingga dapat menopang tubuh dengan baik.

d. *Practically* (Paktis)

Penyesuaian kursi kerja haruslah dapat dilakukan semudah mungkin oleh penggunanya. Misalnya tuas untuk mengubah ketinggian kursi haruslah mudah dijangkau pengguna.

e. *Solidity* (Kokoh)

Kursi dan komponennya haruslah kuat dan kokoh, serta tahan lama dapat digunakan dengan baik tanpa perubahan performa ergonomis produk.

f. *Suitable* (Tepat penggunaannya)

Kursi haruslah dirancang dengan tepat sesuai dengan penggunaannya dan lingkungan kerja. Tidak kursi standar yang dapat sesuai digunakan untuk semua jenis pekerjaan.

Ketinggian optimum stasiun kerja dapat pula diperoleh dari perhitungan sebagai berikut :⁵

Tinggi Meja Kerja = (*Sitting Elbow Height* +7,5cm) + (*Popliteal Height*-5cm)

Tinggi Kursi Kerja = (Tinggi Meja Kerja-*Sitting Elbow Height*)

2.1.4 *Musculoskeletal Disorder*

Kecelakaan dan gangguan kesehatan yang terjadi di tempat kerja dapat menyebabkan kerugian finansial bagi perusahaan dan permasalahan serius bagi para pekerja. Biaya tidak langsung yang disebabkan oleh kecelakaan dan gangguan kesehatan di tempat kerja dapat mencakup: biaya lembur, modifikasi peralatan, administrasi, pelatihan ulang, dan produktivitas yang menurun. Mayoritas kecelakaan dan gangguan kesehatan yang terjadi di tempat kerja dikenal dengan *Musculoskeletal disorders* (MSD). Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan sakit, nyeri, pegal-pegal dan lainnya pada sistem otot (muskuloskeletal) seperti tendon, pembuluh darah, sendi, tulang, syaraf dan lainnya yang disebabkan oleh aktivitas kerja. MSD bukanlah sebuah diagnose kesehatan yang merujuk pada suatu penyakit khusus, melainkan merupakan sekumpulan luka yang mencakup:

- *Back pain (low back strain, etc.)*
- *Muscle strain*
- *Tendonitis*
- *Carpal tunnel syndrome (CTS)*
- *Rotator cuff syndrome*
- *Repetitive Strain Injury (RSI)*
- *Tennis elbow (epicondylitis)*
- *Shoulder pain (shoulder myalgia)*

Langkah-langkah yang dapat diambil untuk menghilangkan atau mengurangi faktor risiko (*risk factor*) yang berhubungan dengan tempat kerja sehingga terciptat tempat kerja yang memenuhi kaidah-kaidah ergonomi adalah⁶:

⁵Pheasant, Stephen, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work 2nd Edition*. USA: Taylor & Francise,2003.p.94-96

a. Meningkatkan Kewaspadaan akan Pentingnya Keselamatan dan Kesehatan Kerja

- Memanfaatkan *display* dan *bulletin board* yang disertai dengan tip untuk menghindari terjadinya kecelakaan dan gangguan kesehatan di tempat kerja
- Mendesain suatu area khusus yang mudah diakses untuk menampilkan pamphlet dan material yang berhubungan dengan *workplace ergonomics* dan MSD (*Musculoskeletal Disorders*)
- Mencantumkan artikel yang relevan dengan ergonomi di tempat kerja dalam *internal newsletter*

b. Mengembangkan Keahlian

- Membuat sesi diskusi, presentasi atau *workshop* tentang ergonomi di tempat kerja dan MSD
- Memberikan pelatihan dan saran-saran yang berhubungan dengan risiko kerja dan risiko tempat kerja
- Memotivasi para pekerja untuk berpartisipasi aktif dalam program kesehatan dan keselamatan dengan melaporkan jika pekerja merasakan gejala-gejala awal dari MSD
- Membuat *workshop* untuk para pekerja agar mereka dapat mempelajari keahlian yang berhubungan dengan bagaimana cara melakukan *ergonomic assessment* ke rekan kerja mereka

c. Menciptakan Lingkungan yang Mendukung

- Mengidentifikasi dan mengevaluasi pekerjaan yang memiliki risiko MSD
- Mengikutsertakan dan mendengarkan pekerja dalam mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengontrol faktor risiko MSD
- Memotivasi para pekerja untuk melaporkan bahaya MSD pada *supervisor* yang berwenang

⁶ “Workplace Ergonomics”. *Wellness Works*. 2006.
<http://www.bchu2.picassofish.com/pdf/Wellness_Works/handbook/Workplace_Ergonomics.pdf.>

- Memotivasi pekerja untuk beristirahat sejenak dan mengganti posisi tubuh ketika mereka melakukan pekerjaan yang bersifat repetitif atau pekerjaan yang membutuhkan banyak tenaga
 - Memastikan *Physical Demands Analysis* (PDA's) dilakukan untuk setiap pekerjaan yang bersifat fisik
 - Memotivasi pekerja untuk membagi ide mereka agar dapat membuat pekerjaan mereka menjadi lebih nyaman, efisien, serta tidak menuntut aktivitas fisik dan mental yang berlebih
 - Menawarkan insentif bagi pekerja yang secara aktif memberikan ide dan solusi dalam mengurangi risiko terjadinya kecelakaan kerja
- d. Merancang Kebijakan Kesehatan di Tempat Kerja

2.1.5 Antropometri

Perlunya memerhatikan faktor ergonomi dalam proses perancangan fasilitas kerja tidak terlepas dari pembahasan mengenai ukuran antropometri tubuh pekerja maupun penerapan data-data antropometrinya. Antropometri merupakan cabang ilmu pengetahuan manusia yang berhubungan dengan pengukuran tubuh, terutama pengukuran ukuran tubuh, bentuk tubuh, kekuatan, dan kapasitas kerja. Antropometri merupakan cabang ilmu ergonomi sangat penting. Antropometri merupakan bagian dari ergonomi kognitif (yang berhubungan dengan proses informasi), ergonomi lingkungan, dan subdisiplin lainnya yang berhubungan secara paralel.⁷

Antropometri menurut Stevenson (1989) dan Nurmiyanto (1991) adalah suatu kumpulan data numeric yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk, kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk masalah .Penerapan data antropometri dapat dilakukan jika tersedianya nilai rata-rata (mean) dan standar deviasinya dari suatu distribusi normal.

Terdapat dua pilihan dalam merancang sistem kerja berdasarkan data antropometri, yaitu:

⁷Pheasant, Stephen, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work 2nd Edition*. USA: Taylor & Francise,2003.

- Sesuai dengan tubuh pekerja yang bersangkutan (perancangan individual), yang terbaik secara ergonomi
- Sesuai dengan populasi pemakai/pekerja

Perancangan untuk populasi sendiri memiliki tiga pilihan yaitu:

- *Design for extreme individuals*

Terdapat 2 prinsip yang digunakan dalam membuat rancangan produk untuk individu dengan ukuran tubuh yang ekstrim. Prinsip yang pertama adalah bahwa rancangan produk tersebut bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang termasuk klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan rata-ratanya. Prinsip yang kedua adalah bahwa rancangan produk tersebut tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada)

- *Design for adjustable range*

Rancangan produk yang dihasilkan bersifat fleksibel karena bisa disesuaikan untuk berbagai macam ukuran tubuh. Contoh yang paling banyak dijumpai adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini letaknya bisa digeser maju mundur dan sudut sandarannya pun bisa berubah sesuai dengan yang diinginkan. Untuk mendapatkan rancangan desain yang bisa diubah-ubah ini maka data antropometri yang umumnya digunakan adalah dalam rentang nilai 5th sampai dengan 95th percentile.

- *Design for average*

Rancangan produk dibuat berdasarkan rata-rata ukuran manusia. Permasalahan yang sering terjadi ketika membuat rancangan produk dengan menggunakan rata-rata ukuran manusia adalah sedikitnya jumlah manusia yang kenyataannya berada dalam rentang rata-rata ukuran tubuh manusia.

Untuk penerapan data antropometri, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan

berdasarkan harga rata-rata (mean) dan standar deviasinya dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, maka “percentiles” dapat ditetapkan sesuai dengan table probabilitas distribusi normal. Persentil merupakan suatu nilai yang menyatakan presentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama atau lebih rendah dari nilai tersebut. Sebagai contoh 95th persentil akan menunjukkan 95% populasi yang berada pada atau lebih kecildari ukuran tersebut, sedangkan 5th persentil akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran itu.

Dalam perhitungan persentil, ada dua cara yang dapat digunakan yaitu pertama, dengan langsung melihat distribusi data, dan kedua, dengan menggunakan grafik (pengukuran, perhitungan, atau perkiraan) nilai persentil (Marras & Karwowski, 2006, p.9-4). Oleh karena kebanyakan data antropometri terdistribusi secara normal, maka pendekatan yang lebih mudah digunakan adalah cara kedua yang melibatkan standar deviasi, S. Perhitungan persentil, p, dengan pendekatan ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$p = m + k \times S \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan

p = nilai persentil; m = nilai rata-rata; k = faktor pengali; S = standar deviasi

Jika persentil yang diinginkan di atas persentil 50, maka faktor k, bertanda positif. Sebaliknya, jika persentil yang diinginkan berada di bawah persentil 50, maka faktor k, bernilai negatif (Marras & Karwowski, 2006, p.9-4).

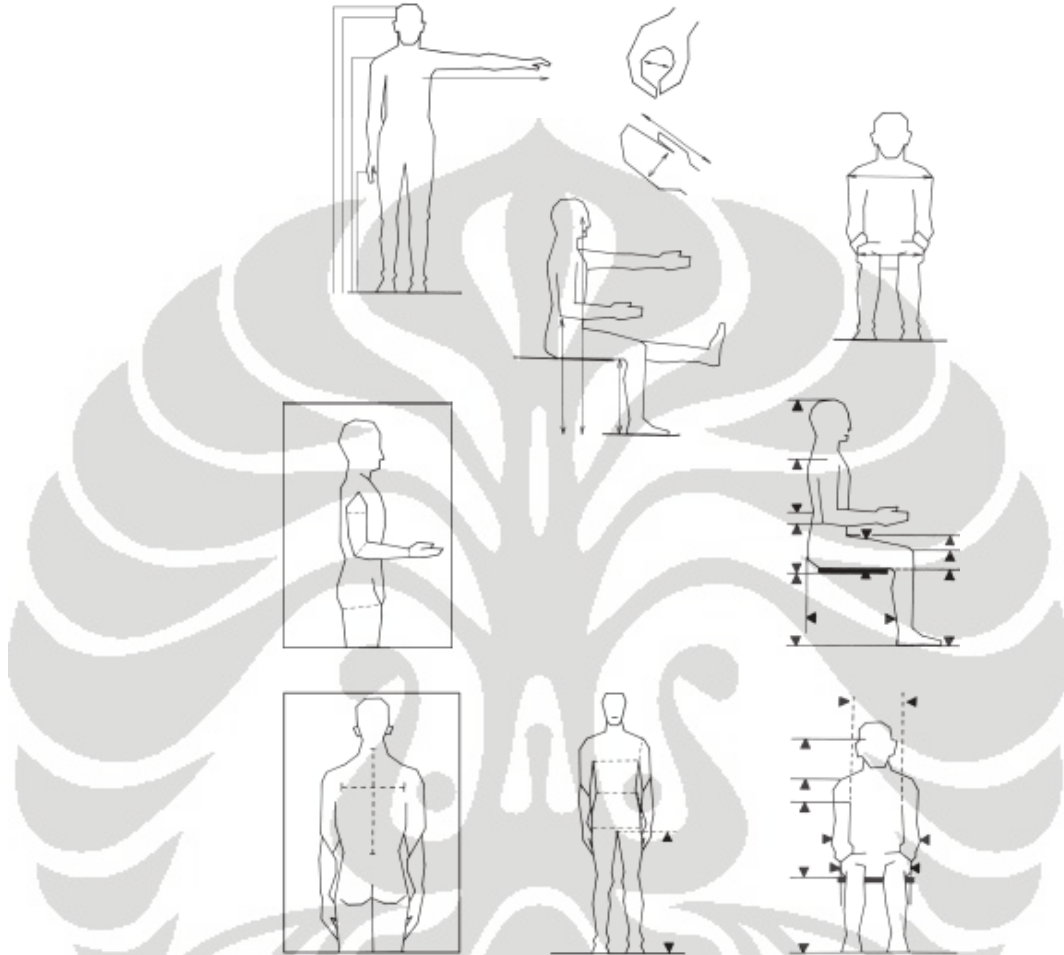
Menurut Bridger (1995) terdapat tiga tipe data antropometri, yaitu:⁸

- Data Antropometri Struktural

Data antropometri structural merupakan pengukuran dimensi tubuh ketika subjek dalam keadaan statis. Pengukuran dilakukan dari titik anatomi tertentu ke titik permukaan yang tetap, seperti contohnya jarak tinggi lutut terhadap lantai. Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap antara lain meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri maupun duduk, ukuran kepala,

⁸ Bridger.R.S,*Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.63-69

tinggi/panjang lutut pada saat berdiri maupun duduk, panjang lengan, dan sebagainya. Ukuran tubuh diambil dengan persentil tertentu seperti 5th – 9th persentil. Pada gambar 2.4 dibawah ini merupakan data antropometri structural.



Gambar 2. 4 Data Antropometri Struktural

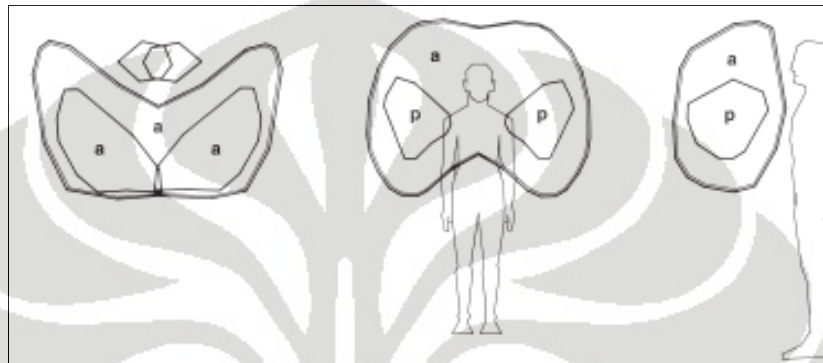
Sumber : Bridger.R.S,*Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.64

- Data Antropometri Fungsional

Data antropometri fungsional dikumpulkan untuk menggambarkan gerakan bagian tubuh terhadap titik posisi yang tetap, seperti misalnya area jangkauan tangan pekerja. Area yang dapat dijangkau oleh gerakan tangan pekerja dapat digunakan untuk menggambarkan “*workspace envelopes*”, yaitu zona jangkauan maksimum operator. Pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan. Hal pokok yang ditekankan dalam pengukuran dimensi

fungsiional tubuh adalah mendapatkan ukuran tubuh yang nantinya akan berkaitan erat dengan gerakan-gerakan nyata yang diperlukan tubuh untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu.

Pada gambar 2.5 dibawah ini menunjukkan area “*reach envelope*”, *allowed zone (a)* dan *preferred zone (p)* pada suatu ruang kerja.



Gambar 2. 5 Data Antropometri Fungsional

Bridger.R.S,*Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.69

- **Data Antropometri Newtonian**

Data antropometri Newtonian digunakan dalam analisis mekanikal beban pada tubuh manusia. Tubuh manusia dipandang sebagai sekumpulan segmen-segmen yang berhubungan dengan panjang dan massa yang diketahui. Data Newtonian dapat digunakan untuk membandingkan beban pada tulang belakang ketika menggunakan teknik mengangkat yang berbeda.

2.2 Virtual Environment

2.2.1 Definisi Virtual Environment

Virtual environment (VE) adalah representasi dari sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer, yaitu suatu representasi yang memungkinkan penggunaanya untuk berinteraksi dengan lingkungan sintetis sesuai dengan lingkungan nyata .⁹ Simulasi dalam lingkungan *virtual* harus dapat mensimulasikan bagaimana model manusia (*human virtual*) berada pada lokasi

⁹ Kalawsky, R. *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Gambridge: Addison-Wesley Publishing Company, 1993. 396 p.

yang baru, berinteraksi dengan objek dan lingkungan, serta mendapat respon balik yang tepat dari objek yang mereka manipulasi.¹⁰

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 dirasakan pekerja ketika melakukan suatu rangkaian pekerjaan tertentu. *Virtual environment* diciptakan dengan elemen-elemen sistem yang berbeda, yaitu *software* yang dapat menghasilkan tampilan visual dan gambar lainnya, system interface yang terdiri atas sensor dan detektor, dan sistem jaringan komunikasi.

Berikut ini adalah contoh penggunaan *Virtual Environment* yang bernilai positif bagi kesehatan dan keselamatan kerja¹¹ :

- 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.

Pembuatan lingkungan *virtual* membutuhkan penggunaan *software* dan *hardware*, sehingga lingkungan *virtual* bergantung pada perkembangan teknologi informasi. *Software Jack*, merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan dalam pembuatan lingkungan *virtual* (*virtual environment*).

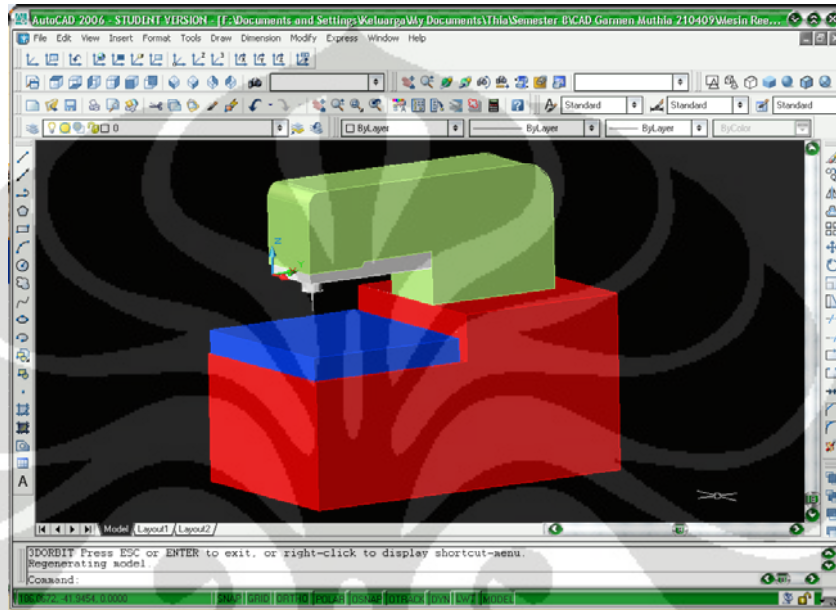
2.2.2 *Software AutoCad*

Software AutoCAD merupakan *software* yang sangat berguna dalam mendesain suatu produk dengan ukuran yang sebenarnya. *Software* ini dapat

¹⁰ Wilson, J.R. "Virtual environments and applied ergonomics." *Applied Ergonomics* 30:1 Feb (1999): 3–9.

¹¹ Wilson, J.R., et al., ed. "Manufacturing operations in virtual environments." *Presence, Teleoperators and Virtual Environments* 4 (1995): 306–317.

memberikan representasi produk dalam bentuk dua dimensi maupun tiga dimensi, dan *software* ini sangat memudahkan penggunaannya. Desain *AutoCAD* telah memiliki tempat yang sangat penting di kalangan praktisi desain. Gambar 2.6 dibawah menunjukkan contoh tampilan *software* AutoCad



Gambar 2. 6 Contoh Tampilan *Software* AutoCAD

2.2.3 *Software* Jack 6.0

Jack 6.0 merupakan *software* simulasi dan permodelan manusia yang dapat membantu organisasi dalam memperbaiki sisi ergonomis dari suatu desain produk dan memperbaiki aktivitas dilingkungan kerja. *Software* Jack 6.0 juga dilengkapi dengan fasilitas *Task Analysis Toolkits* (TAT) yang dapat membantu dalam proses analisis performa model manusia yang telah dibuat. *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 akan menaksir risiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi; kemudian TAT

dapat memberikan intervensi untuk mengurangi risiko. Modul ini juga menunjukkan batasan maksimal kemampuan pekerja dalam mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan ketika melakukan pekerjaan. Pada *Software Jack 6.0* terdapat 9 tools analisa ergonomis yang dapat digunakan, yaitu:

1. *Low Back Spinal Force Analysis*
2. *Static Strength Prediction*
3. *NIOSH Lifting Analysis*
4. *Predetermined Time Analysis*
5. *Rapid Upper Limb Analysis*
6. *Metabolic Energy Expenditure*
7. *Manual Handling Limit*
8. *Fatigue/ Recovery Time Analysis*
9. *Ovako Working Posture Analysis System*



Gambar 2. 7 Contoh Tampilan *Environment Software Jack 6.0*

Kelebihan *software Jack* dibandingkan dengan *software* tiga dimensi lainnya adalah *software Jack* dapat meliputi obyek bergerak yang merepresentasikan lingkungan sebenarnya. Selain itu, *software Jack* ini dapat memberikan analisa produk yang diuji terhadap manusia *virtual* di *software Jack* tersebut tanpa harus membuat prototipe fisik benda tersebut. Secara umum, *software Jack* ini memiliki keuntungan, seperti: waktu pendesainan menjadi lebih

singkat, biaya pengembangan menjadi lebih kecil, meningkatkan kualitas, meningkatkan produktivitas, dan menambah keselamatan.

Ada beberapa tahap dalam menggunakan *software* Jack ini , yaitu¹²:

1. Membangun sebuah *virtual* environment.
2. Menciptakan manusia *virtual*.

Manusia *virtual* ini didasarkan pada dimensi tubuh yang diambil dari antropometri terbaru ANSUR 88, NHANES, dan CAESAR. Manusia *virtual* juga dapat diciptakan sesuai keinginan, berdasarkan antropometri yang diinginkan.

3. Memposisikan manusia *virtual* di dalam *virtual* environment tersebut.
4. Memberikan tugas kepada manusia *virtual* tersebut.

Manusia tersebut dapat diberikan tugas dengan merubah posisi pada saat melakukan tugas sesuai dengan yang diinginkan.

5. Menganalisa performa manusia *virtual* tersebut.



Gambar 2. 8 Contoh Postur Tubuh Manusia Pada *Software* Jack 6.0

¹² http://www.ugs.com/products/tecnomatix/docs/fs_tecnomatix_jack.pdf.

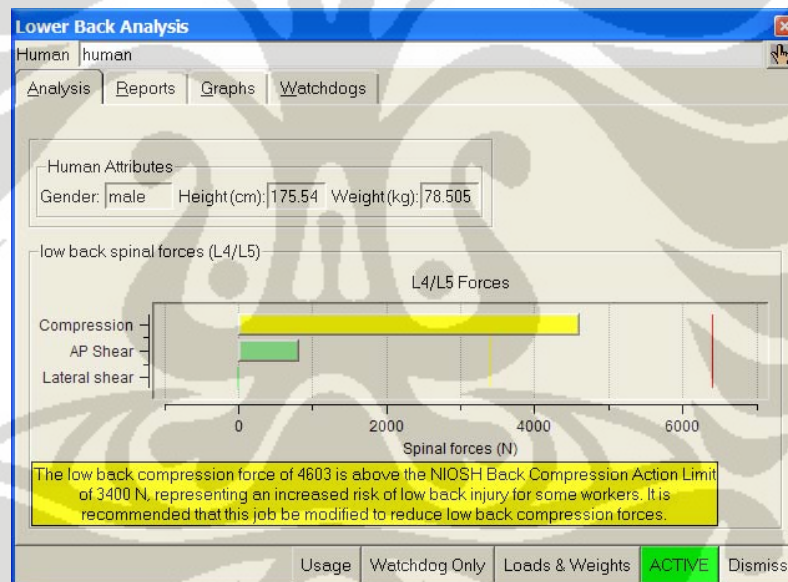
2.3 Metode Analisa Ergonomi Pada Software Jack 6.0

2.3.1 Low Back Analysis (LBA)

LBA merupakan tool yang dapat mengevaluasi gaya yang diterima oleh punggung belakang manusia. Dengan menggunakan tool ini maka kita dapat :

- mengetahui apakah pekerjaan yang dilakukan operator meningkatkan risiko gangguan punggung belakang.
- Mengevaluasi pekerjaan yang dilakukan pekerja secara *real-time*, mengetahui gaya tekanan yang diterima punggung belakang pekerja secara real time.

Tool Low Back Compression Analysis menggunakan model biomekanis punggung belakang yang kompleks yang mencakup data literatur anatomi dan fisiologis terbaru. Aplikasi ini mengkalkulasi gaya tekanan pada L4/L5 vertebral disc dan membandingkannya dengan batas gaya NIOSH.



Gambar 2. 9 Tampilan Hasil *Low Back Analysis*

Nilai dari *low back analysis* (LBA) ini didapatkan berdasarkan perbandingan dengan tugas mengangkat/*lifting* yang diberikan oleh standar NIOSH. Secara matematis, standar *lifting* NIOSH ini dapat dirumuskan sebagai berikut (*Applications Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*, hal.1):

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana RWL adalah *recommended weight limit* (batas beban yang direkomendasikan), LC adalah beban konstan, dan faktor lainnya dalam rumus tersebut adalah:

- HM, faktor "*Horizontal Multiplier*",
- VM, faktor "*Vertical Multiplier*",
- DM, faktor "*Distance Multiplier*" atau faktor pengali jarak,
- FM, faktor "*Frequency Multiplier*" atau faktor pengali frekuensi,
- AM, faktor "*Asymmetric Multiplier*", dan
- CM, faktor "*Coupling Multiplier*".

Tabel 2. 2 *Horizontal Multiplier*

H	HM	H	HM
in		cm	
≤ 10	1.00	≤ 25	1.00
11	.91	28	.89
12	.83	30	.83
13	.77	32	.78
14	.71	34	.74
15	.67	36	.69
16	.63	38	.66
17	.59	40	.63
18	.56	42	.60
19	.53	44	.57
20	.50	46	.54
21	.48	48	.52
22	.46	50	.50
23	.44	52	.48
24	.42	54	.46
25	.40	56	.45
> 25	.00	58	.43
		60	.42
		63	.40
		> 63	.00

Sumber: NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110, 1998

Tabel 2.3 Assymetric Multiplier

A	AM
deg	
0	1.00
15	.95
30	.90
45	.86
60	.81
75	.76
90	.71
105	.66
120	.62
135	.57
>135	.00

Sumber: NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110, 1998

Tabel 2. 4 Vertical Multiplier

V	VM	V	VM
in		cm	
0	.78	0	.78
5	.81	10	.81
10	.85	20	.84
15	.89	30	.87
20	.93	40	.90
25	.96	50	.93
30	1.00	60	.96
35	.96	70	.99
40	.93	80	.99
45	.89	90	.96
50	.85	100	.93
55	.81	110	.90
60	.78	120	.87
65	.74	130	.84
70	.70	140	.81
>70	.00	150	.78
		160	.75
		170	.72
		175	.70
		>175	.00

Sumber: NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110, 1998

Tabel 2.5 *Distance Multiplier*

D	DM	D	DM
in		cm	
≤10	1.00	≤25	1.00
15	.94	40	.93
20	.91	55	.90
25	.89	70	.88
30	.88	85	.87
35	.87	100	.87
40	.87	115	.86
45	.86	130	.86
50	.86	145	.85
55	.85	160	.85
60	.85	175	.85
70	.85	>175	.00
>70	.00		

Sumber: NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110, 1998

Tabel 2.6 *Frecuency Multiplier*

Frequency Lifts/min (F) †	Work Duration					
	≤ 1 Hour		> 1 but ≤ 2 Hours		> 2 but ≤ 8 Hours	
	V < 30 †	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
≤ 0.2	1.00	1.00	.95	.95	.85	.85
0.5	.97	.97	.92	.92	.81	.81
1	.94	.94	.88	.88	.75	.75
2	.91	.91	.84	.84	.65	.65
3	.88	.88	.79	.79	.55	.55
4	.84	.84	.72	.72	.45	.45
5	.80	.80	.60	.60	.35	.35
6	.75	.75	.50	.50	.27	.27
7	.70	.70	.42	.42	.22	.22
8	.60	.60	.35	.35	.18	.18
9	.52	.52	.30	.30	.00	.15
10	.45	.45	.26	.26	.00	.13
11	.41	.41	.00	.23	.00	.00
12	.37	.37	.00	.21	.00	.00
13	.00	.34	.00	.00	.00	.00
14	.00	.31	.00	.00	.00	.00
15	.00	.28	.00	.00	.00	.00
> 15	.00	.00	.00	.00	.00	.00

† Values of V are in inches. ‡ For lifting less frequently than once per 5 minutes, set F = 2 lifts/minute.

Sumber: NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110, 1998

2.3.2 Static Strength Prediction

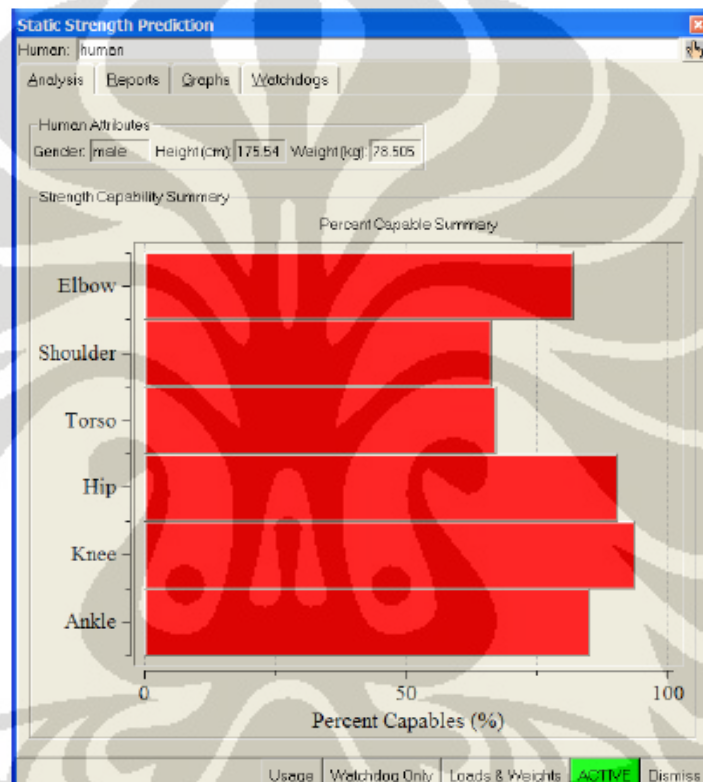
Static Strength Prediction adalah tools yang dapat memprediksi persentase populasi pekerja yang dapat melakukan rangkaian kegiatan yang disimulasikan. Operasi pekerjaan yang memiliki nilai persentase 0% maka tidak dapat dilanjutkan dijadikan pertimbangan dalam tahap analisa selanjutnya.

SSP digunakan untuk :

- Menganalisa apakah seluruh pekerja memiliki kekuatan dan kemampuan melakukan pekerjaan.
- Mengidentifikasi rangkaian pekerjaan yang membutuhkan kekuatan yang melebihi kemampuan populasi pekerja.
- Menjalankan scenario “what-if” untuk pekerjaan manual dengan memodifikasi variasi parameter yang mempengaruhi kemampuan kekuatan—postur dan beban yang dapat ditanggung tangan pekerja.

Hasil analisa dari *tools* SSP ini adalah :

- Persentase pekerja yang memiliki kekuatan statis untuk melakukan pekerjaan tertentu yang disimulasikan.
- *Limb angles* untuk siku, bahu, humeral rotation, pinggul, lutut, dan engkel, dan *trunk angles* untuk kelenturan, rotasi, dan perputaran lateral.
- Tenaga putar tubuh, seperti efek pada otot (*flexion, extension, abduction* atau *adduction*), kekuatan rata-rata populasi, dan standar deviasi kekuatan.



Gambar 2. 10 Tampilan Hasil *Static Strength Prediction*

SSP menggunakan konsep biomekanika dalam perhitungannya. Konsep biomekanika tersebut adalah dengan melihat sistem muskuloskeletal yang memungkinkan tubuh untuk mengungkit (fungsi tulang) dan bergerak (fungsi otot). Pergerakan otot akan membuat tulang untuk cenderung berotasi pada setiap persendian 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:

$$M_j = S_j \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana M_j adalah gaya eksternal di setiap persendian dan S_j adalah gaya maksimum yang dapat dihasilkan oleh otot pada setiap persendian. 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

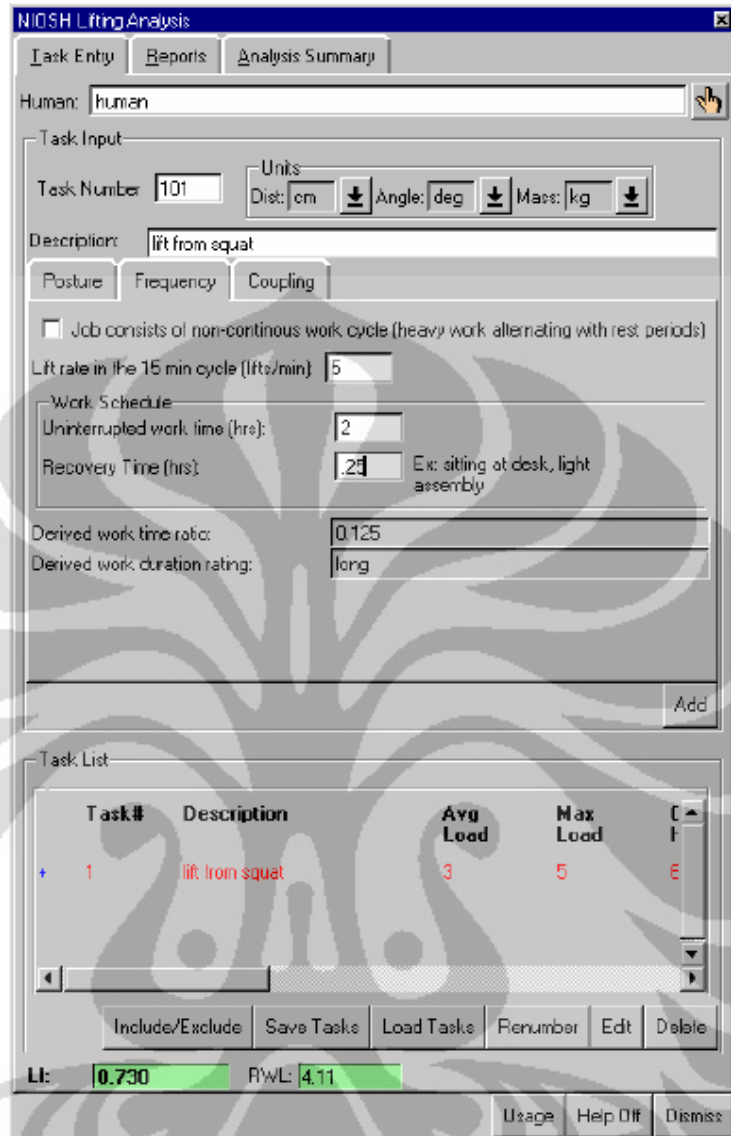
2.3.3 NIOSH *Lifting Analysis*

Metode NIOSH *Lifting Analysis* adalah metode untuk membantu evaluasi secara simetris dan asimetris terhadap posisi mengangkat beban (*lifting task*), termasuk ketika mengangkat dengan posisi antara beban dan tangan yang tidak optimal. Metode dalam NIOSH terdiri dari:

- Memberikan nilai beban yang ideal menurut suatu kondisi postur kerja, yang diukur menurut kemampuan pekerja dengan kondisi ideal untuk mengangkat suatu beban secara aman pada suatu jangka waktu yang tertentu
- Memberikan perkiraan relatif dari tingkat tekanan yang diterima oleh tubuh berkaitan dengan pekerjaan mengangkat suatu beban.

Metode NIOSH dapat digunakan untuk beberapa hal seperti: mendesain manual posisi angkat beban yang ideal atau sebagai pedoman untuk merancang ulang kegiatan mengangkat beban yang telah ada, memberikan perkiraan mengenai ukuran relatif besarnya tekanan yang diterima tubuh yang dibutuhkan untuk suatu pekerjaan, serta memberikan prioritas manual kerja yang membutuhkan modifikasi secara ergonomis.

Hasil analisa NIOSH berupa *dialogue box* yang menampilkan *recommended weight limit (RWL)*, *lifting index (LI)* dan juga *cumulative lifting index (CLI)*.



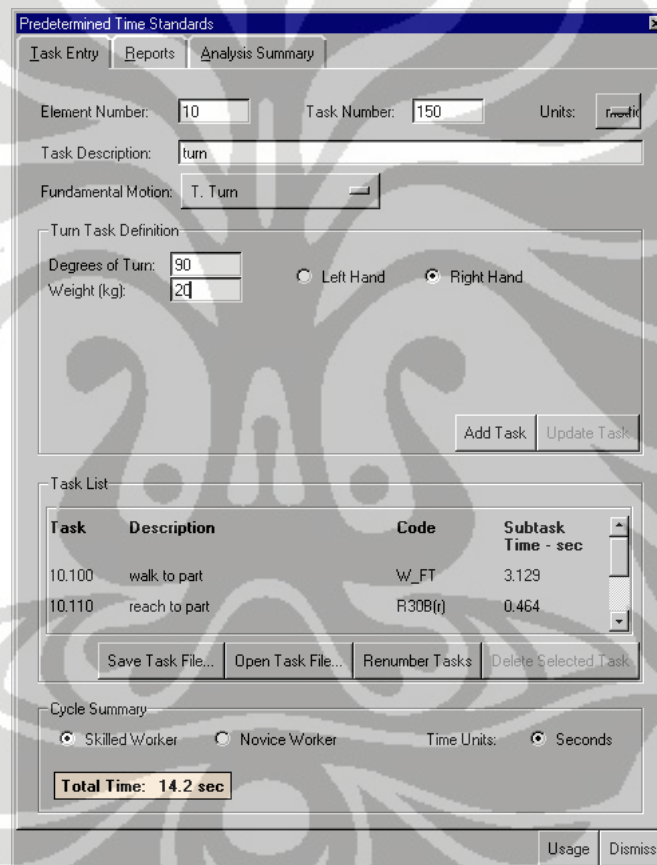
Gambar 2. 11 *Dialogue Box NIOSH*

2.3.4 *Predetermined Time Analysis*

Merupakan *tool* yang dapat memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu pekerjaan dengan membagi pekerjaan tersebut menjadi serangkaian gerakan yang telah ditentukan durasinya berdasarkan *methods-time measurement (MTM-1)*. Dengan menggunakan *tool* ini maka kita dapat :

- Memprediksi apakah pekerja dapat melaksanakan pekerjaan dalam siklus waktu yang ditentukan.

- Mendefinisikan tugas manual dan peralatan yang dibutuhkan untuk mencapai siklus waktu yang optimal.
- Mengidentifikasi rangkaian gerakan kerja yang memiliki pengaruh terbesar bagi siklus waktu kerja dan meninjau bagaimana pengaruh perubahan karakteristik gerakan kerja dapat mempengaruhi siklus kerja secara keseluruhan.
- Membandingkan alternatif desain kerja berdasarkan siklus waktu kerja yang dibutuhkan.

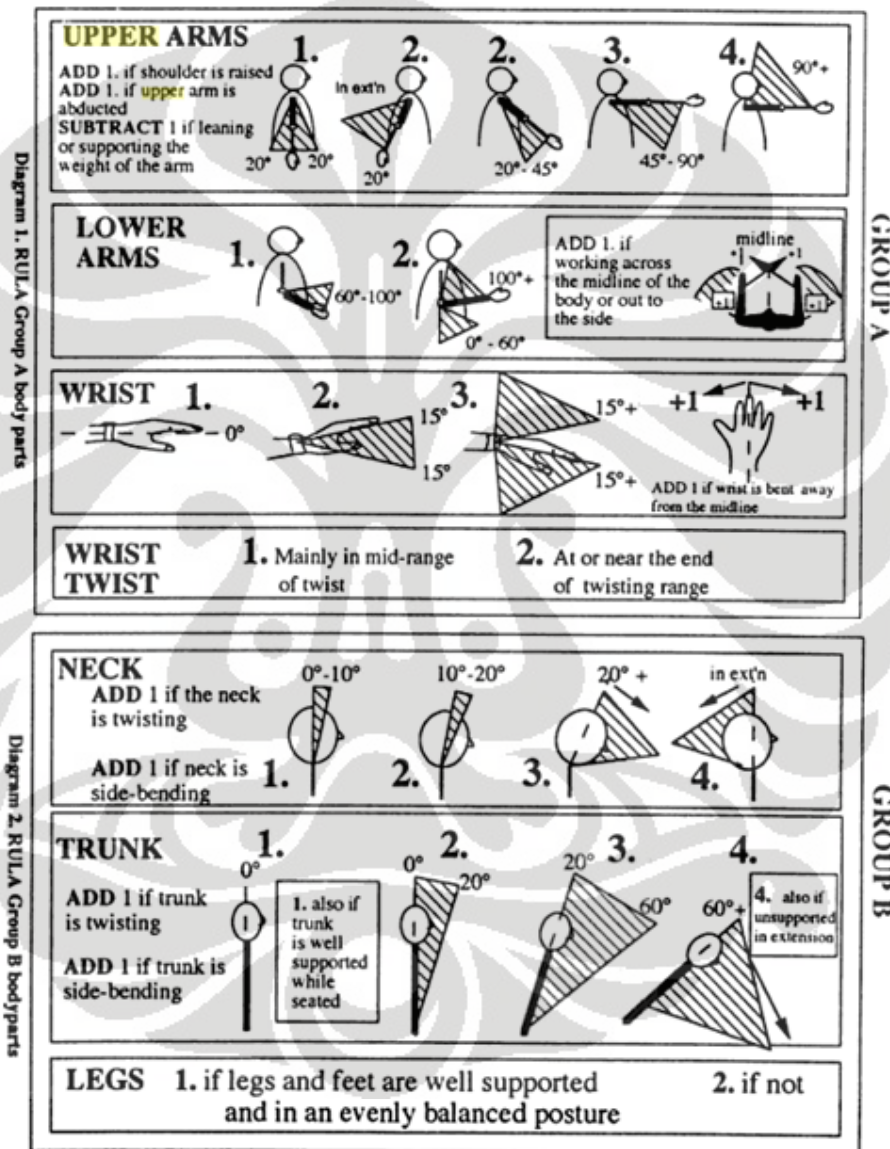


Gambar 2. 12 Dialogue Box Predetermined Time Analysis

2.3.5 Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

RULA merupakan metode untuk mengevaluasi tekanan beban kerja terhadap risiko cedera pada tubuh bagian atas (*upper limb*) pekerja. Metode RULA terdiri dari dua hal yaitu:

- Mengukur risiko cedera pada tubuh bagian atas terhadap postur kerja dan penggunaan otot, berat beban, durasi, serta frekuensi kerja
- Menempatkan suatu skor penilaian yang mengindikasikan derajat intervensi yang dibutuhkan untuk mengurangi risiko terjadinya cedera pada tubuh bagian atas.



Gambar 2. 13 Pengelompokan Tubuh Metode RULA

Sumber: Karwowski, Waldemar, International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factor, Taylor and Francis: New York, 2001, p.1462

Metode RULA dapat digunakan untuk tiga hal yaitu: mengidentifikasi secara cepat potensi beban kerja yang memungkinkan cedera pada tubuh bagian atas, sebagai panduan desain untuk manual kerja yang baru, ataupun sebagai pedoman perancangan ulang manual kerja yang telah ada, serta sebagai bahan identifikasi skala prioritas dari postur kerja yang paling membutuhkan modifikasi secara ergonomi.

The image shows a screenshot of the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) software interface. The window title is "Rapid Upper Limb Assessment (RULA)". It has three tabs: "Task Entry", "Reports", and "Analysis Summary". The "Task Entry" tab is selected. The interface includes a "Human" dropdown menu set to "human". Below this are two main sections: "Body Group A Loading (Arm, Wrist)" and "Body Group B Loading (Neck, Trunk)". Each section contains "Muscle Use" and "Forces and Loads" sub-sections with radio button options. The "Arm Support" checkbox is also present in the Body Group A section. At the bottom right, there are "Usage" and "Dismiss" buttons.

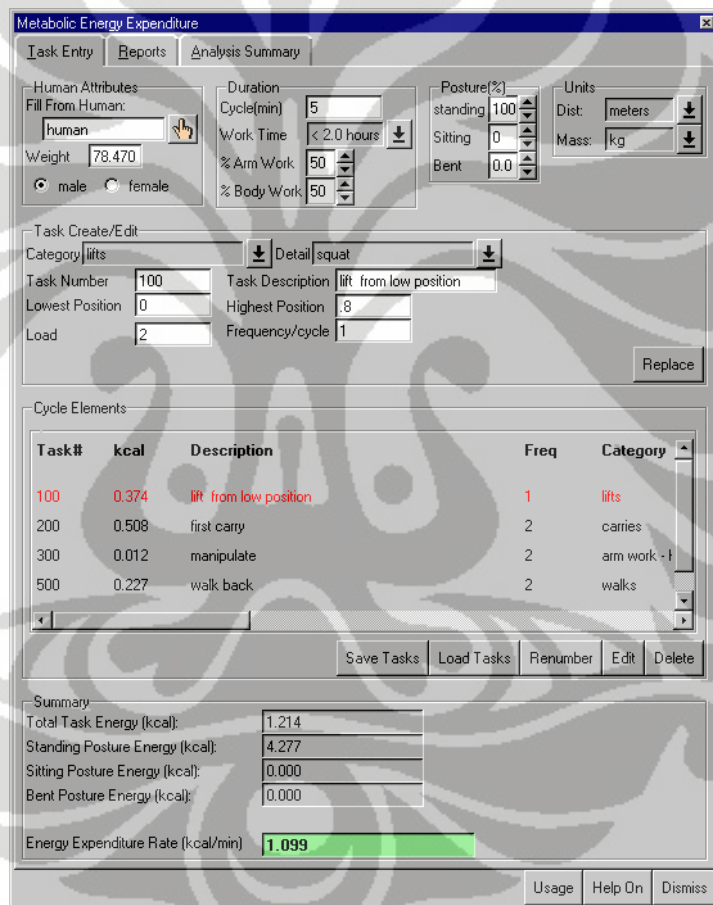
Gambar 2. 14 *Dialog Box RULA*

2.3.6 *Metabolic Energy Expenditure*

Metabolic Energy Expenditure merupakan *tool* yang dapat digunakan untuk memprediksi jumlah energi yang digunakan untuk melakukan satu

pekerjaan berdasarkan pada karakteristik pekerja dan deskripsi sederhana dari rangkaian pekerjaan yang dilakukan. Dengan *tool* ini dapat diketahui :

- Memprediksi apakah kebutuhan energi metabolis yang digunakan untuk melakukan suatu pekerjaan dapat dipenuhi oleh pekerjanya.
- Mengidentifikasi pekerjaan-pekerjaan yang memiliki pengaruh terbesar dalam penggunaan energi dan memprediksi bagaimana perubahan karakteristik pekerjaan dapat mempengaruhi kebutuhan penggunaan energi.
- Membandingkan alternatif desain kerja berdasarkan tingkat energy metabolic yang dibutuhkan.



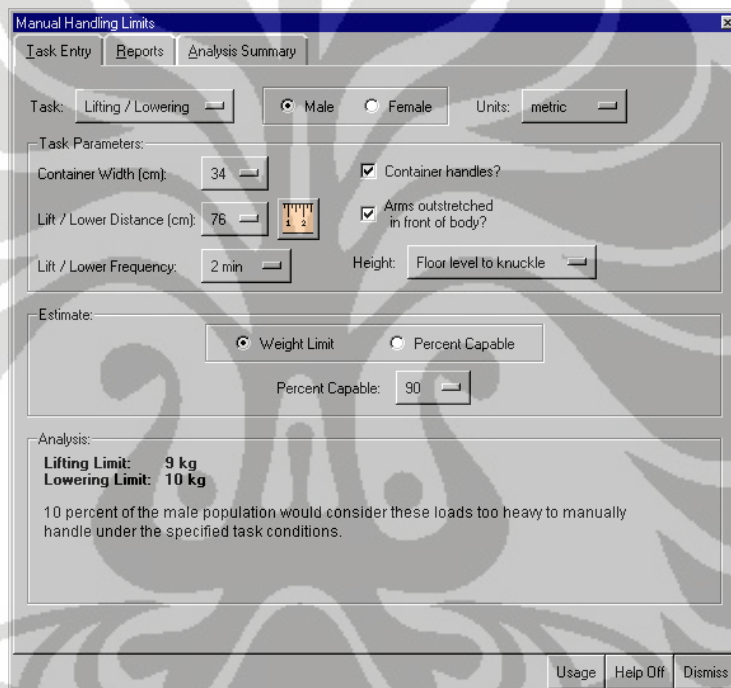
Gambar 2. 15 Dialogue Box Metabolic Energy

2.3.7 Manual Handling Limits

Manual Handling Limit mengevaluasi rancangan tugas *manual handling* yang meliputi kegiatan mengangkat, meletakkan, mendorong, menarik, dan

membawa. Dengan *tools* ini dapat diketahui berapa batas maksimum berat objek kerja yang dapat diterima oleh pekerja dalam melakukan kegiatan, sehingga dapat mengurangi risiko terjadinya low back pain.

Tools ini menggunakan rangkaian table untuk menghitung berat maksimum atau batas gaya maksimum yang dapat diterima untuk persentase kemampuan pekerja yang kita tentukan. Atau sebaliknya dapat menghitung persentase pekerja yang mampu menerima berat atau gaya tertentu yang kita tentukan.



Gambar 2. 16 *Dialogue Box Manual Handling*

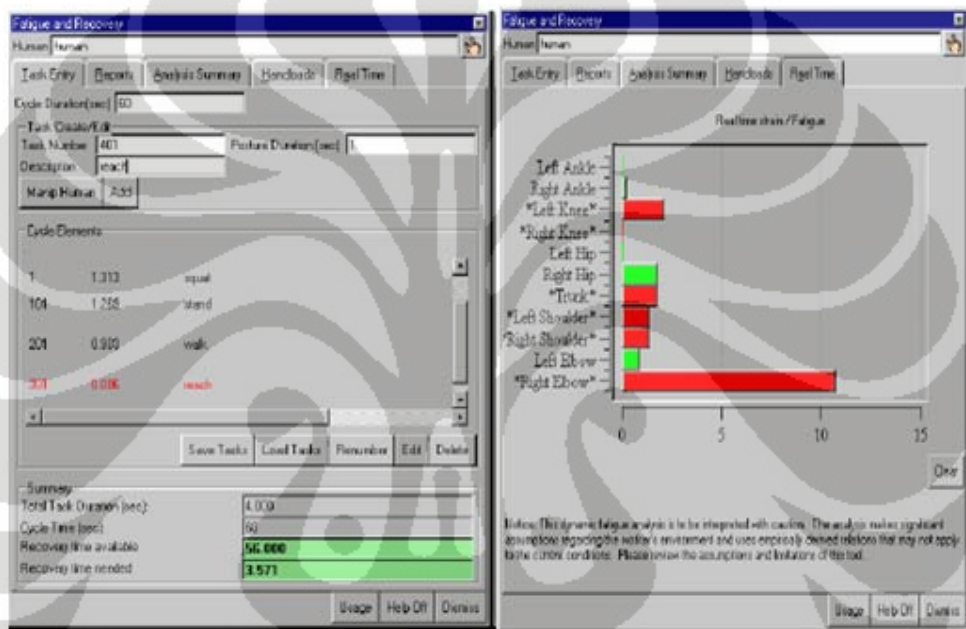
2.3.8 Fatigue/Recovery Time Analysis

Fatigue/Recovery Time Analysis digunakan untuk menilai apakah terdapat waktu pemulihan yang mencukupi dalam pekerjaan yang diberikan sehingga dapat mencegah terjadinya kelelahan pada pekerja. *Tool* ini digunakan untuk :

- Memprediksi apakah terdapat waktu istirahat yang cukup bagi pekerja untuk memulihkan kembali kondisi fisik mereka setelah melakukan pekerjaan.

- Mengidentifikasi pekerjaan-pekerjaan yang membutuhkan waktu pemulihan paling besar serta memperkirakan bagaimana perubahan karakteristik suatu pekerjaan dapat mempengaruhi waktu pemulihan pekerja.
- Membandingkan alternatif desain kerja berdasarkan risiko terjadinya kelelahan pada pekerja.

Hasil dari analisis ergonomis *tool* ini berupa grafik real-time yang menunjukkan maximum strain dari setiap bagian tubuh serta menunjukkan akumulasi tingkat kelelahan pekerja.



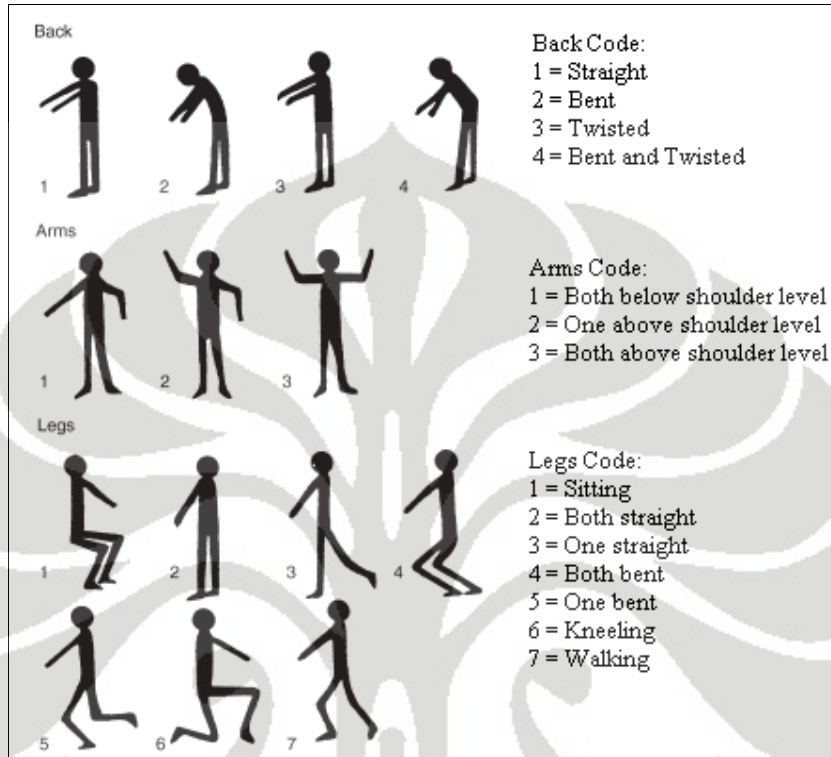
Gambar 2. 17 Dialogue Box Fatigue Recovery Time Analysis

2.3.9 Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)

OWAS merupakan metode untuk mengetahui segi kenyamanan dari suatu postur kerja dan dapat digunakan untuk merekomendasikan tingkat *urgency* dari perlunya diambil suatu aksi perbaikan dari posisi kerja yang lama. Metode dalam OWAS terdiri dari dua hal yaitu:

- Evaluasi ketidaknyamanan relatif dari postur kerja terhadap posisi tulang punggung, kedua tangan dan kaki, dan juga beban kerja yang dijalankan

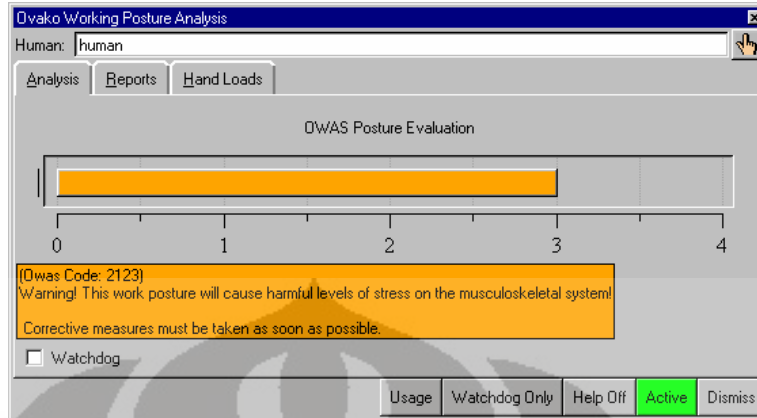
- Menempatkan suatu tingkat penilaian atau skor yang menunjukkan tingkat *urgency* dari perlunya pengambilan suatu aksi perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera pada pekerja



Gambar 2. 18 Kode OWAS untuk Berbagai Bagian Tubuh

Sumber: Karwowski, Waldemar, International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factor, Taylor and Francis: New York, 2001, p.3299, diolah.

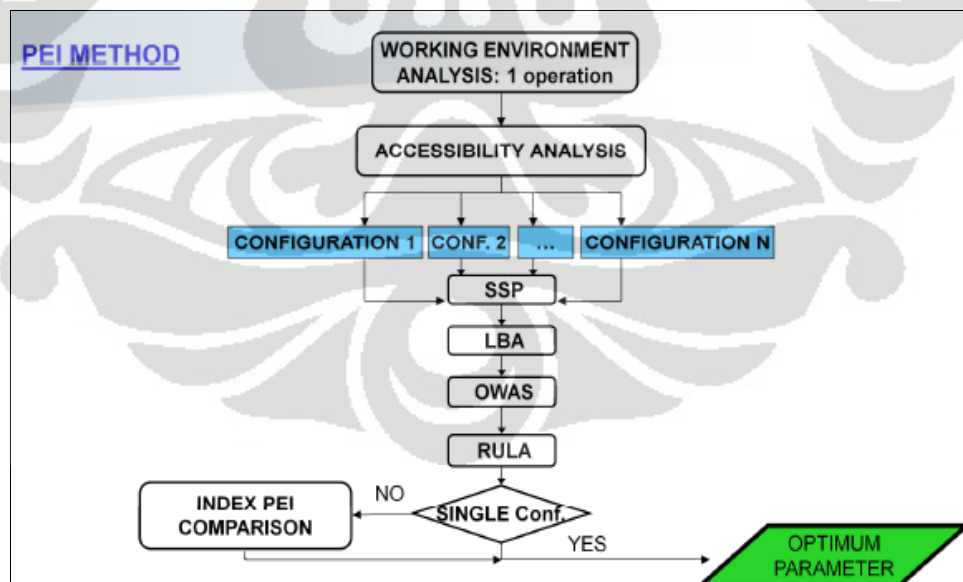
Metode OWAS dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam mendesain manual kerja dan juga sebagai pedoman dalam merancang ulang lingkungan kerja dan meningkatkan kualitas produksi. OWAS juga berfungsi untuk mengidentifikasi skala prioritas dari postur kerja yang paling membutuhkan modifikasi secara ergonomi.



Gambar 2. 19 Tampilan Grafik Hasil OWAS

2.4 Posture Evaluation Index

Posture Evaluation Index (PEI) merupakan suatu metode untuk melakukan analisis ergonomi yang dikembangkan berdasarkan pada aplikasi “*Task Analysis Toolkit*” yang dimiliki oleh software Jack 6.0. *Posture Evaluation Index* (PEI) mengintegrasikan hasil dari *low back analysis* (LBA), *owako working posture analysis system* (OWAS), dan *rapid upper limb assessment* (RULA). PEI merupakan akumulasi dari 3 nilai variable, I_1 , I_2 , I_3 yang menunjukkan kualitas postur kerja.



Gambar 2. 20 Diagram Alir Metode PEI

(Sumber: Ergonomic Optimization of Work Cell of Manufacturing Systems in *Virtual Environment*, 2006, p.5

Tujuan dari metode PEI adalah optimasi segi ergonomis suatu operasi dari sebuah work cell. Dalam metode PEI ini terdapat tujuh tahapan fase yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut:

- Fase Satu : Analisa Lingkungan Kerja

Pada fase pertama ini merupakan tahap menganalisa kondisi lingkungan kerja dan mempertimbangkan kemungkinan alternatif gerakan kerja operator (seperti alternatif rute, postur, dan kecepatan kerja). Dalam permodelan lingkungan *virtual*, diperlukan melakukan simulasi operasi-operasi kerja dengan berbagai alternatif gerakan, untuk memverifikasi kelayakan tugas yang dilakukan operator. Parameter lain yang dapat di modifikasi adalah jarak antara manekin ke objek kerja.

- Fase Dua : Analisa Kemampuan Menjangkau dan Mengakses

Perancangan tempat kerja memerlukan studi pendahuluan mengenai titik kritis dimana operator dapat menjangkau dan mengakses benda kerjanya. Misalkan, pada kegiatan mengangkat, dapat terjadi rak tempat meletakkan benda terlalu tinggi dan tidak dapat dijangkau oleh operator, sehingga operator tidak dapat melaksanakan tugasnya dengan baik. Untuk itu perlu dipastikan bahwa titik kritis jangkauan benda-benda kerja dapat terjangkau oleh operator.

- Fase Tiga : *Static Strength Prediction (SSP)*

Static Strength Prediction adalah *tools* yang dapat memprediksi persentase populasi pekerja yang dapat melakukan rangkaian kegiatan yang disimulasikan. Operasi pekerjaan yang memiliki nilai persenatse 0% maka tidak dapat dilanjutkan dijadikan pertimbangan dalam tahap analisa selanjutnya.

- Fase Empat : *Low Back Analysis (LBA)*

Low Back Analysis (LBA) merupakan *tools* yang dapat mengevaluasi gaya dan tekanan yang terjadi pada tulang belakang manusia berdasarkan postur dan beban yang dikenakan pada model manusia.

- Fase Lima : *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*

Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) merupakan metode sederhana untuk mengetahui tingkat kenyamanan dari suatu postur kerja serta untuk memberikan informasi mengenai tingkat kepentingan perlunya dilakukan kegiatan perbaikan. Tingkat penilaian ini berdasarkan pada postur dan observasi rangkaian kerja operator yang disimulasikan. Hasil penilaian dari metode OWAS ini berupa 4 digit angka yang terbagi atas 4 tingkat klasifikasi yaitu (1) tidak ada efek berbahaya, (2) terdapat efek berbahaya yang terbatas, (3) terdapat efek yang berbahaya bagi kesehatan operator, dan (4) terdapat efek berbahaya tingkat tinggi bagi kesehatan.

- Fase Enam : *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

RULA (Rapid Upper Limb Assessment) adalah *tools* untuk mengevaluasi postur tubuh bagian atas serta untuk mengidentifikasi risiko kerusakan atau gangguan pada tubuh bagian atas. Nilai akhir dari metode RULA ini dapat diklasifikasikan ke dalam 4 kelas, yaitu nilai 1 dan 2 adalah postur tubuh dapat diterima (*Acceptable*), nilai 3 dan 4 menunjukkan bahwa postur kerja perlu ditinjau kembali (*in need of further investigation*), nilai 5 dan 6 menunjukkan bahwa postur kerja perlu ditinjau kembali serta dilakukan perubahan (*in need of further investigation and rapid change*), serta nilai 7 menunjukkan bahwa postur kerja tersebut perlu dievaluasi dan dilakukan perubahan perbaikan segera (*investigation and immediate change*).

- Fase Tujuh : *PEI Evaluation*

Posture Evaluation Index merupakan integrasi dari hasil analisis LBA, OWAS, dan RULA. PEI merupakan penjumlahan dari 3 variabel yaitu I_1 , I_2 , dan I_3 .

$$PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \cdot mr) \dots\dots\dots (2.4)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42$$

Keterangan :

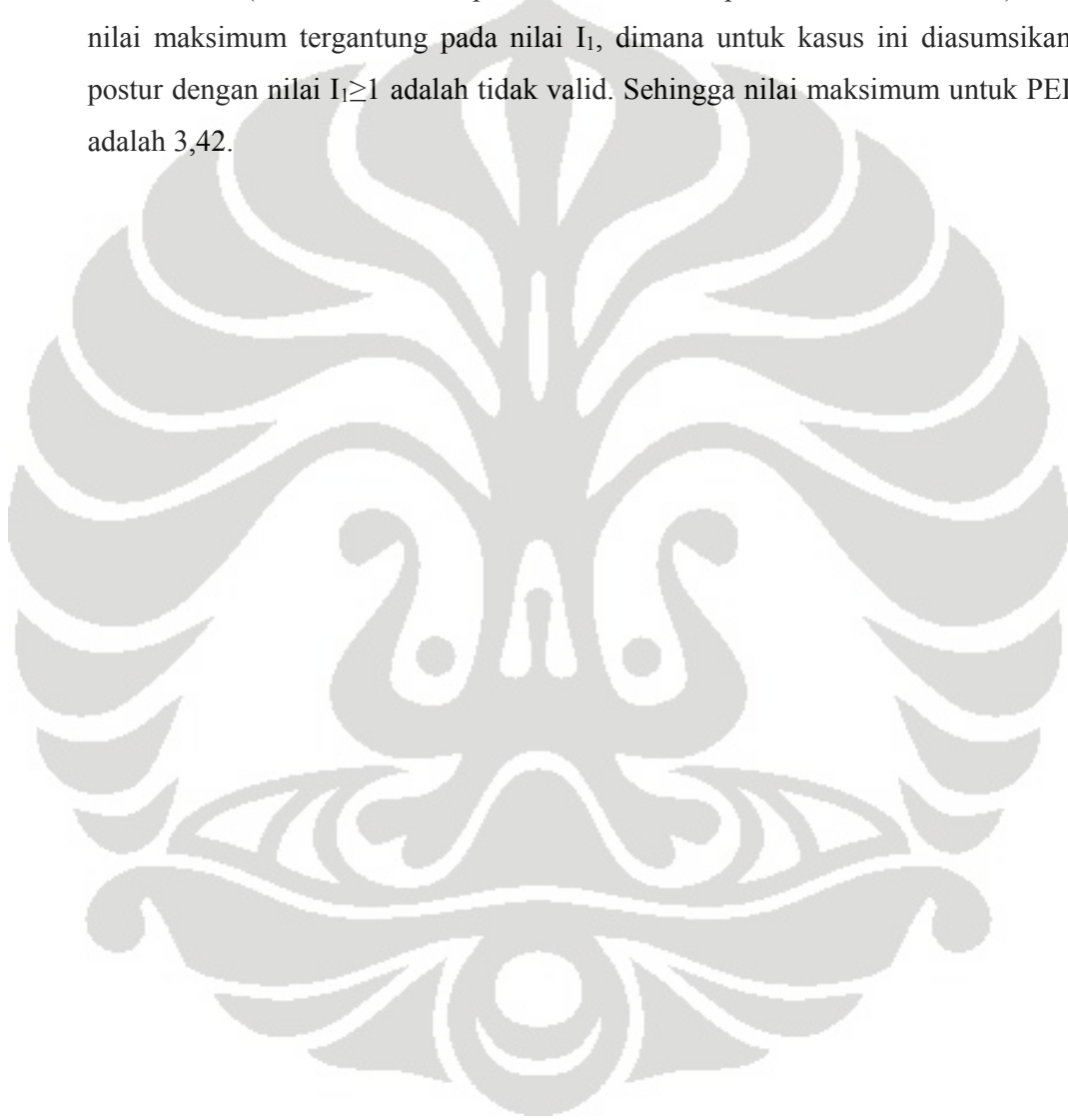
3400 N = batas kekuatan tekanan yang dapat diterima *lowback*.

4 = nilai maximum index OWAS

7 = level maximum ketidaknyamanan tubuh bagian atas

mr = koefisien amplifikasi

Nilai PEI menunjukkan kualitas postur kerja operator, dengan nilai minimum adalah 0.47 (kondisi dimana operator tidak mendapat beban sama sekali) dan nilai maksimum tergantung pada nilai I_1 , dimana untuk kasus ini diasumsikan postur dengan nilai $I_1 \geq 1$ adalah tidak valid. Sehingga nilai maksimum untuk PEI adalah 3,42.



BAB 3

PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL

Bab ketiga ini membahas mengenai gambaran umum perusahaan tempat pengambilan data, pengumpulan data serta perancangan model untuk penelitian analisa ergonomi divisi kancing pada industri garmen. Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data keluhan pekerja, data antropometri yang akan digunakan di *software* Jack 6.0, data mesin dan stasiun kerja, serta data postur dan rangkaian kerja pekerja divisi kancing industri garmen. Pengumpulan data berisi tentang data apa saja yang diperlukan, dan bagaimana data tersebut diambil, sedangkan perancangan model yang akan berhubungan dengan bagaimana data yang didapat tersebut diolah dengan menggunakan *software* Jack 6.0.

3.1 Gambaran Umum Perusahaan

3.1.1 Profil Perusahaan

PT. X berawal dari sebuah '*home industry*' yang berlokasi di Jl. DR Saharjo No. 317 A Tebet, Jakarta Selatan. Perusahaan yang didirikan tahun 1974 ini pada mulanya memakai nama 'Jacolin Fitrab', dan mengkonsentrasikan diri untuk memproduksi pakaian jadi konsumsi lokal dengan mempekerjakan tidak lebih dari sepuluh orang karyawan. Pada tanggal 29 Desember 1979, dengan Akta Notaris di Jakarta; Mohammad Ali, nama PT. Jacolin Fitrab diganti menjadi PT. X, dan sampai saat itu tetap memproduksi pakaian jadi untuk konsumsi lokal.

Pada tahun 1984 PT. X untuk pertama kalinya melakukan ekspor hasil produksinya ke Amerika Serikat, dan sejak saat itu PT. X mengkonsentrasikan diri pada produksi pakaian jadi untuk diekspor dengan model sesuai pesanan memakai label atau merk sesuai dengan yang diinginkan oleh pihak *buyer*. Sejak tahun 1984 perkembangan industri pakaian jadi secara nasional mengalami perkembangan yang menggembirakan dan memberikan dampak positif bagi PT. X. Karena itu, perusahaan melakukan penambahan kapasitas produksi dan penambahan karyawan.

Dengan semakin mendesaknya kebutuhan akan pengembangan produksi, lahan milik perusahaan yang berada di Jl. DR Saharjo No. 317 A Tebet, Jakarta

Selatan dirasakan kurang mendukung pengembangan kapasitas produksi karena kapasitasnya yang sangat terbatas. Untuk itu manajemen memutuskan membuka pabrik baru di wilayah Bogor dengan tetap mempertahankan keberadaan pabrik di Jl. DR Saharjo. Pembukaan pabrik baru di wilayah Bogor direalisasi pada tanggal 15 September 1990. Sumber daya pendukung diperoleh dari mutasi karyawan yang semula berdinasi di Tebet, dan penambahan karyawan-karyawan baru. Namun seiring dengan perkembangan yang terjadi, saat ini pabrik di Bogor dan di Jl DR Saharjo telah ditutup, dan dibuka pabrik di daerah Pondok Labu dan Sukabumi yang masih terus beroperasi hingga sekarang. Walau demikian, kantor pusat PT. X tetap berada di Jl. DR Saharjo Tebet, Jakarta Selatan.

Dewasa ini PT. X melakukan ekspor pakaian luar pria dan wanita ke berbagai negara. Ekspor mayoritas dilakukan ke Amerika Serikat. Selain itu, ekspor juga dilakukan ke Canada dan beberapa negara di Eropa sesuai dengan kuota yang dikeluarkan oleh pemerintah. Pelanggan utama PT. X adalah Lerner, Limited, Meijer, Swire dan Tommy Hilfiger.

Pimpinan tertinggi di PT. X dipegang oleh komisaris yang langsung membawahi direktur utama. Direktur ini membawahi langsung 5 departemen, yaitu akunting (*finance*), unit Sukabumi, produksi, *exim/marketing*, dan personalia.

3.1.2 Sistem Produksi Perusahaan

Departemen produksi pada PT. X dikepalai langsung oleh seorang kepala produksi. Departemen produksi membawahi 6 divisi, yaitu :

- a. Divisi *MD (Market Development)* yang bertanggung jawab untuk berhubungan dengan pelanggan pada masa awal pelanggan melakukan *order*, dan bertanggung jawab atas pengadaan material pakaian beserta segala pendukungnya, seperti aksesoris (kancing, resleting, dsb), benang, label, dan lain-lain

- b. Divisi *cutting* yang bertanggung jawab terhadap proses pemotongan material bahan baku, termasuk merencanakan penandaan posisi pola yang

akan diletakkan dibagian atas *layer* bahan pakaian seoptimal mungkin agar menghasilkan *waste* yang seminimal mungkin.

Secara lebih lengkap, proses kerja yang dilakukan di divisi *cutting* adalah :

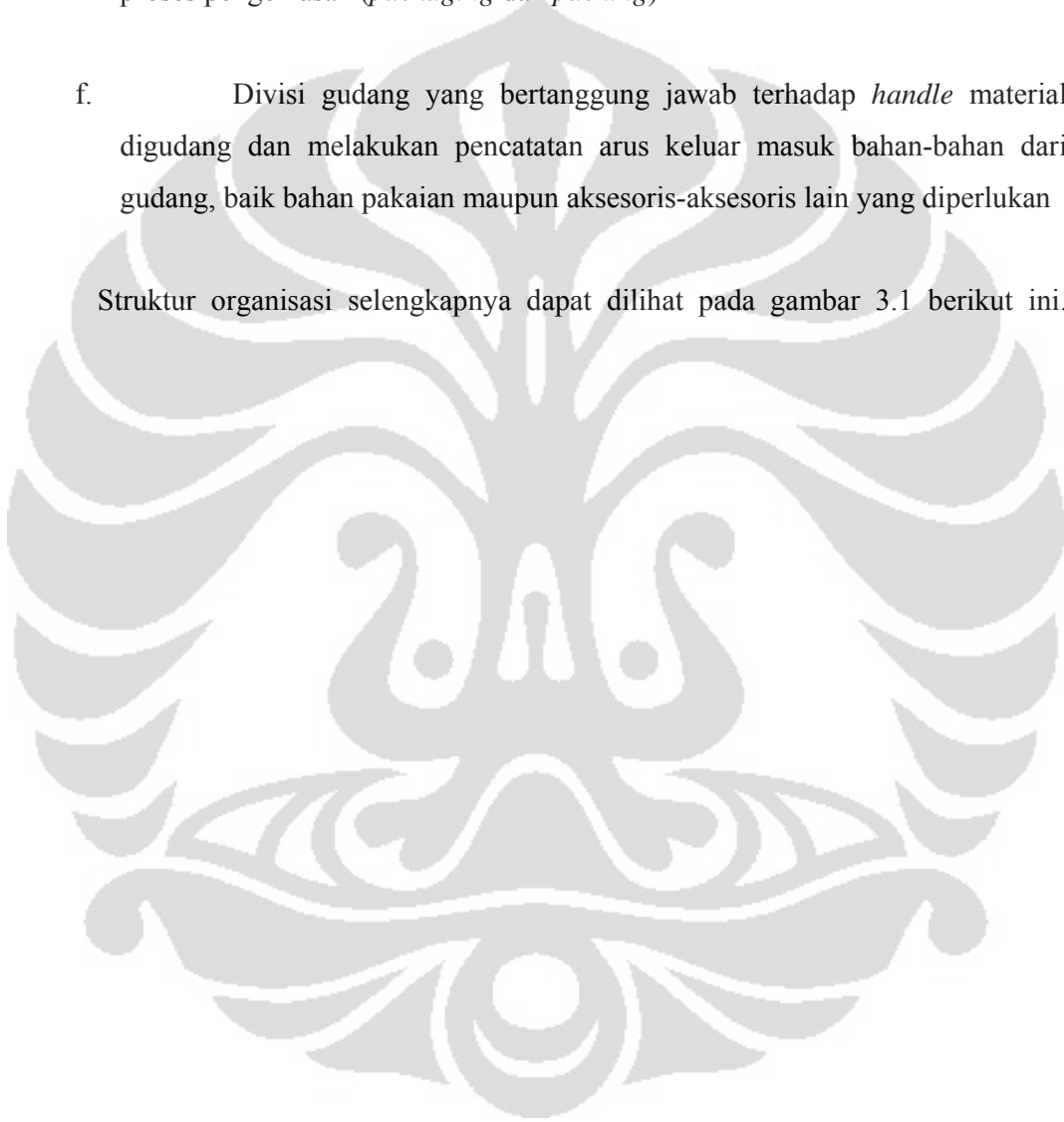
- Menerima pola dari bagian sampel
- Mengkalkulasi pembuatan *marker* untuk tiap *size* berdasarkan *worksheet* jumlah produk yang akan diproduksi sesuai nomor *style*-nya
- Membuat *marker* yang akan digunakan untuk menghitung kebutuhan kain, menghemat penggunaan kain, dan mempermudah proses *cutting*
- Mengkalkulasi panjang kain (bahan baku) yang akan digunakan
- Menggelar *layer-layer* kain di atas meja pemotongan. Panjangnya *layer* ini sesuai dengan *marker* yang dibuat, sedangkan jumlah tumpukan *layer* juga telah diperhitungkan sebelumnya berdasarkan jumlah pesanan barang dan standar tumpukan untuk tiap jenis bahan pakaian yang digunakan
- Meletakkan *marker* yang telah dibuat ditumpukan paling atas
- Melakukan proses pemotongan menggunakan pisau otomatis
- Jumlah unit hasil pemotongan akan dihitung kembali untuk dibuatkan administrasinya (pencatatan *cutting order*). Tiap satu grup bagian pakaian akan ditemplei kartu yang berisi informasi tentang nomor *style*, nomor *cutting*, nomor urut rol, dan kuantitas atau jumlah per-grup ikatannya

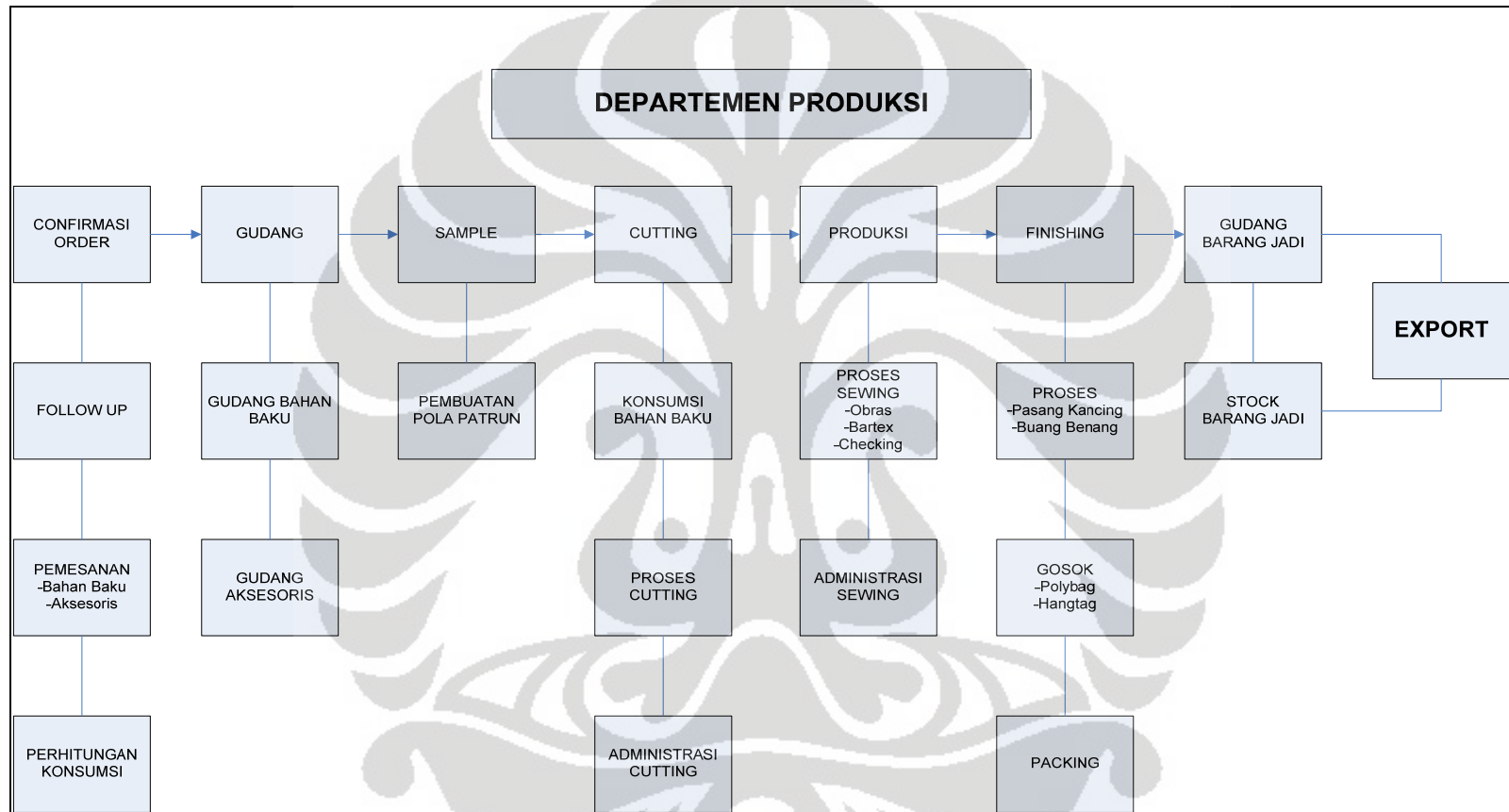
c. Divisi *sewing* yang bertanggung jawab terhadap terhadap proses jahit, termasuk didalamnya proses penjahitan tiap bagian pakaian, dan proses *join* (penggabungan) bagian-bagian tersebut hingga menjadi pakaian yang utuh. Proses kerja yang dilakukan adalah menjahit tiap-tiap bagian satu per satu hingga menjadi pakaian yang lengkap dan utuh. Tiap orang hanya mengerjakan satu jenis pekerjaan tertentu saja, dan bagian depannya akan melanjutkannya sehingga semakin ke depan seperti ban berjalan pekerjaan menjahit akan semakin lengkap.

d. Divisi Kancing yang bertanggung jawab terhadap proses penandaan lubang kancing, pemasangan kancing, pembuatan lubang kancing serta segala aktivitas yang berhubungan dengan pemasangan kancing.

- e. Divisi *finishing* yang bertanggung jawab terhadap proses produksi tahap akhir yang meliputi proses pemasangan tali, *zipper*, atau aksesoris lain, proses pencucian (*washing*) untuk pakaian tertentu saja jika diinginkan oleh pembeli, proses setrika (*ironing*), proses *labelling* (pemberian label), serta proses pengemasan (*packaging* dan *packing*)
- f. Divisi gudang yang bertanggung jawab terhadap *handle* material digudang dan melakukan pencatatan arus keluar masuk bahan-bahan dari gudang, baik bahan pakaian maupun aksesoris-aksesoris lain yang diperlukan

Struktur organisasi selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.





Gambar 3. 1 Departemen Produksi PT. X

Sumber : HR PT.X

3.1.3 Sumber Daya Manusia

PT. X secara total kurang lebih memiliki 475 orang tenaga kerja yang sebagian besarnya bekerja pada bagian produksi sebagai buruh-buruh pabrik. Dari 475 orang tersebut 25% adalah pegawai tetap, baik bekerja sebagai staff administrasi, keamanan, produksi, dan lain-lain. Sebagian besar sisanya yang bekerja sebagai pekerja di rantai produksi adalah bukan pegawai tetap yang diberi upah harian atau borongan sesuai jenis pekerjaan yang dilakukannya.

Masing-masingnya pekerja pada rantai produksi bekerja dengan waktu penuh. Jika perusahaan membutuhkan waktu kerja tambahan karena *deadline* pengiriman yang mendesak maka akan diberlakukan lembur. Jam kerja buruh di PT. X adalah sebagai berikut :

Jam kerja normal : Senin-Sabtu pukul 08.00-16.00

Jam kerja lembur : pukul 08.00-18.00

Jam istirahat : pukul 12.00-13.00

Database karyawan PT. X disajikan pada tabel 3.1 bawah ini:

Tabel 3. 1 Database Karyawan PT.X

NO.	BAGIAN	JENIS KELAMIN		PENDIDIKAN				AGAMA		STATUS LAMA IKATAN KERJA		STATUS KERJA	
		L	P	SD	SMP	SMA	S1	ISLAM	NON-ISLAM	BULANAN	HARIAN	TETAP	KONTRAK
1	Gudang	2	2		1	2	1	4		2	2	1	3
2	Mekanik	5	1			6		6		5	1	5	1
3	Line 1	1	48	21	17	11		49		2	47	24	25
4	Line 2	1	51	15	25	12		50	2	2	50	20	32
5	Line 3	2	52	21	19	14		52	2	3	51	23	31
6	Line 4	2	52	21	23	9	1	53	1	2	52	23	31
7	Line 5		34	15	8	11		34		1	33	10	24
8	Line 6		34	8	18	8		33	1	2	32	15	19
9	Finishing	4	58	27	16	19		62		5	57	41	21
10	Bartex	1	23	6	10	8		22	2	1	23	9	15
11	QC		23	12	4	7		21	2	3	20	13	10
12	Cutting	5	17	4	3	15		21	1	8	14	15	7
13	Sample	3	7	2	2	5	1	9	1	4	6	6	4
14	Administrasi Produksi	2	5		1	6		6	1	6	1	6	1
15	Umum	16	10	11	5	10		24	2	17	9	20	6
16	Komersial	1	2				3	1	2	3		3	
17	Keuangan&Akuntansi	1	3			1	3	4		4		4	
18	Ekspor Impor	1	1			2		2		2		2	
19	HRD	2					2	2		2		2	
20	Outsourcing												
21	Staff Direktur		3			2	1	3		3		3	
	Total	49	426	163	152	148	12	458	17	77	398	245	230
		475		475				475		475		475	

sumber : HR PT.X data Maret 2009

3.1.4 Mesin Dan Peralatan

Sebagai perusahaan yang bergerak dibidang garmen, PT. X memiliki berbagai macam mesin dan peralatan jahit otomatis serta mesin-mesin pendukung lain. Jenis mesin yang dimiliki perusahaan dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini :

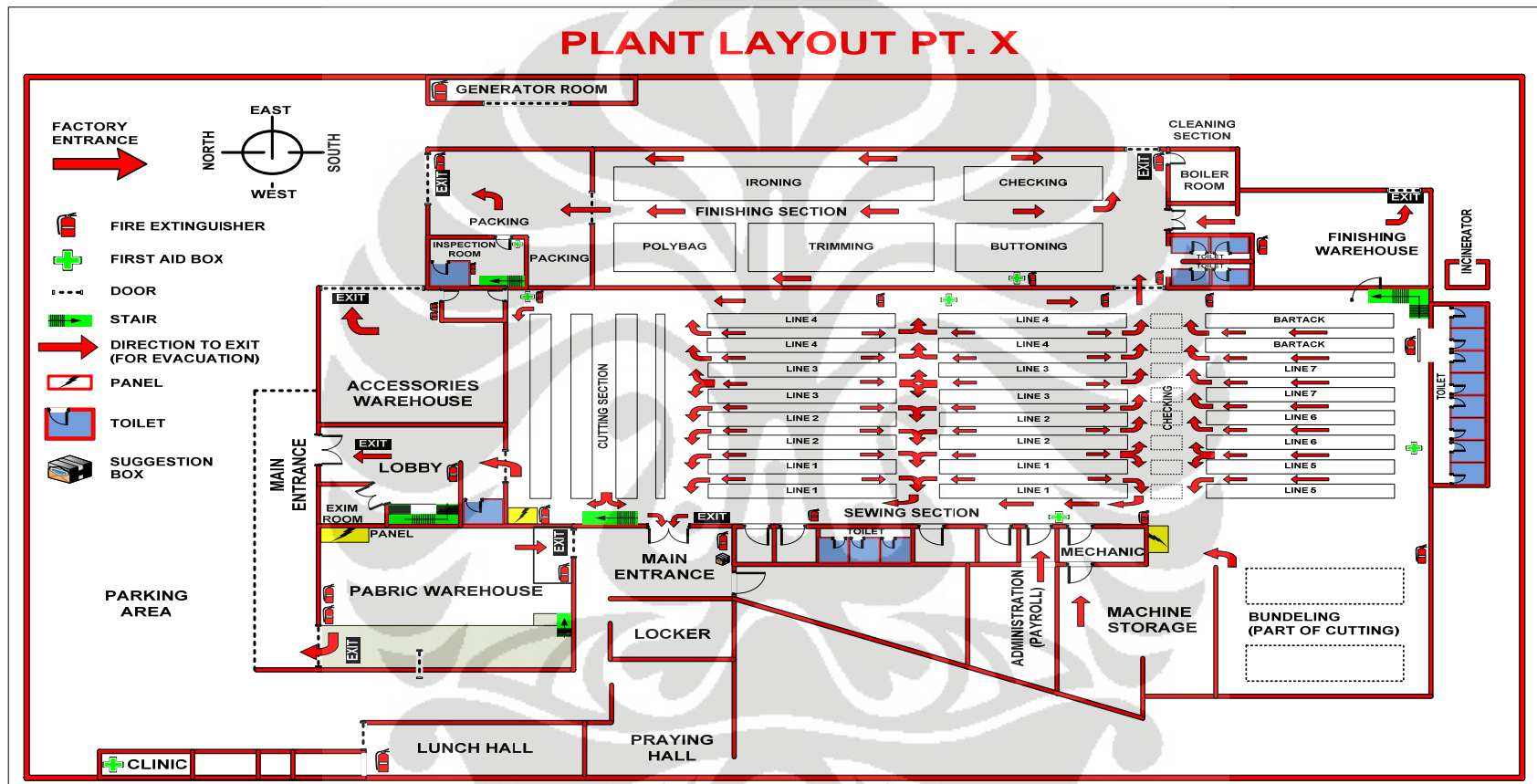
Tabel 3. 2 Daftar Mesin

No	Mesin	Brand	Jumlah
1	Mesin Jarum 1	PFAFF	186
2	Mesin Jarum 1	BROTHER	57
3	Mesin Jarum 1	TYPICAL	17
4	Mesin Jarum 1	MITSUBISHI	3
5	Mesin Jarum 1	SISTER	1
6	Mesin Jarum 1	JUKI	5
7	Mesin Jarum 1	METRO SPECIAL	1
8	Mesin Jarum 1 Otomatis	BROTHER	46
9	Otomatic Single Needle Machine	JUKI	1
10	Otomatic Single Needle Machine	PFAFF	9
11	Mesin Jarum 2	JUKI	12
12	Mesin Jarum 2	BROTHER	9
13	Mesin Jarum 2 Otomatis	BROTHER	4
14	Mesin Potong Otomatis	JUKI	7
15	Mesin Obras Benang 5	BROTHER	46
16	Mesin Obras Benang 5	JUKI	4
17	Mesin Obras Benang 5	YAMATO	2
18	Mesin Obras Benang 4	PEGASUS	2
19	Mesin Obras Benang 3	JUKI	3
20	Mesin Obras Benang 3	BROTHER	1
21	Mesin Obras Neci	PEGASUS	1
22	Mesin Snap Button		7
23	Gosokan Steam Gantung	SILVERSTAR	22
24	Gosokan Steam Boiler	VEITH	16
25	Gosokan Biasa	PHILIPS	1
26	Gosokan Biasa	NAOMOTO	4
27	Mesin Boiler Sentral	VEITH	1
28	Mesin Make Up	TYPICAL	5
29	Mesin Make Up	BROTHER	3
30	Mesin Make Up	ZOJE	1
31	Mesin Bartex	JUKI	16
32	Mesin Bartex	BROTHER	3
33	Mesin Bartex	ZOJE	1
34	Mesin Lubang Kancing	JUKI	3
35	Mesin Lubang Kancing	BROTHER	3
36	Mesin Lubang Kancing	TYPICAL	1
37	Mesin Lubang Kancing	PFAFF	1
38	Mesin Lubang Kancing Reece	SINGER	1
39	Mesin Lubang Kancing Reece	BROTHER	1
40	Mesin Press	SUMMIT	2

No	Mesin	Brand	Jumlah
41	Mesin Press	OSHIMA	1
42	Mesin Potong Wheelcrow		4
43	Mesin Potong		2
44	Mesin Balik Kerah		1
45	Mesin Press Manset		1
46	Mesin Overdeck	YAMATO	1
47	Mesin Overdeck	SIRUBA	18
48	Mesin Overlock	SIRUBA	24
49	Mesin Tandem	MITSUBISHI	2
50	Mesin Cuci	KELVINATOR	1
51	Mesin Pengering	KELVINATOR	1
52	Meja Lipat kemeja		5
53	Gosokan + Meja	NISSIN	12
54	Gosokan + Meja	VEITH	3
55	Gosokan + Meja	ASAHI	4
56	Gosokan + Meja	BEST	2
57	Mesin Straping		1
58	Mesin Buang / Sedot Benang	SUISEI	1
59	Mesin Snap Button Hidrolik	NISSIN	3
60	Mesin Pasang Kancing	BROTHER	3
61	Mesin Pasang Kancing	PFAFF	1
62	Mesin Pasang Kancing Otomatis	BROTHER	5
63	Mesin Zig Zag	BROTHER	1
64	Mesin Zig Zag	PEGASUS	1
65	Mesin Kelim Bawah	UNION SPECIAL	4
66	Mesin Sum Bawah	BROTHER	3
67	Mesin Karet Kansai	KANSAI	3
68	Mesin Karet Band Kansai	KANSAI	3
69	Mesin Karet Band Kansai Spesial	KANSAI	2
70	Mesin Tali	KANSAI	3
71	Mesin Tali	PEGASUS	2
72	Mesin Kantong Bobok	BROTHER	1
73	Mesin Potong Tangan 8"	MACK	2
74	Mesin Potong Tangan 8"	BLUE STREAK	2
75	Mesin Potong Tangan 8"	SU LEE	1
76	Mesin Potong Tangan 8"	END CUTTER	3
77	Mesin Potong Tangan 8"	KM	1
78	Mesin Potong Tangan 5"	KM	2
79	Mesin Gulung Benang		2
80	Mesin Inspek Bahan		1
Total Jumlah Mesin			642

sumber : HR PT.X

Dibawah ini ditampilkan Plant Layout dari PT X



Gambar 3.2 Plant Layout PT X

Sumber : HR PT.X

3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data Keluhan Pekerja

Untuk menemukan adanya indikasi rancangan kerja yang tidak ergonomis maka peneliti melakukan wawancara dengan pihak pekerja dan departemen personalia. Peneliti melakukan wawancara ke 10 orang pekerja dengan tiga pertanyaan mendasar:

- Apakah Anda pernah mengalami nyeri dan rasa tidak nyaman pada bagian tulang dan otot di punggung (gangguan muskuloskeletal)?
- Apakah hal di atas (pada pertanyaan pertama) sering terjadi?
- Apakah Anda pernah tidak masuk kerja (absen) akibat mengalami hal di atas (pada pertanyaan pertama)?

Ternyata, seluruh pekerja yang diwawancara mengatakan “Iya” untuk ketiga pertanyaan di atas. Para pekerja mengungkapkan keluhan kelelahan yang mereka alami terutama terjadi pada bagian pinggang, punggung, leher, dan alat gerak (kaki dan tangan). Menurut mereka, keluhan kelelahan seperti yang disebutkan di atas semakin sering terjadi setelah mereka harus bekerja lembur (*over time*). Dibutuhkan minimal 1 hari istirahat bagi para pekerja, yang mayoritasnya adalah wanita, untuk melakukan pemulihan jika lembur dilakukan.

Peneliti mengkonfirmasi hasil wawancara tersebut ke pihak personalia untuk divalidasi. Pihak personalia membenarkan bahwa banyak pekerja yang sering tidak masuk kerja setelah lembur kerja dilakukan. Sehingga berangkat dari data keluhan pekerja ini, peneliti menemukan adanya indikasi rancangan kerja yang tidak ergonomis, sehingga butuh diadakan analisis ergonomis yang lebih mendalam di industri garmen.

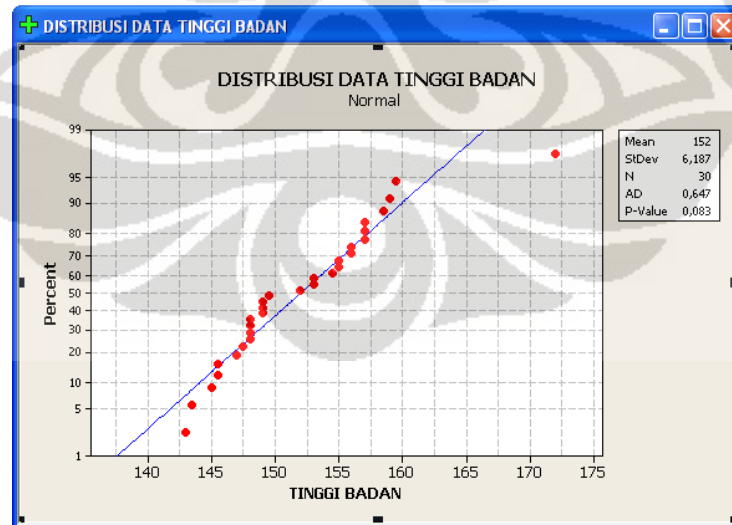
3.2.2 Data Antropometri Pekerja

Data antropometri yang diukur adalah tinggi badan dan berat badan pekerja. Data ini dibutuhkan untuk input data ukuran model manusia di *software* Jack. Pengukuran dilakukan selama satu hari kerja dengan alat yang digunakan adalah mistar kayu, meteran, serta timbangan. Pengukuran antropometri ini dilakukan terhadap 30 orang pekerja.

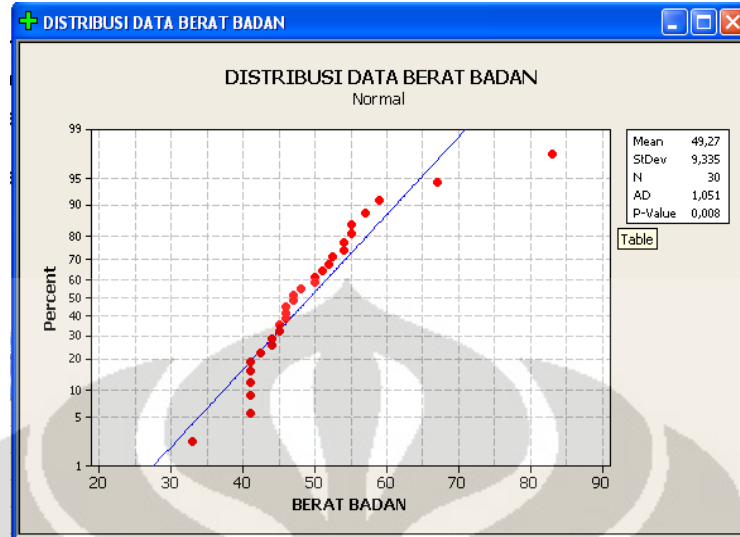
Tabel 3. 3 Data Antropometri Hasil Observasi Langsung

OBSERVASI KE-	TINGGI (cm)	BERAT (kg)	OBSERVASI KE-	TINGGI (cm)	BERAT (kg)
1	145,5	45	16	145,5	67
2	159	46	17	154,5	48
3	148	41	18	157	44
4	155	50	19	149,5	54
5	158,5	83	20	143,5	42,5
6	155	55	21	153	46
7	148	52	22	159,5	54
8	153	47	23	147	59
9	172	52,5	24	148	47
10	157	46	25	143	41
11	149	57	26	157	55
12	152	45	27	156	44
13	156	50	28	149	51
14	148	41	29	145	41
15	147,5	41	30	149	33

Untuk mengetahui apakah data antropometri yang peneliti kumpulkan adalah data antropometri yang baik, maka perlu dilakukan uji normalitas untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi secara normal atau tidak. Jika hasil uji normalitas menghasilkan *p-value* lebih dari 5%, maka data tersebut terdistribusi secara normal. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 14. Hasilnya tersaji pada gambar-gambar di bawah:



Gambar 3. 3 Hasil Uji Normalitas Data Tinggi Badan PT. X



Gambar 3. 4 Hasil Uji Normalitas Data Berat Badan PT. X

Berdasarkan hasil uji normalitas, *p-value* dari data tinggi badan adalah 8,3%. Sedangkan *p-value* dari data berat badan adalah 0,8%. Dari sini, dapat dilihat bahwa data tinggi badan terdistribusi secara normal, sedangkan data berat badan tidak. Dengan itu, peneliti menetapkan untuk menggunakan data tinggi badan sebagai data utama yang digunakan untuk membuat model manekin pada *software* Jack. Kemudian, data tinggi dan berat badan di atas dibuatkan persentil 5th dan 95th yang dapat terlihat pada tabel di bawah:

Tabel 3. 4 Persentil 5%, 50%, 95% Data Tinggi dan Berat Badan PT. X

Persentil	Tinggi (cm)	Berat (kg)
5%	144,4	41
50%	153	47
95%	170,8	69,8

Selain data hasil observasi langsung ini, kami juga mendapatkan data antropometri pekerja Indonesia berjenis kelamin wanita dari bank data Persatuan Ergonomi Indonesia. Data pekerja Indonesia inilah yang digunakan karena dengan menggunakan data pekerja Indonesia ini diharapkan hasil penelitian ini dapat di implementasikan kepada industri garmen lain secara umum.

Tabel 3. 5 Data Antropometri Pekerja Indonesia

Persentil	Dimensi Tubuh												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	tbt	tmd	tsb	pak	lak	sks	jtd	rt	lb	lp	tld	tpo	psg
5	144.95	133	89	20.95	8.5	33	59	141	33	26.17	37	34	29.5
50	159.5	147.5	100	24	10	41	72	161	40	33	44	40.6	35
95	172	160.55	109.07	27	12	49.06	83	176.7	46	40	52	46	39

Sumber : Bank Data Persatuan Ergonomi Indonesia

Keterangan:

- tbt : Tinggi badan tegak
- tmd : Tinggi mata berdiri
- tsb : Tinggi siku berdiri
- pak : Panjang alas kaki
- lak : lebar alas kaki
- sks : siku ke siku
- jtd : Jangkauan tangan ke depan
- rt : Rentangan tangan
- lb : Lebar bahu
- lp : Lebar pinggul
- tld : Tinggi lutut duduk
- tpo : Tinggi popliteal
- psg : Panjang siku ke genggam tangan

Tabel 3. 6 Perbandingan Data Observasi dan Data Sekunder

Persentil	Tinggi Badan		Selisih
	Data Observasi (PT.X)	Data Sekunder (Persatuan Ergonomi Indonesia)	
5%	144.4	144.95	0.55
50%	153	159.95	6.95
95%	170.8	172	1.2

Dari hasil observasi yang dilakukan pada industri garmen PT.X, maka didapatkan bahwa data hasil observasi dan data yang didapatkan dari data sekunder memiliki kemiripan, sehingga data observasi tersebut mampu merepresentasikan kondisi pekerja di Indonesia dan dapat digunakan dalam penelitian ini.

Berikut ini adalah data antropometri yang digunakan dalam penelitian ini:

Build Human...

Stature: 144.9

Abdominal Dep.: 17.9

Ankle Hgt: 5.5

Acromion Height: 117.3

Arm Length: 64.0

Biacromial Br.: 33.4

Bideloid Br.: 39.8

Buttock-Knee: 50.5

Elbow Rest Hgt: 19.7

Elbow-Fingertip: 38.6

Foot Breadth: 8.4

Foot Length: 21.6

Hand Breadth: 7.8

Hand Length: 15.9

Head Breadth: 14.4

Head Height: 20.9

Head Length: 18.1

Gender: Female Male

Units: cm

Hip Breadth: 31.8

Interpupil Dist: 6.2

Shoulder-Elbow: 30.6

Sitting Acromial: 50.3

Sitting Eye: 67.0

Sitting Hgt: 78.0

Sit Knee Hgt: 45.3

Thigh Clearance: 15.8

Thumbtip Reach: 71.3

Save as... Name: Edit Existing... Human | percentil_5

Add to Menu Create New

Basic Scaling Body Part Scaling Usage Clear Dismiss

Gambar 3.5 Data Antropometri Manusia Persentil 5%

Build Human...

Stature: 159.5

Abdominal Dep.: 18.5

Ankle Hgt.: 6.0

Acromion Height: 130.1

Arm Length: 70.8

Biacromial Br.: 35.4

Bideltoid Br.: 42.0

Buttock-Knee: 55.2

Elbow Rest Hgt.: 21.1

Elbow-Fingertip: 42.5

Foot Breadth: 8.9

Foot Length: 23.5

Hand Breadth: 8.2

Hand Length: 17.4

Head Breadth: 14.4

Head Height: 21.6

Head Length: 18.6

Gender: Female Male

Units: cm

Interpupil Dist.: 6.2

Shoulder-Elbow: 33.7

Sitting Acromial: 54.8

Sitting Eye: 72.9

Sitting Hgt.: 84.2

Sit Knee Hgt.: 50.5

Thigh Clearance: 16.6

Thumbtip Reach: 78.0

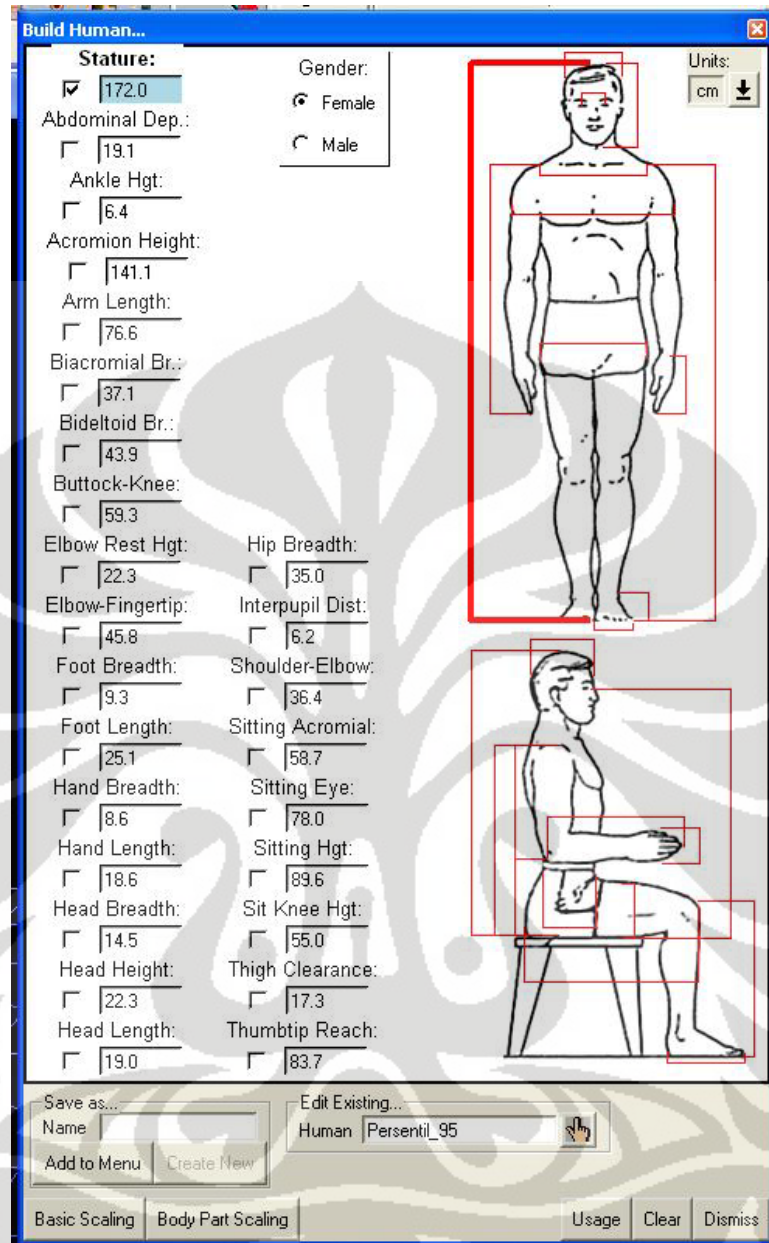
Save as... Name:

Edit Existing... Human Persentil_50

Add to Menu Create New

Basic Scaling Body Part Scaling Usage Clear Dismiss

Gambar 3. 6 Data Antropometri Manusia Persentil 50%

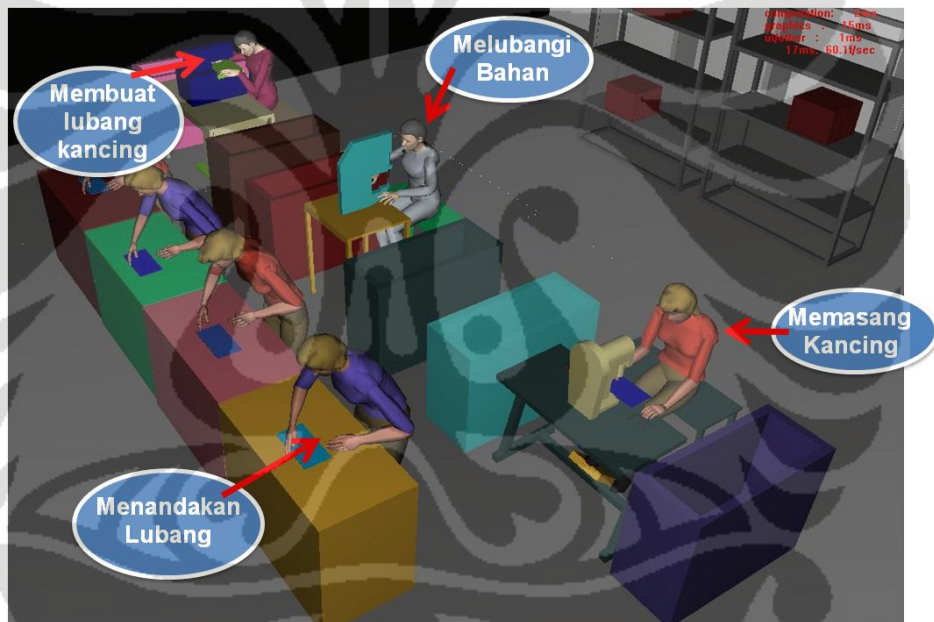


Gambar 3. 7 Data Antropometri Manusia Persentil 95%

3.2.3 Data Mesin dan Stasiun Kerja Divisi Kancing

Pada divisi kancing terdapat empat stasiun kerja, yaitu stasiun kerja tanda lubang, stasiun kerja pelubangan kain, stasiun kerja pemasangan kancing, dan stasiun kerja jahit lubang kancing. Alur kerja pada divisi kancing adalah pertama-tama bahan yang akan dipasangkan kancing ditandai di stasiun kerja tanda lubang. Proses penandaan ini dilakukan dengan menggunakan pensil jahit

berwarna, yang kemudian dititik-tikkan pada posisi yang akan dipasangkan kancing. Kemudian setelah bahan tersebut ditandai, maka tahap selanjutnya adalah bahan tersebut mengalami proses pelubangan di stasiun kerja mesin snap. Mesin snap melubangi bahan tepat pada titik-titik yang sudah ditandai sebelumnya. Selanjutnya, setelah bahan dilubangi, maka berikutnya adalah pemasangan kancing. Pemasangan kancing dilakukan dengan bantuan mesin taking yang cara kerjanya hampir sama dengan mesin snap, akan tetapi berbeda fungsi, dimana mesin taking ini menekan dan menjepit kancing agar terpasang pada bahan. Terakhir adalah stasiun kerja mesin reece. Stasiun kerja mesin reece menjahit lubang kancing khususnya lubang kancing untuk bahan-bahan yang tebal.



Gambar 3. 8 Stasiun Kerja Divisi Kancing

Untuk penelitian ini, penulis membatasi hanya meneliti tiga stasiun kerja yang menggunakan mesin saja, yaitu stasiun kerja mesin snap, stasiun kerja mesin taking, dan stasiun kerja mesin reece. Karena atas pertimbangan pada stasiun kerja yang menggunakan mesin, aktivitas kerja yang dilakukan pekerja cenderung repetitive dan monoton sehingga dari postur kerja yang terbentuk berisiko tinggi menyebabkan kelelahan otot. Sedangkan pada stasiun kerja tanda lubang, aktivitas

kerja yang dilakukan lebih fleksibel. Pekerja dapat melakukan kegiatan penandaan lubang ini dalam posisi yang lebih fleksibel, bisa dengan posisi duduk bersandar, duduk di bangku, atau dengan berdiri. Posisi kerja ini juga tergantung pada besar bahan kain yang ditandai. Untuk bahan kain kecil, bisa ditandai dengan posisi duduk, sedangkan untuk bahan kain yang berukuran besar para pekerja cenderung menandai lubang dengan posisi berdiri. Dengan adanya alternatif posisi kerja yang berbeda-beda ini maka pekerja dapat mengubah posisi kerjanya ketika mulai mengalami kelelahan, berbeda dengan stasiun kerja yang menggunakan mesin, karena posisi kerja dibatasi dengan ketinggian posisi mesin yang digunakan. Oleh karena itu, penulis memutuskan untuk membatasi penelitian pada stasiun kerja yang menggunakan mesin saja.

Dibawah ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai tiga stasiun kerja yang diteliti.

3.2.3.1 Stasiun Kerja Mesin Snap

Mesin snap (gambar 3.9) adalah mesin yang berfungsi untuk melubangi kain untuk dipasang kancing. Sebelum dilubangi dengan mesin ini, bahan yang akan dilubangi harus ditandai terlebih dahulu letak lubangnya. Mesin ini digerakkan dengan pedal, dimana ketika pedal ditekan ujung tajam dari mesin ini akan menusuk bahan membentuk lubang kecil yang nantinya akan dipasang kancing.



Gambar 3. 9 Mesin Snap

3.2.3.2 Stasiun Kerja Mesin Taking

Mesin taking (gambar 3.11) adalah mesin pasang kancing khususnya untuk jenis kancing besi yang biasa ada pada celana jeans. Cara kerjanya adalah,

operator meletakkan kancing bawah di mesin, kemudian meletakkan kain yang akan dipasangkan kancing, lalu di bagian atas kain diletakkan kancing atas, kemudian pedal di tekan hingga mesin menekan kancing atas hingga menyatu dengan kancing bawah.



Gambar 3. 10 Stasiun Kerja Mesin Taking



Gambar 3. 11 Mesin Taking

3.2.3.3 Stasiun Kerja Mesin Reece

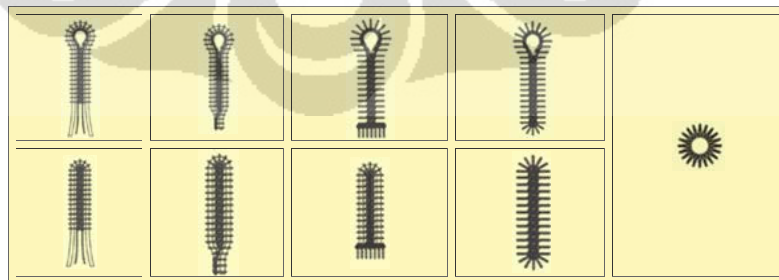
Mesin reece (gambar 3.13) adalah mesin jahit yang berfungsi untuk menjahit lubang kancing. Pada mesin jahit reece ini terdapat 9 jenis jahitan lubang kancing yang dapat di program untuk dapat beroperasi secara otomatis sesuai dengan jenis jahitan yang dipilih serta jumlah jahitan yang diinginkan.



Gambar 3. 12 Stasiun Kerja Mesin Reece



Gambar 3. 13 Mesin Reece



Gambar 3. 14 Jenis Jahitan Lubang Kancing Mesin Reece

3.2.4 Data Postur dan Rangkaian Kerja

Pengumpulan data postur dilakukan dengan mendokumentasikan posisi dan postur pekerja dengan menggunakan kamera. Gambar postur-postur kerja ini nantinya akan dijadikan acuan dalam mengatur posisi model manusia dalam *software* Jack. Dibawah ini adalah gambar postur kerja untuk masing-masing stasiun kerja.



Gambar 3. 15 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Reece, Mesin Snap, dan Mesin Taking

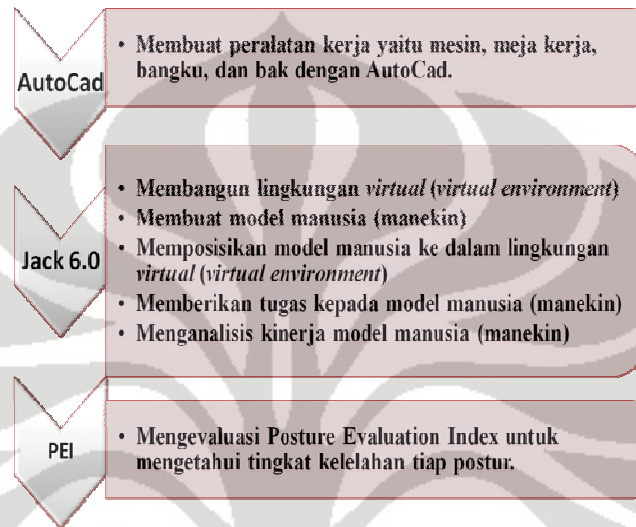
Sedangkan untuk pengumpulan data rangkaian kerja, dilakukan dengan merekam gerakan kerja operator untuk beberapa kali siklus kerja. Rekaman rangkaian kerja ini nantinya akan dijadikan acuan ketika membuat sistem animasi pada *software* Jack. Melalui sistem animasi yang menggambarkan rangkaian kerja operator, dapat dianalisa bagaimana dampak rangkaian pekerjaan yang dilakukan terhadap kelelahan fisik operator.

3.3 Perancangan Model

3.3.1 Perancangan Model Aktual

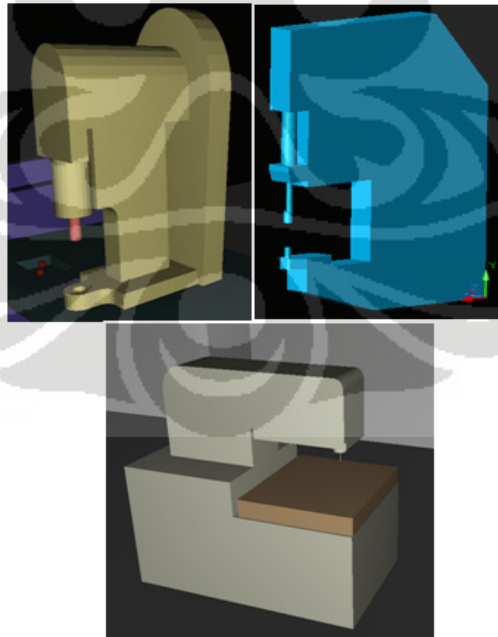
Tahapan awal dalam pengolahan data adalah membuat stasiun kerja *virtual* dengan menggunakan *software* AutoCad. Pada tahapan ini dibuat ketiga jenis mesin (mesin reece, mesin snap, dan mesin taking), meja kerja, bangku kerja, serta bak kerja. Data yang diolah pada tahap ini adalah data hasil pengukuran dimensi mesin dan perlengkapan, serta data dokumentasi gambar mesin dan

perlengkapan. Hasil dari gambar AutoCad ini nantinya akan diimpor ke dalam *software* Jack 6.0 untuk kemudian dapat diciptakan lingkungan *virtual* yang sesuai dengan kondisi riil nya. Tahapan selanjutnya adalah pengolahan data dengan *software* Jack, hingga mendapatkan hasil analisis yang dibutuhkan. Hasil analisis ini selanjutnya diolah dengan metode PEI.

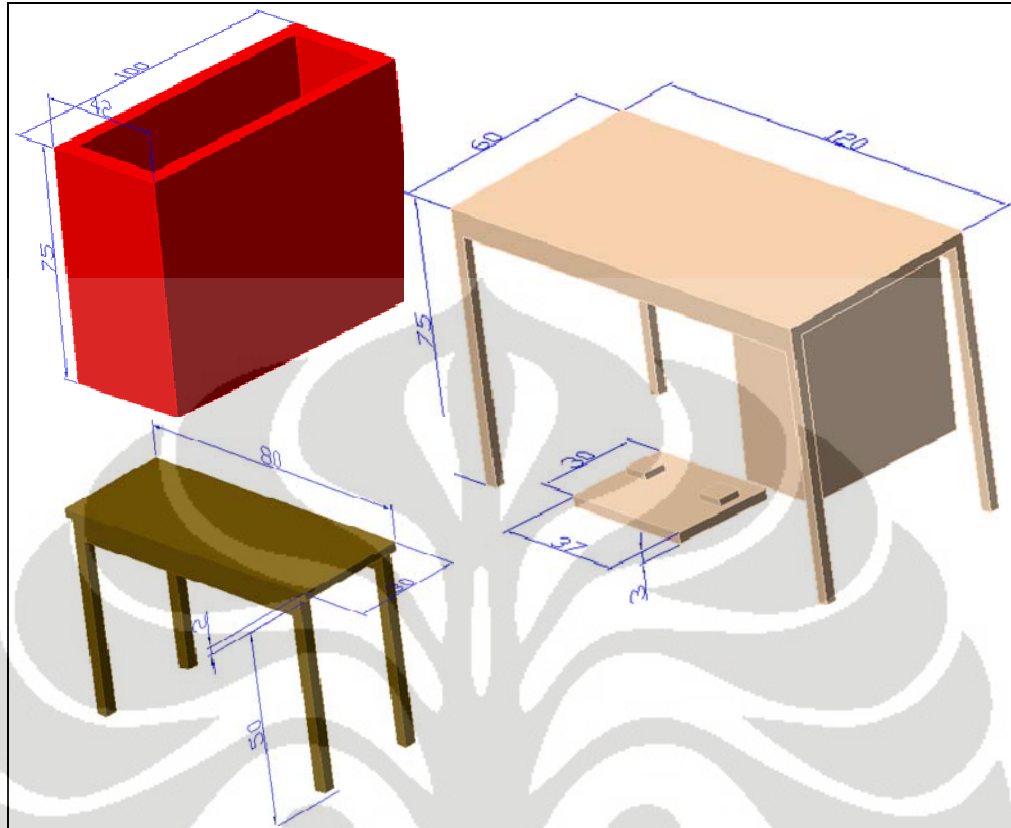


Gambar 3. 16 Tahap Pengolahan Data

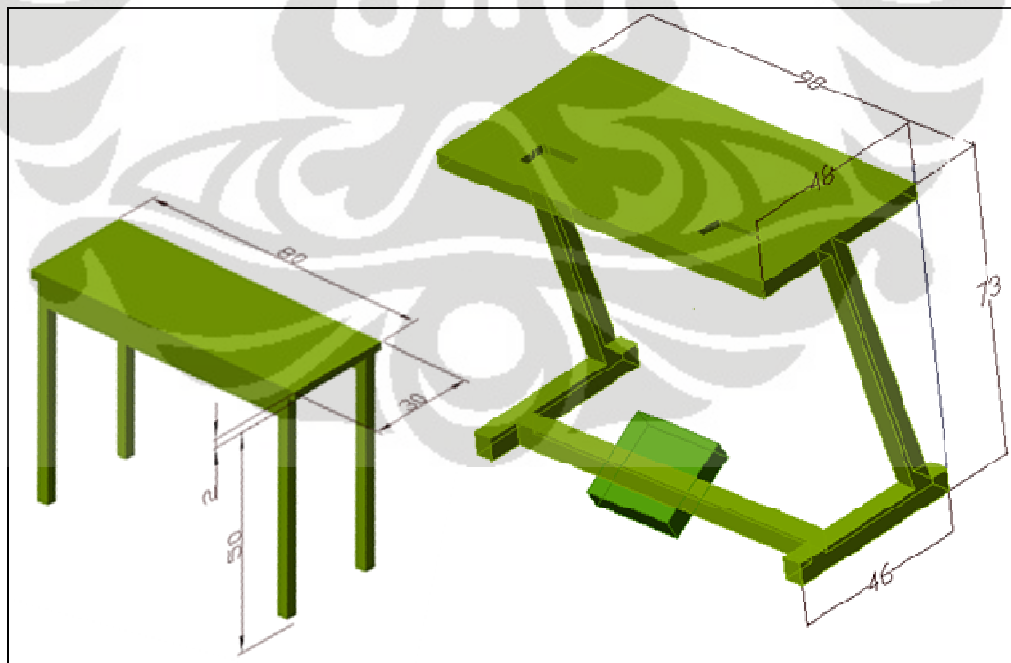
Pada gambar 3.16-3.20 dibawah ini adalah hasil pengolahan data dengan *software* AutoCad:



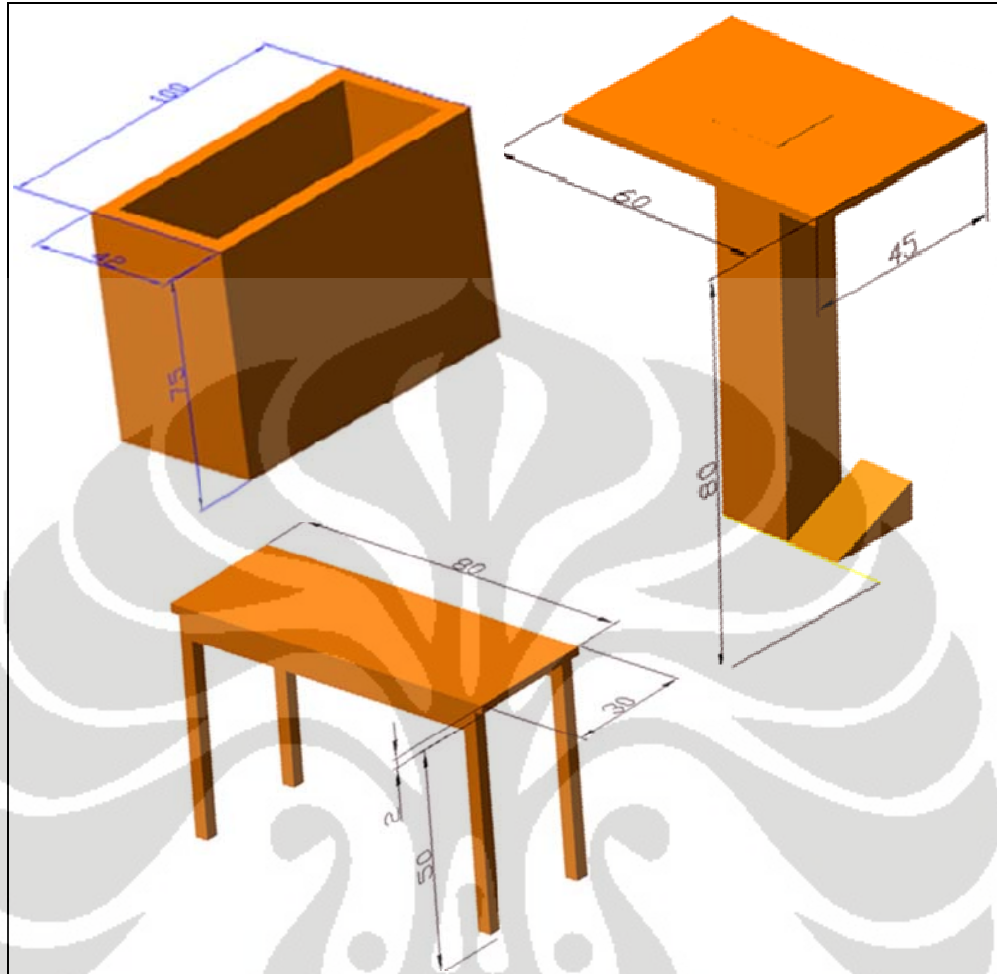
Gambar 3. 17 Gambar Mesin Dalam Bentuk AutoCad



Gambar 3. 18 Cad Stasiun Kerja Mesin Reece



Gambar 3. 19 Stasiun Kerja Mesin Taking



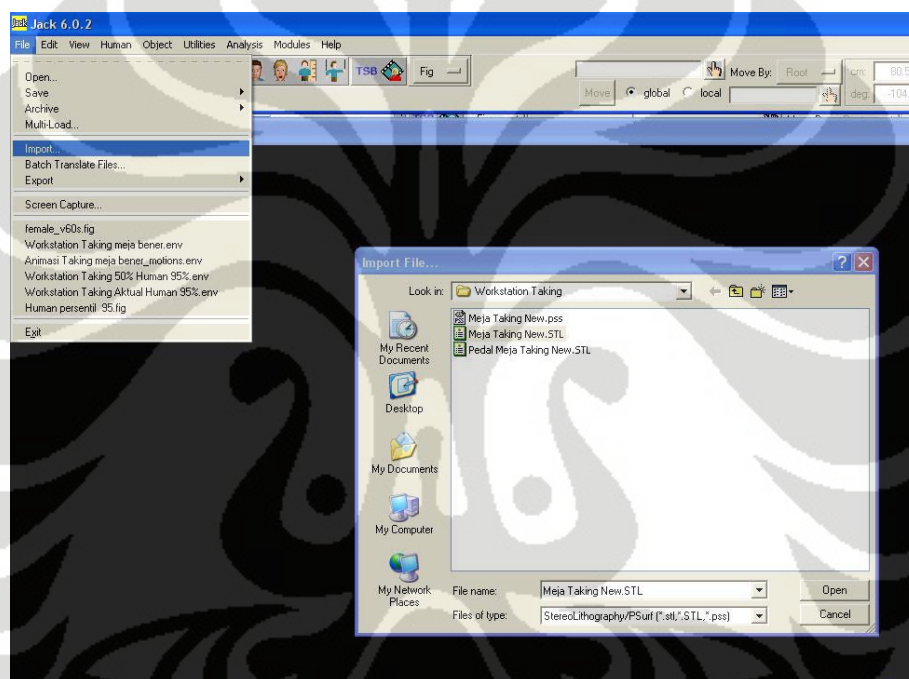
Gambar 3. 20 Cad Stasiun Kerja Mesin Snap

Setelah seluruh objek kerja dibuat dengan AutoCad, maka tahapan selanjutnya adalah membuat model *virtual* dan simulasi kerja dengan menggunakan *software* Jack 6.0. Untuk membuat model dalam *software* Jack ini harus melalui beberapa tahapan. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menggunakan *software* Jack 6.0 adalah sebagai berikut:

1. Membangun sebuah lingkungan *virtual* (*virtual environment*)
2. Membuat model manusia (manekin)
3. Memposisikan model manusia ke dalam lingkungan *virtual* (*virtual environment*)
4. Memberikan tugas kepada model manusia (manekin)
5. Menganalisis kinerja model manusia (manekin)

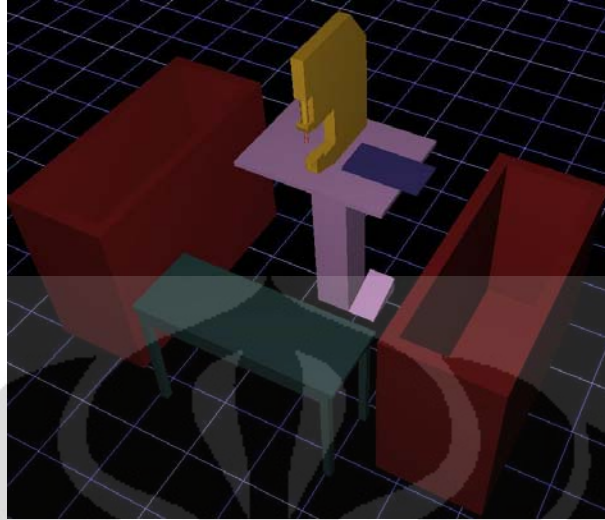
3.3.1.1 Membangun Lingkungan Virtual (Virtual Environment)

Pembuatan *virtual environment* ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan objek-objek yang disediakan oleh *software* Jack atau dengan membuat objek sendiri pada AutoCAD kemudian mengimpornya. Untuk kasus penelitian ini, digunakan lingkungan *virtual* kosong dari template *software* Jack, serta mengimpor benda-benda kerja yang digunakan, seperti mesin-mesin, meja kerja, bangku kerja, dan bak.



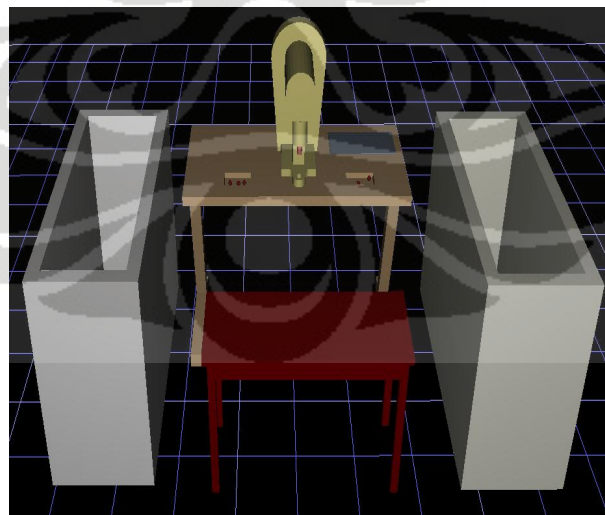
Gambar 3. 21 Mengimpor Objek Ke Dalam *Software* Jack

Dalam perancangan model aktual ini menggunakan stasiun kerja berukuran sebenarnya. Untuk stasiun kerja mesin snap, objek yang diimpor adalah mesin snap, meja kerja, bangku kerja, bak, serta potongan kain yang digambarkan dalam bentuk lembaran persegi panjang. Setelah seluruh objek tersebut diimpor, maka kemudian mengatur objek-objek tersebut untuk membentuk lingkungan *virtual* yang menyerupai layout stasiun kerja aktual. Dibawah ini ditampilkan gambaran lingkungan *virtual* stasiun kerja mesin snap yang dibuat dengan *software* Jack.



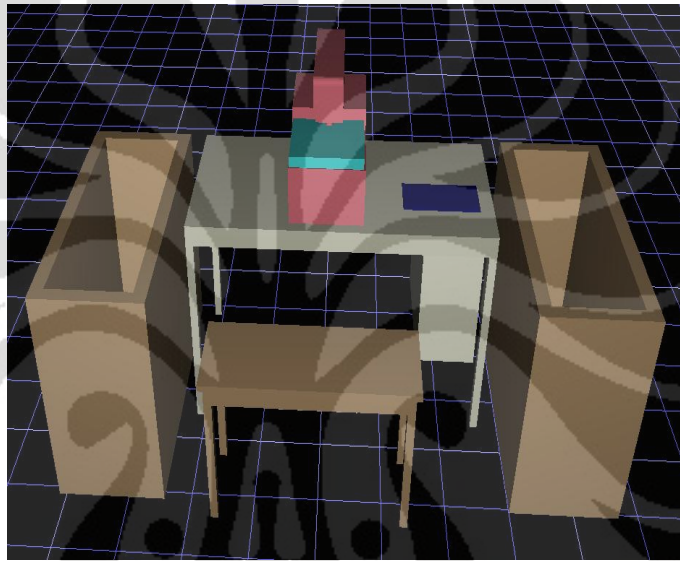
Gambar 3. 22 Lingkungan *Virtual* Stasiun Kerja Mesin Snap

Untuk stasiun kerja mesin taking, objek yang diimpor adalah mesin taking, meja kerja, bangku kerja, bak, butiran kancing, serta potongan kain yang digambarkan dalam bentuk lembaran persegi panjang. Setelah seluruh objek tersebut diimpor, maka kemudian mengatur objek-objek tersebut untuk membentuk lingkungan *virtual* yang menyerupai layout stasiun kerja aktual. Dibawah ini ditampilkan gambaran lingkungan *virtual* stasiun kerja mesin taking yang dibuat dengan *software* Jack.



Gambar 3. 23 Lingkungan *Virtual* Stasiun Kerja Mesin Taking

Untuk stasiun kerja mesin reece, objek yang diimpor adalah mesin reece, pedal mesin reece, meja kerja, bangku kerja, bak, serta potongan kain yang digambarkan dalam bentuk lembaran persegi panjang. Setelah seluruh objek tersebut diimpor, maka kemudian mengatur objek-objek tersebut untuk membentuk lingkungan *virtual* yang menyerupai layout stasiun kerja aktual. Dibawah ini ditampilkan gambaran lingkungan *virtual* stasiun kerja mesin reece yang dibuat dengan *software* Jack.



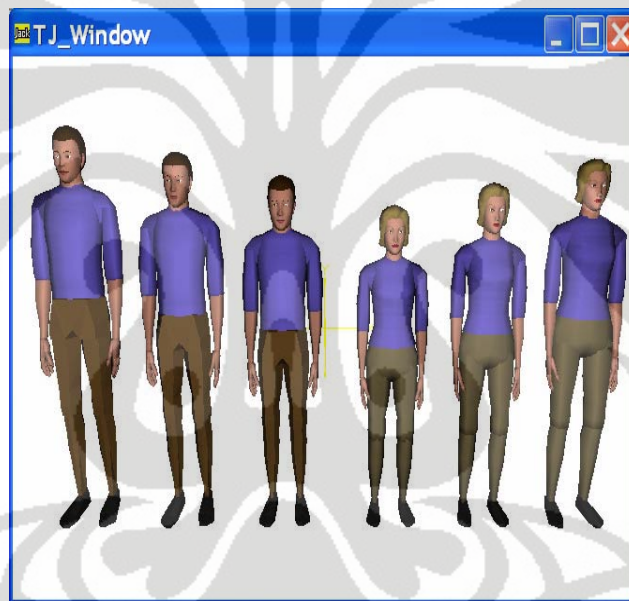
Gambar 3. 24 Lingkungan *Virtual* Stasiun Kerja Mesin Reece

3.3.1.2 Membuat Model Manusia

Model manusia Jack terdiri dari 71 segmen, 69 persendian, dan 135 derajat kebebasan. Database antropometri yang digunakan oleh Jack untuk membuat manekin manusia adalah ANSUR (Army Natick Survey User Requirements). Jack juga memungkinkan penggunaanya untuk membuat model manusia tidak hanya dengan model “5th dan 95th”, melainkan juga pembuatan skala yang ditentukan sendiri yaitu dengan *Basic Human Scaling* dan *Advanced Human Scaling*.

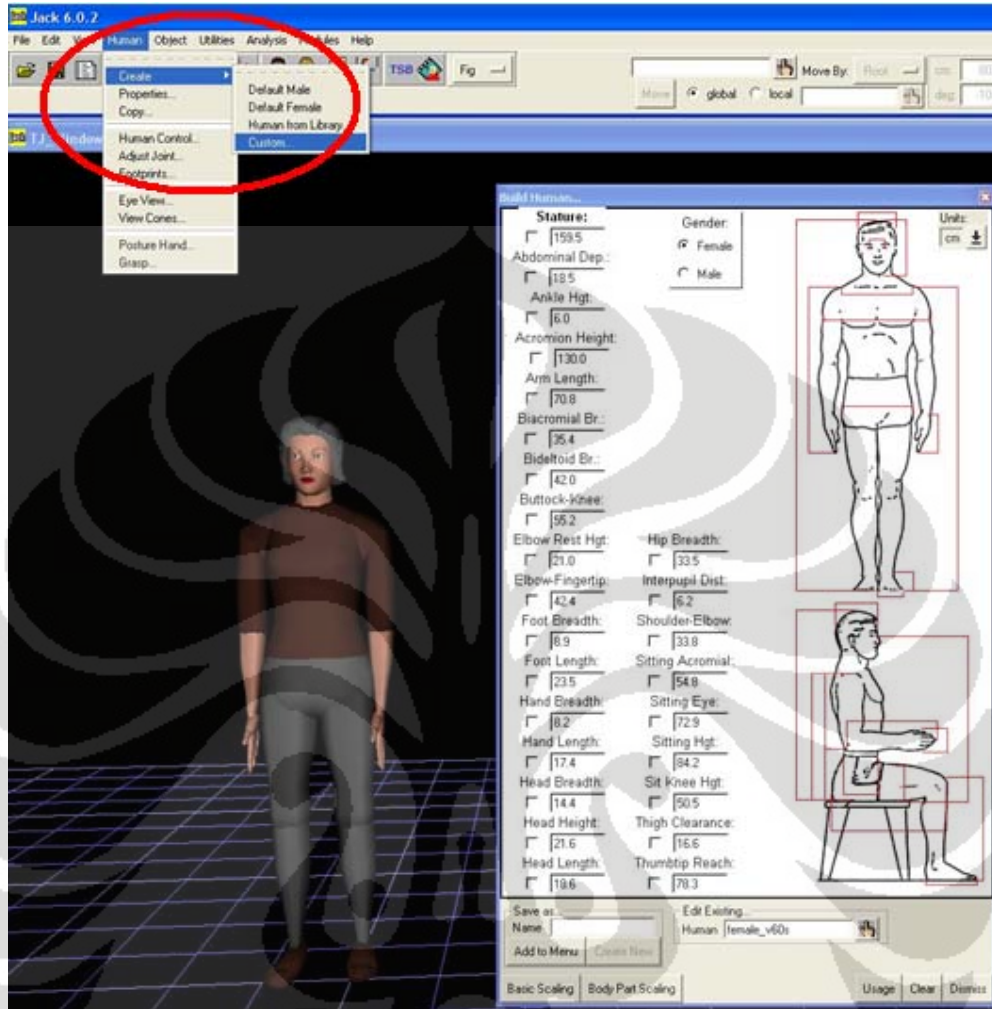
Pada *Basic Human Scaling*, input data yang harus dilengkapi terdiri dari dua cara yaitu dengan mengisi data jenis kelamin, tingi badan, dan berat badan, atau bisa juga dengan hanya mengisi data jenis kelamin dan persentil saja.

Metode pembuatan model manusia yang lebih detail adalah dengan memanfaatkan *Advanced Human Scaling*. *Advanced Human Scaling* dapat membuat manekin manusia dengan dimensi antropometri tertentu dengan memasukkan data ukuran 26 bagian tubuh serta jenis kelamin. Dengan *Advanced Human Scaling* ini kita bisa membuat model manusia dengan ukuran sesuai keinginan kita. Selain dengan memasukkan seluruh data ukuran 26 bagian tubuh secara satu persatu, dengan *Advanced Human Scaling* ini kita dapat pula hanya memasukkan sebagian data saja dan untuk sisa data lainnya *software* Jack itu sendiri yang akan menyesuaikan data ukuran tubuh lainnya dengan metode regresi.



Gambar 3. 25 Model Manusia Berdasarkan Persentil

Untuk perancangan model aktual ini, data antropometri yang digunakan adalah data antropometri pekerja Indonesia persentil 5%, 50%, dan 95% dengan jenis kelamin wanita. Ketiga tipe manusia dengan ukuran antropometri yang berbeda-beda ini akan di simulasikan aktivitas kerjanya ketika sedang menggunakan stasiun kerja berukuran sebenarnya. *Command* yang digunakan dalam tahapan pembuatan model manusia ini adalah *Human* → *Create Human* → *Custom* → *Advanced Scaling*.

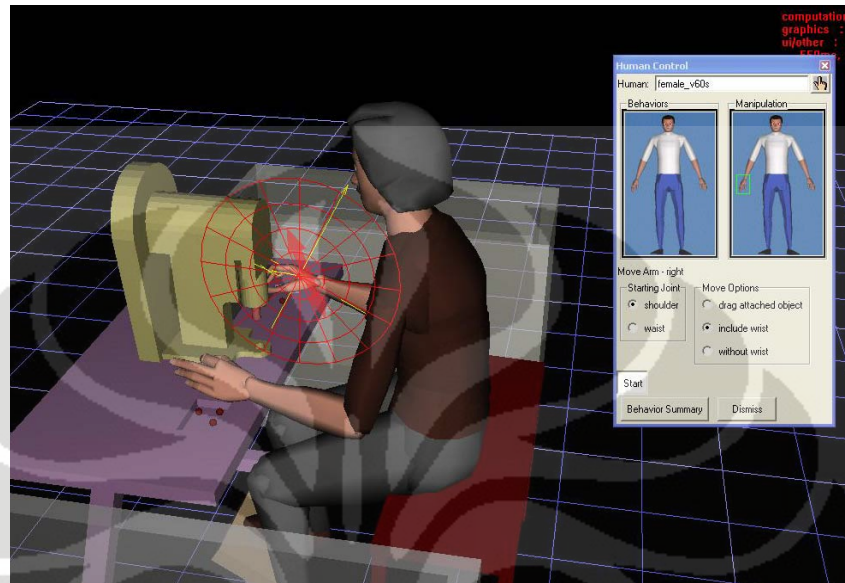


Gambar 3. 26 Membuat Model Manusia dengan *Advanced Body Scaling*

3.3.1.3 Memposisikan Model Manusia

Jack memungkinkan penggunanya untuk membuat postur dengan menggunakan model empiris tingkat atas, kinematika, atau manipulasi persendian secara langsung. Untuk kasus penelitian ini, posisi pekerja diatur secara manual dengan memanipulasi persendian secara langsung. Akan tetapi untuk postur awalnya, digunakan postur *template* yang disediakan di *software* jack yaitu postur duduk mengetik (*seated working*). Jenis postur ini dipilih karena posisi duduknya paling mendekati posisi duduk pekerja stasiun kerja mesin snap. Dari postur duduk ini kemudian di modifikasi dengan memanipulasi persendian model

manusia sehingga membentuk postur kerja yang diinginkan sesuai dengan postur kerja aslinya.

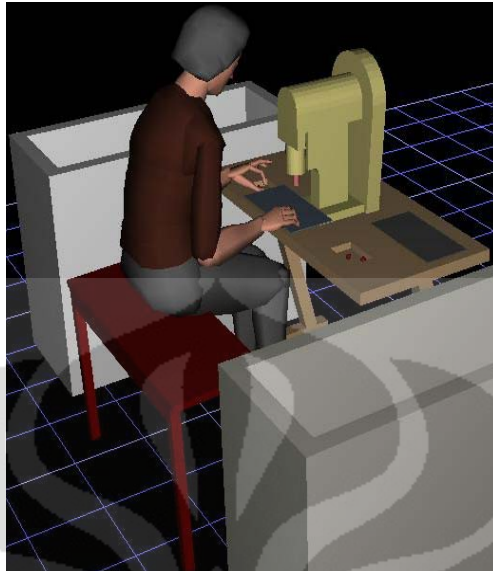


Gambar 3. 27 Penyesuaian Posisi Model Manusia

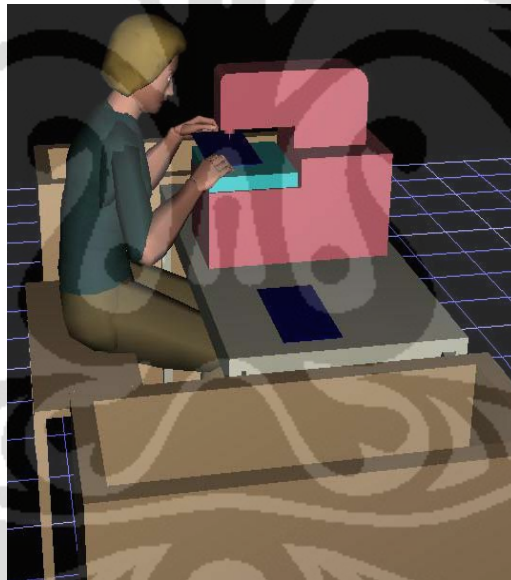
Berikut ini ditampilkan gambar postur kerja untuk masing-masing stasiun kerja.



Gambar 3. 28 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Snap



Gambar 3. 29 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Tacking

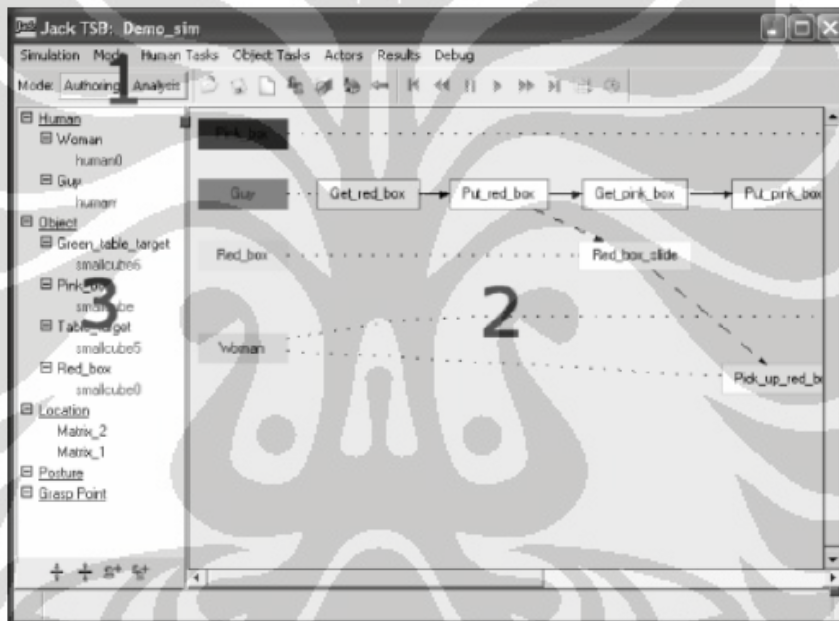


Gambar 3. 30 Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Reece

3.3.1.4 Memberi Tugas Kepada Model Manusia

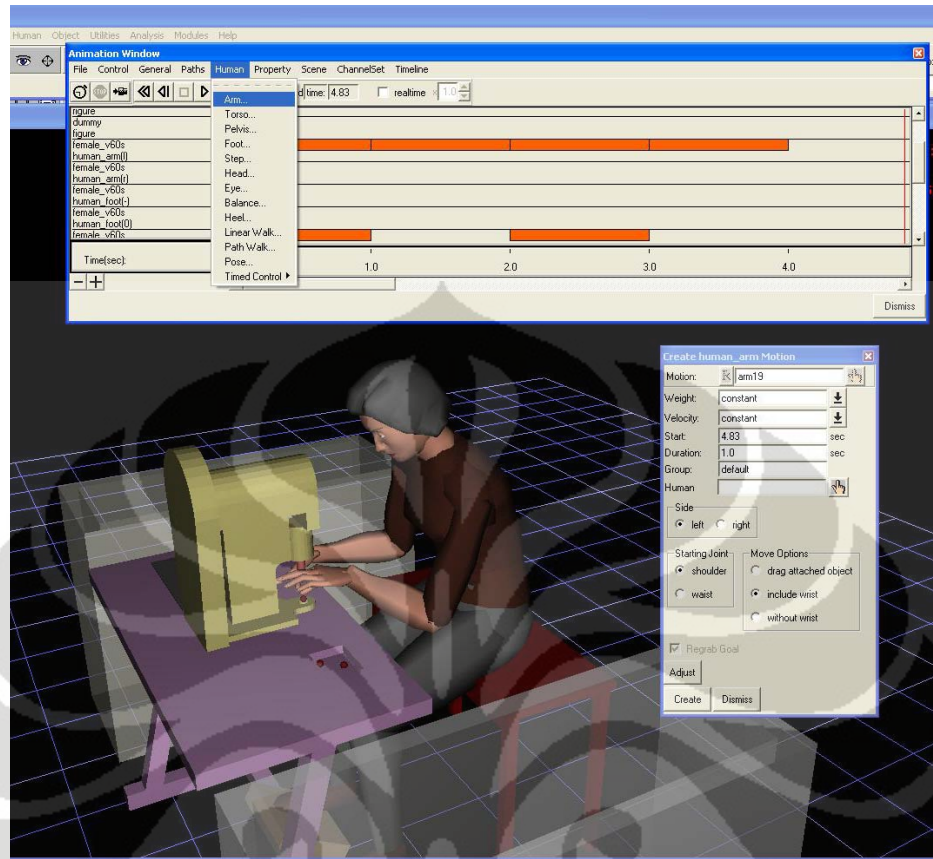
Tahapan selanjutnya setelah model manusia diposisikan pada stasiun kerja adalah, memberi tugas kepada model manusia tersebut. Pemberian tugas ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan *task simulation builder* atau dengan *animation system*.

Task simulation builder (TSB) merupakan metode simulasi rangkaian gerakan kerja dimana pada TSB ini sudah terdapat pilihan-pilihan aktivitas yang dapat diterapkan pada model manusia, seperti meraih, mengangkat, mendorong, mengambil, dsb. Dengan TSB dapat memberikan pekerjaan kepada model manusia untuk bereaksi terhadap suatu objek. Akan tetapi kelemahan menggunakan TSB adalah gerakan kerja yang dapat dilakukan sangat terbatas, sehingga tidak bisa terbentuk gerakan rangkaian kerja tepat seperti yang diinginkan. Untuk membentuk gerakan kerja yang lebih fleksibel bisa dengan menggunakan *Animation System*.



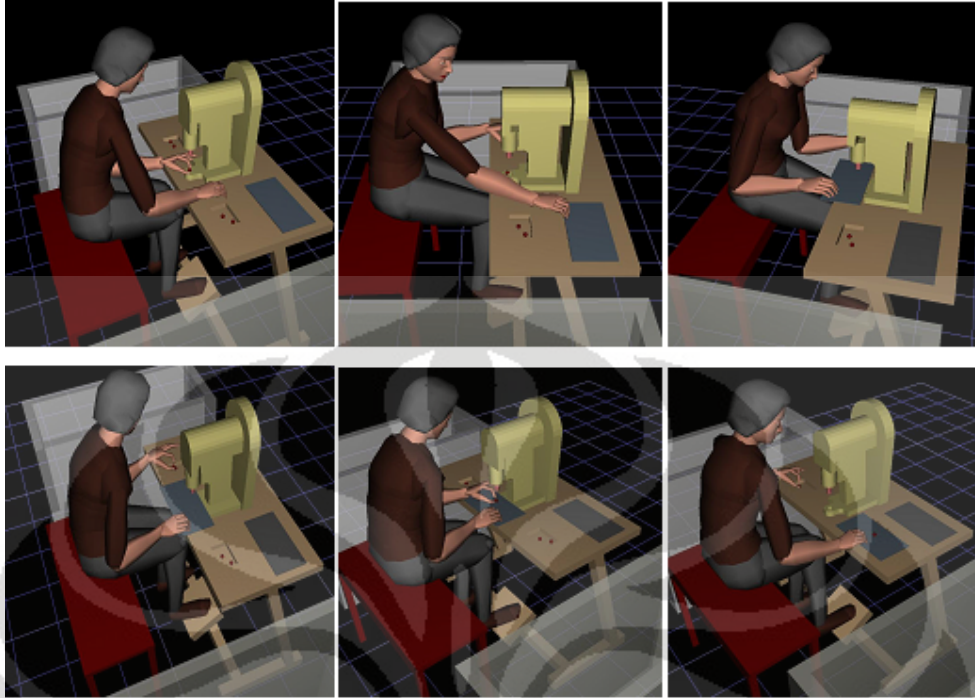
Gambar 3. 31 *Dialogue Box Task Simulation Builder*

Animasi yang disediakan oleh Jack sangat memungkinkan pembuatan mekanisme gerakan sehingga manusia digital dapat melakukan suatu operasi pekerjaan. Gerakan kerja pada sistem animasi ini dapat diatur sesuai keinginan dengan cara memanipulasi persendian model manusia. Animasi Jack juga dapat diputar ulang sehingga peninjauan dan analisa terhadap gerakan menjadi lebih mudah. Hasil animasi juga dapat diekspor dalam bentuk video.



Gambar 3. 32 Pembuatan Sistem Animasi Rangkaian Kerja

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam pembuatan simulasi rangkaian kerja adalah dengan *Animation System*. Model manusia digerakkan sesuai dengan video gerakan kerja sebenarnya. Gerakan model manusia ini, diatur secara satu persatu setiap gerakannya dengan cara memilih anggota tubuh yang akan digerakkan, menyesuaikan posisinya hingga tepat, serta menetapkan waktu mulai pergerakan dan durasinya. Kegiatan penyesuaian gerakan model manusia ini diteruskan hingga membentuk satu rangkaian kerja yang utuh dalam mengerjakan satu benda kerja. Pada gambar dibawah ini menunjukkan rangkaian kerja pada stasiun kerja mesin taking.



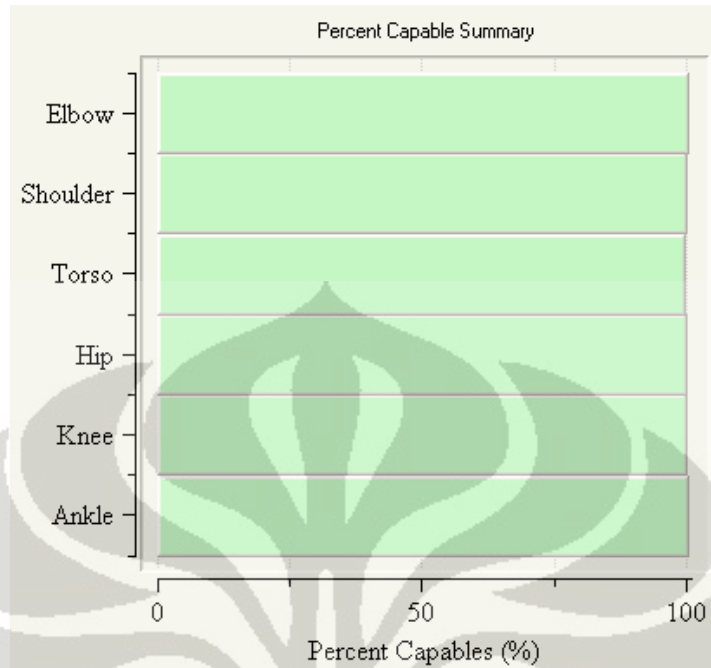
Gambar 3. 33 Rangkaian Postur Kerja Stasiun Kerja Mesin Taking

3.3.1.5 Mengevaluasi Kinerja Model Manusia

Setelah postur dan rangkaian kerja dibuat maka selanjutnya adalah mengevaluasi kinerja model manusia. Jack memiliki sekumpulan *tools* yang dapat digunakan untuk membantu dalam mengevaluasi performa dari model manusia. Dalam penelitian ini *tools* yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model manusia ada 4, yaitu *Static Strength Prediction*, *Low Back Analysis*, *Ovako Working Posture Analysis System*, dan *Rapid Upper Limb Assessment*.

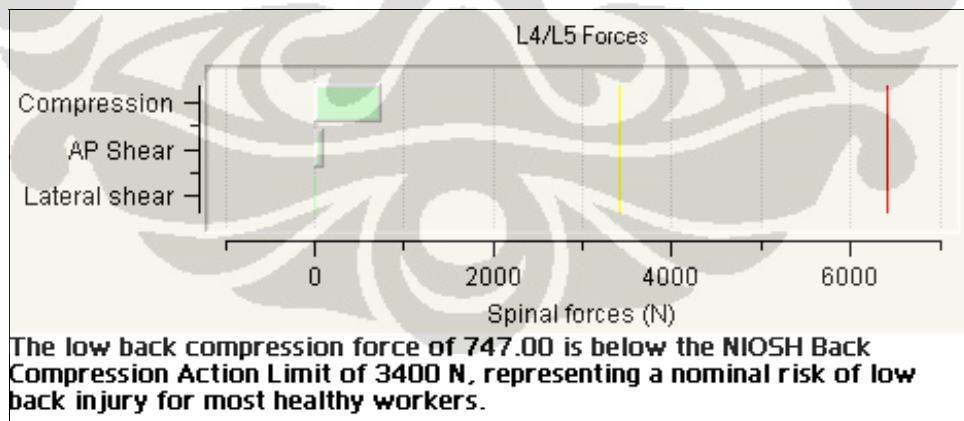
Evaluasi dilakukan dengan menjalankan animasi rangkaian kerja model manusia kemudian mengaktifkan *tools* yang digunakan. Dengan cara ini maka dapat dilihat grafik *real-time* tingkat kelelahan dan tekanan yang dirasakan model manusia selama melakukan pekerjaan.

Dengan *tools Static Strength Prediction*, output dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa grafik persentase populasi pekerja yang memiliki kekuatan statis untuk melakukan pekerjaan tertentu yang disimulasikan.



Gambar 3. 34 Grafik *Static Strength Prediction Model* Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

Dengan *tools Low Back Analysis*, output dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa grafik yang menunjukkan tekanan dan gaya yang diterima punggung belakang pekerja untuk melakukan pekerjaan tertentu yang disimulasikan.

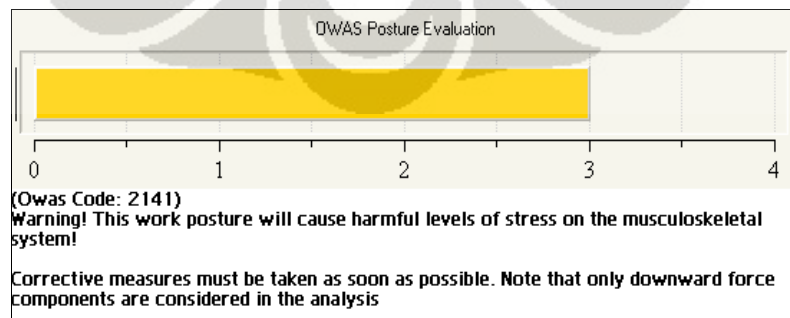


Gambar 3. 35 Hasil Analisis LBA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

Dengan tools *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*, output dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa skor penilaian yang mengindikasikan derajat intervensi yang dibutuhkan untuk mengurangi risiko terjadinya cedera pada tubuh bagian atas.

Gambar 3. 36 Hasil Analisis RULA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

Dengan tools *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*, output dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa skor yang menunjukkan tingkat *urgency* dari perlunya pengambilan suatu aksi perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera pada pekerja.



Gambar 3. 37 Hasil Analisis OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

3.3.2 Perancangan Model Ideal

Perancangan model ideal ini pertama-tama dilakukan dengan mengubah ukuran tinggi meja kerja dan kursi kerja. Ukuran yang digunakan diperoleh dari hasil perhitungan :¹³

$$\text{Tinggi Meja Kerja} = (\text{Sitting Elbow Height} + 7,5\text{cm}) + (\text{Popliteal Height} - 5\text{cm})$$

$$\text{Tinggi Kursi Kerja} = (\text{Tinggi Meja Kerja} - \text{Sitting Elbow Height})$$

Data antropometri yang digunakan untuk perhitungan tinggi stasiun kerja ini adalah data antropometri pekerja Indonesia persentil 5%, 50%, dan 95%. Pada tabel 3.7 dibawah ini adalah data ukuran *Sitting Elbow Height* dan *Popliteal Height* untuk masing-masing persentil.

Tabel 3. 7 Ukuran *Sitting Elbow Height* dan *Popliteal Height* Masing-Masing Perentil

	Sitting Elbow Height (cm)	Popliteal Height (cm)
Persentil 5%	19.7	34
Persentil 50%	21.1	40.6
Persentil 95%	22.3	46

Jadi pada tahap awal perancangan model ideal ini akan dirancang 3 stasiun kerja ideal untuk masing-masing persentil manusia.

1. Stasiun kerja ideal untuk manusia persentil 5%
2. Stasiun kerja ideal untuk manusia persentil 50%
3. Stasiun kerja ideal untuk manusia persentil 95%

Dari hasil perhitungan dengan data dan rumusan diatas maka didapatkan ukuran stasiun kerja yang baru untuk masing-masing persentil yang ditunjukkan pada tabel 3.8 di bawah ini.

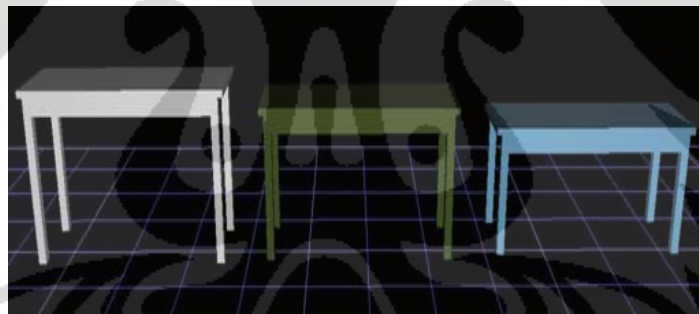
¹³Pheasant, Stephen, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work 2nd Edition*. USA: Taylor & Francise,2003.p.94-96

Tabel 3. 8 Perbandingan Ukuran Stasiun Kerja Aktual dan Ideal

Workstation Ukuran	Stasiun Kerja Mesin Snap	Stasiun Kerja Mesin Taking	Stasiun Kerja Mesin Reece
Tinggi Meja (cm)	80	73	75
Tinggi Kursi (cm)	52	52	58

Workstation Ukuran	Desain Stasiun Kerja Untuk Persentil 5%	Desain Stasiun Kerja Untuk Persentil 50%	Desain Stasiun Kerja Untuk Persentil 95%
Tinggi Meja (cm)	56.2	64.2	70.8
Tinggi Kursi (cm)	36.5	43.1	48.5

Setelah mengetahui ukuran stasiun kerja ideal, maka tahapan perancangan model selanjutnya sama dengan tahapan pada perancangan model aktual, yaitu membuat stasiun kerja tersebut menggunakan *software* AutoCad. Dibawah (gambar 3.38;3.39) ini adalah gambar Cad untuk meja dan kursi ideal untuk masing-masing persentil.

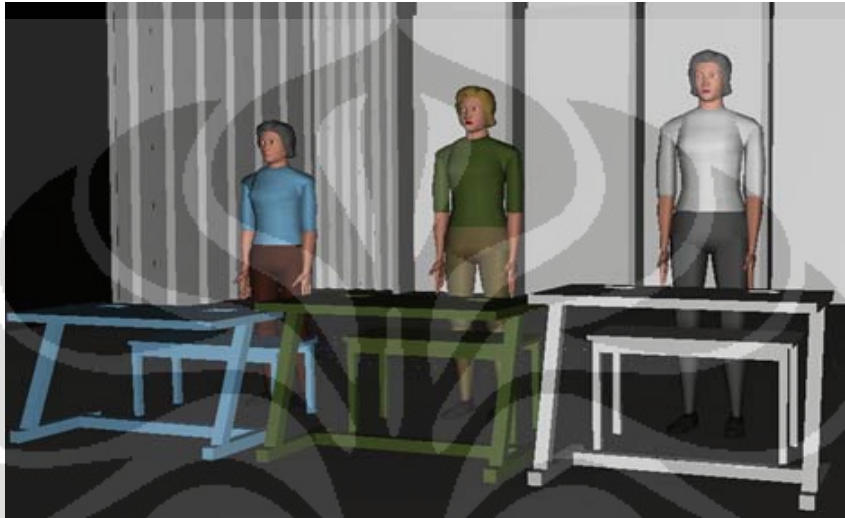


Gambar 3. 38 Bangku Kerja Ideal Untuk Persentil 95%, 50%, dan 5%



Gambar 3. 39 Meja Kerja Ideal Untuk Persentil 95%, 50%, dan 5%

Perancangan model ideal dengan menggunakan *software* Jack tidak akan dibahas lagi pada bagian ini karena tahap perancangan untuk model ideal ini sama dengan tahap perancangan model aktual. Pada gambar 3.40 dibawah ini dapat dilihat perbandingan stasiu kerja untuk operator persentil 5%, 50%, dan 95%.

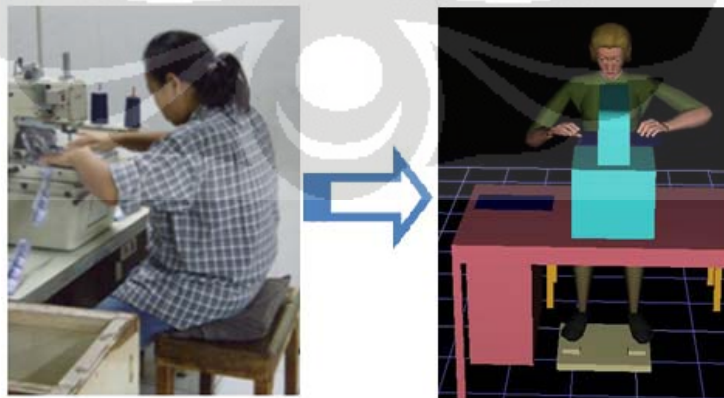


Gambar 3. 40 Perbandingan Stasiun Kerja Ideal Persentil 5%, 50%, 95%

3.3.3 Verifikasi dan Validasi Model

3.3.3.1 Verifikasi Model

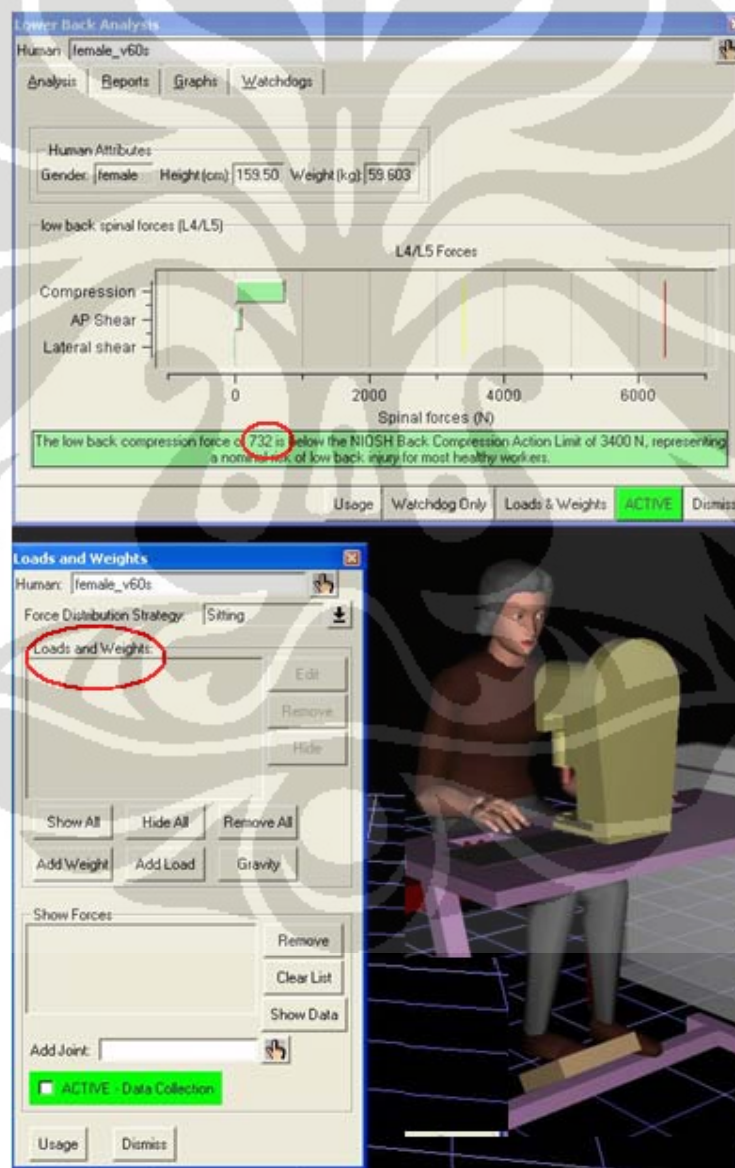
Verifikasi adalah proses menentukan apakah suatu model simulasi beroperasi seperti yang diharapkan. Verifikasi untuk model ini dilakukan dengan menyesuaikan postur pekerja saat yang sedang mengoperasikan mesin pada *software* jack dengan postur sebenarnya yang ada di dunia nyata.



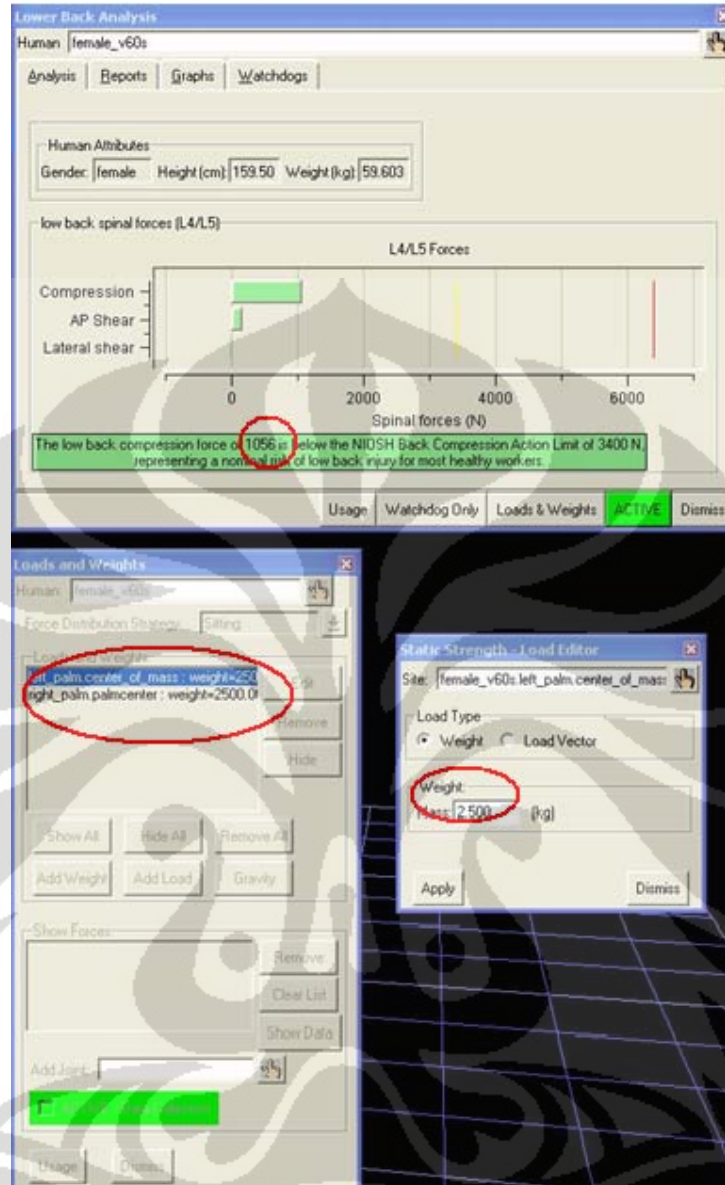
Gambar 3. 41 Perbandingan Postur dengan Kondisi Aktual

3.3.3.2 Validasi Model

Validasi merupakan proses untuk mengetahui apakah model yang disusun bisa merepresentasikan sistem nyata secara akurat atau sesuai dengan studi literatur. Untuk menguji validitas model ini, dilakukan dengan menambahkan beban yang diterima operator untuk melihat pengaruhnya terhadap hasil *Low Back Analysis* yang menunjukkan besar gaya tekanan yang diterima punggung belakang operator. Pengujian ini dilakukan dengan menambahkan beban sebesar 5kg pada tangan operator (masing-masing 2,5kg) kemudian dibandingkan dengan kondisi awal yang tanpa beban. Berikut ini adalah perbandingannya.:



Gambar 3. 42 LBA Normal Tanpa Beban



Gambar 3. 43 LBA Setelah Menambah Beban 5kg

Dari perbandingan di atas, dapat dilihat bahwa dengan memberikan gaya yang lebih besar pada kedua bahu pengendara maka akan memberikan hasil LBA yang berbeda di mana nilai gaya yang bekerja pada bagian punggung (belakang) bertambah dari yang sebelumnya 732 N menjadi lebih dari 1056 N. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut valid dan akan merepresentasikan kondisi yang sebenarnya apabila dilakukan perubahan nilai pada variabel di dalamnya.

BAB 4

ANALISIS

Dalam bab keempat ini akan dibahas mengenai analisis hasil pengolahan data yang berupa skor penilaian tingkat kenyamanan postur pekerja. Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri atas tiga bagian yaitu analisis model kondisi aktual stasiun kerja divisi kancing, analisis model ideal berdasarkan ukuran persentil manusia, serta analisis perbandingan model aktual dengan model ideal.

Model aktual yang dianalisis terdiri atas tiga model untuk masing-masing mesin, yaitu model stasiun kerja ukuran aktual dengan operator menggunakan manusia persentil 5%, model stasiun kerja ukuran aktual dengan operator menggunakan manusia persentil 50%, dan model stasiun kerja ukuran aktual dengan operator menggunakan manusia persentil 95%.

Untuk model ideal, terdapat tiga model untuk masing-masing mesin, yaitu model stasiun kerja ukuran ideal untuk persentil 5% yang digunakan oleh model manusia persentil 5%, stasiun kerja ukuran ideal untuk persentil 50% yang digunakan oleh model manusia persentil 50%, dan stasiun kerja ukuran ideal untuk persentil 95% yang digunakan oleh model manusia persentil 95%

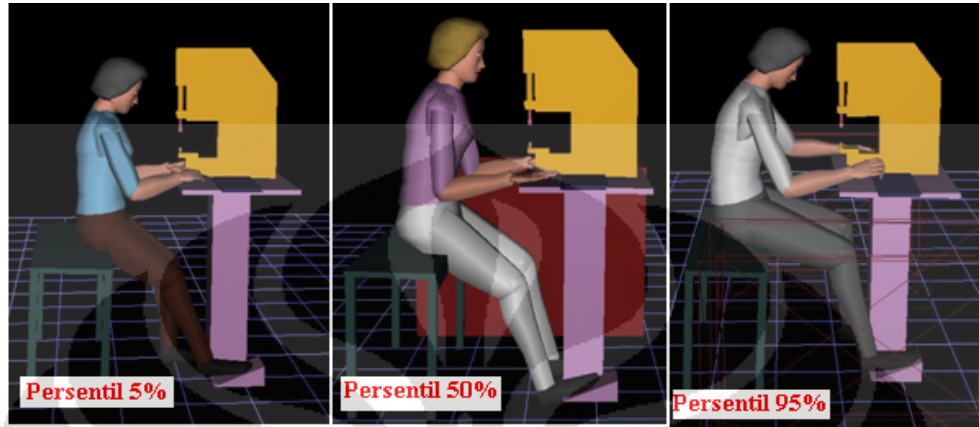
Selanjutnya untuk bagian analisis terakhir akan membahas perbandingan antara output model stasiun kerja aktual yang digunakan oleh model manusia persentil 5%, 50%, 95% dengan model stasiun kerja ukuran ideal untuk persentil 50% yang digunakan oleh model manusia persentil 5%, 50%, 95%.

4.1 Analisis Model Aktual

Analisis model aktual ini akan membahas output dari *software* Jack untuk masing-masing model yang menggunakan stasiun kerja berukuran aktual. Pembahasan akan dilakukan satu persatu untuk setiap mesin. Untuk memudahkan dalam menginterpretasikan hasil, maka output dari *tools* jack ditampilkan dalam bentuk tabel rekap yang membandingkan hasil analisis model stasiun kerja ukuran aktual dengan operator menggunakan model manusia persentil 5%, model manusia persentil 50%, dan model manusia persentil 95%.

4.1.1 Analisis Model Stasiun Kerja Mesin Snap

Pada gambar 4.1 dibawah ini ditampilkan postur kerja operator manusia persentil 5%, 50%, dan 95% pada stasiun kerja aktual mesin snap.



Gambar 4. 1 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Mesin Snap

Output awal yang harus diperhatikan adalah persentase kapabilitas populasi pekerja yang dihasilkan oleh *tools Static Strength Prediction*. Dari tabel dibawah ini dapat dilihat bahwa persentase kapabilitas untuk setiap bagian tubuh di ketiga model seluruhnya bernilai lebih dari 90%. Nilai ini menandakan bahwa kegiatan kerja pada model tersebut dapat dilakukan oleh mayoritas populasi pekerja dan layak untuk dilanjutkan ke tahap analisis selanjutnya.

Tabel 4. 1 Output *Static Strength Prediction* Model Aktual Stasiun Kerja Snap

Stasiun Kerja		Percent Capabilities					
		Aktual-Human 5%		Aktual-Human 50%		Aktual-Human 95%	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
	Elbow	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/ext	99%		100%		99%	
	Lateral bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
	Hip	99%	99%	99%	100%	100%	100%
	Knee	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ankle	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Selanjutnya yaitu menganalisa hasil *tools Low Back Analysis* yang menunjukkan gaya tekan yang diterima punggung belakang model manusia. Pada model pertama yaitu model dengan operator persentil 5%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 424 Newton. Tekanan yang diterima pada model pertama ini termasuk rendah, hal ini disebabkan posisi punggung yang tegak karena untuk model manusia persentil 5%, stasiun kerja berukuran aktual ini termasuk cukup tinggi, sehingga tidak perlu membungkukkan punggungnya dalam melakukan rangkaian kerja. Pada model kedua yaitu model dengan operator persentil 50%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 680 N. Tekanan yang diterima pada model pertama ini juga termasuk rendah, Sedangkan pada model ketiga yaitu model dengan operator persentil 95%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 841 N. Tekanan yang diterima oleh manusia persentil 95% lebih besar daripada tekanan yang diterima manusia persentil 5% dan 50%, karena manusia persentil 95% perlu membungkukkan tubuhnya ketika bekerja.

Tekanan yang terjadi pada ketiga model masih dapat diterima karena berada di bawah standar *NIOSH Back Compression Action Limit* sebesar 3400 N, sehingga risiko terjadinya gangguan pada punggung belakang pekerja termasuk rendah.

Tabel 4. 2 Output LBA dan OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Snap

Persentil	5%	50%	95%
LBA (Newton)	424	680	841
OWAS Code	1111	2111	2111

Selanjutnya output yang akan dibahas adalah kode OWAS yang menunjukkan tingkat kenyamanan postur kerja. Kode OWAS ini terdiri atas 4 digit angka dimana digit pertama menunjukkan kualitas postur batang tubuh, digit kedua menunjukkan kualitas postur lengan, digit ketiga menunjukkan kualitas postur tubuh bagian bawah dan digit terakhir menunjukkan kualitas postur leher dan kepala.

Untuk model yang menggunakan persentil 5% nilai evaluasi akhir yang didapat adalah 1 yang menunjukkan bahwa postur tubuh tersebut tergolong

normal dan alami, tidak terdapat beban yang dapat membahayakan system *musculoskeletal* operator, serta tidak perlu diadakan tindakan korektif. Secara lebih detail, kode OWAS yang diperoleh adalah 1111, dimana apabila dijabarkan lebih lanjut kode tersebut menunjukkan bahwa:

- Bagian batang tubuh tergolong dalam kategori 1 yang mengindikasikan model manusia berada dalam posisi tubuh tegak.
- Bagian lengan tergolong dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kategori 1 adalah kategori dengan nilai terendah (paling ergonomis).
- Bagian tubuh bawah tergolong dalam kategori 1 yang menandakan postur tubuh bagian bawah berada dalam kondisi normal.
- Beban yang diterima oleh postur tergolong ke dalam kategori 1 yang berarti masih di bawah 10 kg.

Sedangkan untuk model kedua dan ketiga, kode OWAS yang didapat adalah 2111, Bagian batang tubuh yang tergolong dalam kategori 2 mengindikasikan terjadinya posisi membungkuk (*flexion*) pada model. Hasil evaluasi akhir OWAS untuk model kedua dan ketiga ini bernilai 2, menunjukkan bahwa, secara keseluruhan, postur kerja mungkin dapat memberikan efek yang menyakitkan pada sistem muskuloskeletal pekerja. Walaupun beban yang diterima tidaklah ekstrim, langkah-langkah korektif sangatlah dianjurkan untuk dilakukan.

Output Jack terakhir yang perlu dianalisis untuk mendapatkan nilai PEI adalah mengevaluasi hasil *Rapid Upper Limb Assessment*. Pada tabel dibawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4. 3 Nilai RULA Model Aktual Stasiun Kerja Snap

SKOR RULA MODEL AKTUAL				
Body Part		5%	50%	95%
Body Group A	Upper Arm	3	1	3
	Lower Arm	2	3	2
	Wrist	2	2	1
	Wrist Twist	2	2	1
Body Group B	Neck	3	3	2
	Trunk	3	3	3
Grand Score		4	4	4

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai akhir RULA untuk ketiga model ini adalah sama yaitu 4. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko yang terjadi masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut akan tetapi kemungkinan besar membutuhkan perubahan agar kualitas postur tubuh bagian atas menjadi lebih baik. Secara lebih detail, dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- Lengan atas

Pada model pertama dan ketiga bernilai 3 sedangkan pada model kedua bernilai 1. Hal ini menunjukkan bahwa ketika stasiun kerja tersebut ditempati oleh model manusia persentil 50%, lengan atas operator tetap berada dalam kondisi normal tidak membentuk sudut simpangan yang lebih dari 20° . Sedangkan ketika stasiun kerja aktual ini digunakan oleh model manusia persentil 5% dan 95%, hasil evaluasi lengan bagian atas bernilai 3, dimana berdasarkan literatur diketahui bahwa apabila skor RULA lengan atas bernilai 3 artinya lengan atas menyimpang membentuk sudut $45-90^{\circ}$ sehingga lebih berisiko menyebabkan kelelahan. Simpangan ini kemungkinan besar terjadi karena tinggi stasiun kerja yang kurang sesuai untuk model manusia persentil 5% dan 95%, dimana pada model manusia persentil 5% stasiun kerja terlalu tinggi sehingga mengakibatkan lengan atas perlu diangkat, sedangkan pada model manusia persentil 95% stasiun kerja terlalu rendah menyebabkan lengan harus ditekuk sehingga lengan atas menyimpang membentuk sudut hingga $45-90^{\circ}$.

- Lengan bawah

Skor untuk lengan bawah pada model pertama dan ketiga adalah 2, sedangkan untuk model kedua bernilai 3. Postur tubuh pada lengan bawah ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.

- Pergelangan tangan dan Perputaran pergelangan tangan

Nilai untuk pergelangan tangan sama dengan nilai evaluasi perputaran tangan yaitu 2 untuk model pertama dan kedua, serta 1 untuk model ketiga. Nilai ini menunjukkan bahwa posisi pergelangan tangan normal, membentuk sudut kurang dari 15° , dan perputaran pergelangan tangan juga

dalam batas normal. Postur pergelangan tangan ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.

- Leher

Pada model pertama dan kedua hasil evaluasi bagian leher bernilai lebih baik daripada model ketiga. Hal ini disebabkan pada model ketiga, model manusia persentil 95% membungkukkan punggung belakangnya sehingga leher yang menunduk sejajar dengan tulang belakang yang juga menunduk. Sedangkan pada model pertama dan kedua, model manusia persentil 5% dan 50% tidak terlalu membungkukkan punggungnya sehingga leher yang menunduk tidak sejajar dengan tulang belakang yang lebih tegak.

- Batang tubuh

Nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh sama untuk ketiga model yaitu 3. Nilai ini menunjukkan bahwa posisi batang tubuh membungkuk membentuk sudut hingga 20-60°. Hal ini disebabkan dalam mengoperasikan mesin snap membutuhkan pandangan yang fokus pada posisi pelubangan, sehingga batang tubuh cenderung membungkuk ke arah mesin agar operator dapat melihat lebih jelas.

Tahap analisis terakhir yaitu perhitungan *Posture Evaluation Index (PEI)*. Nilai PEI ini didapat dari hasil akumulasi tiga hasil evaluasi ergonomi yaitu skor LBA, OWAS, dan RULA yang menunjukkan kualitas postur. Perhitungan PEI dengan menggunakan rumus (2.4).

$$PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \cdot mr)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42$$

Dibawah ini adalah tabel rekapitulasi PEI untuk ketiga model.

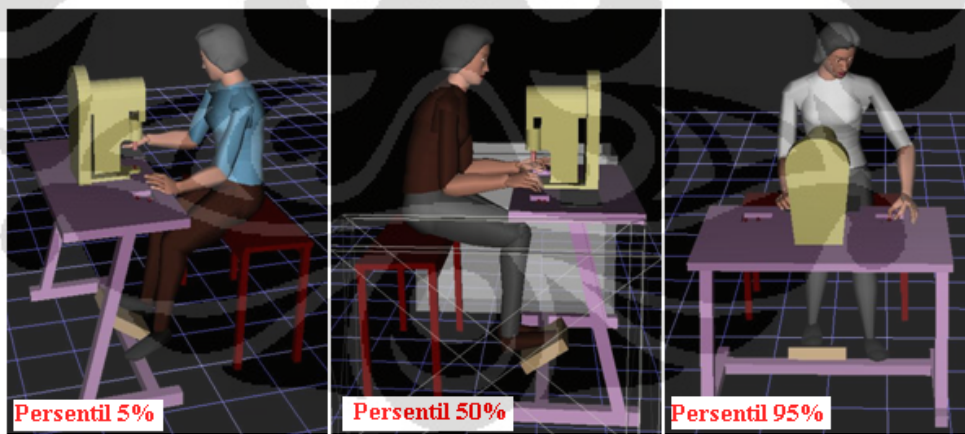
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) Model Aktual Stasiun Kerja Snap

	REKAPITULASI HASIL ANALISIS						
	LBA	I ₁	OWAS	I ₂	RULA	I ₃	PEI
Aktual-Manusia persentil 5%	424	0.12	1	0.25	4	0.81	1.19
Aktual-Manusia persentil 50%	680	0.20	2	0.50	4	0.81	1.51
Aktual-Manusia persentil 95%	841	0.25	2	0.50	4	0.81	1.56

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa stasiun kerja aktual mesin snap paling sesuai untuk manusia persentil 5%, karena memiliki nilai PEI terendah yaitu sebesar 1.19. Perbedaan signifikan yang mengakibatkan nilai PEI model pertama menjadi paling baik tampak pada skor LBA dan OWAS. Postur kerja manusia persentil 5% lebih unggul dibandingkan kedua model lainnya, karena postur kerja yang terbentuk tidak membungkuk. Hal ini dapat disimpulkan dari nilai tekanan pada punggung belakang yang paling rendah yaitu 424N dan dari kode OWAS yang unggul pada bagian punggung dbandingkan dengan kedua model lainnya.

4.1.2 Analisis Model Stasiun Kerja Mesin Taking

Pada gambar 4.2 dibawah ini ditampilkan postur kerja operator manusia persentil 5%, 50%, dan 95% pada stasiun kerja aktual mesin taking.



Gambar 4. 2 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Mesin Snap

Dari tabel output *Static Strength Prediction* dibawah ini dapat dilihat bahwa persentase kapabilitas untuk setiap bagian tubuh di ketiga model

seluruhnya bernilai lebih dari 90%. Nilai ini menandakan bahwa kegiatan kerja pada model tersebut dapat dilakukan oleh mayoritas populasi pekerja dan layak untuk dilanjutkan ke tahap analisis selanjutnya.

Tabel 4. 5 Output *Static Strength Prediction Model* Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

Stasiun Kerja		Percent Capabilities					
		Aktual-Human 5%		Aktual-Human 50%		Aktual-Human 95%	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/ext	100%		99%		99%	
	Lateral bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		100%	100%	100%	100%	100%	100%

Selanjutnya yaitu menganalisa hasil *tools Low Back Analysis* yang menunjukkan gaya tekan yang diterima punggung belakang model manusia. Pada model pertama yaitu model dengan operator persentil 5%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 450 N. Tekanan yang diterima pada model pertama ini termasuk rendah, hal ini disebabkan posisi punggung yang tegak karena untuk model manusia persentil 5%, stasiun kerja berukuran aktual ini termasuk cukup tinggi, sehingga tidak perlu membungkukkan punggungnya dalam melakukan rangkaian kerja. Pada model kedua yaitu model dengan operator persentil 50%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 766 N. Sedangkan pada model ketiga yaitu model dengan operator persentil 95%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 731 N. Tekanan yang terjadi pada ketiga model masih dapat diterima karena berada di bawah standar *NIOSH Back Compression Action Limit* sebesar 3400 N, sehingga risiko terjadinya gangguan pada punggung belakang pekerja termasuk rendah.

Tabel 4. 6 Output LBA dan OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

Persentil	5%	50%	95%
LBA (Newton)	450	766	731
OWAS Code	2111	2141	2111

Selanjutnya output yang akan dibahas adalah kode OWAS yang menunjukkan tingkat kenyamanan postur kerja. Untuk model pertama dan ketiga nilai evaluasi akhir yang didapat adalah 2 yang menunjukkan bahwa postur tubuh model manusia memiliki kemungkinan dapat memberikan efek yang menyakitkan pada sistem muskuloskeletal pekerja. Walaupun beban yang terjadi tidaklah ekstrim, tindakan korektif sangat dianjurkan untuk dilakukan. Secara lebih detail, kode OWAS yang diperoleh adalah 2111, dimana apabila dijabarkan lebih lanjut kode tersebut menunjukkan bahwa:

- Bagian batang tubuh yang tergolong dalam kategori 2 mengindikasikan terjadinya posisi membungkuk (*flexion*) pada model.
- Bagian lengan tergolong dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kategori 1 adalah kategori dengan nilai terendah (paling ergonomis).
- Bagian tubuh bawah tergolong dalam kategori 1 yang menandakan postur tubuh bagian bawah berada dalam kondisi normal.
- Beban yang diterima oleh postur tergolong ke dalam kategori 1 yang berarti masih di bawah 10 kg.

Sedangkan untuk model kedua, kode OWAS yang didapat adalah 2141. Bagian tubuh bawah tergolong dalam kategori 4 yang mengindikasikan bahwa tubuh bawah model manusia yaitu kedua kaki berada dalam keadaan membengkok. Skor akhir dari model kedua ini adalah 3, menunjukkan bahwa postur kerja untuk model ini dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem muskuloskeletal pekerja. Skor akhir ini termasuk dalam kategori *warning* sehingga harus dilakukan tindakan korektif terhadap postur kerja ini sesegera mungkin.

Output Jack terakhir yang perlu dianalisis untuk mendapatkan nilai PEI adalah mengevaluasi hasil *Rapid Upper Limb Assessment*. Pada tabel dibawah ini

ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4. 7 Nilai RULA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

SKOR RULA MODEL AKTUAL				
Body Part		5%	50%	95%
Body Group A	Upper Arm	3	3	3
	Lower Arm	2	2	3
	Wrist	2	1	3
	Wrist Twist	2	2	1
Body Group B	Neck	3	5	3
	Trunk	2	3	2
Grand Score		4	6	3

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai akhir RULA untuk ketiga model ini berbeda-beda satu sama lainnya. Skor akhir untuk model pertama adalah 4. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko yang terjadi masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut akan tetapi kemungkinan besar membutuhkan perubahan agar kualitas postur tubuh bagian atas menjadi lebih baik. Skor akhir untuk model kedua adalah 6. Nilai ini masuk dalam kategori zona merah (*warning*) yang berarti perlu dilakukan investigasi dan perubahan sesegera mungkin, karena postur tersebut dapat membahayakan tubuh bagian atas pekerja. Skor akhir untuk model ketiga adalah 3. Kondisi ini relatif cukup ergonomis karena posisi badan yang tidak telalu membungkuk dan penggunaan otot yang normal. Meskipun demikian, risiko yang terjadi harus diinvestigasi lebih lanjut dan perubahan mungkin saja dibutuhkan.

Secara lebih detail, dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- Lengan atas
Pada ketiga model skor RULA untuk lengan atas bernilai 3. Berdasarkan literatur diketahui bahwa apabila skor RULA lengan atas bernilai 3 artinya lengan atas menyimpang membentuk sudut 45-90° sehingga lebih berisiko menyebabkan kelelahan. Simpangan ini kemungkinan besar terjadi karena tinggi stasiun kerja yang kurang sesuai sehingga mengakibatkan lengan atas menyimpang membentuk sudut hingga 45-90°.

- Lengan bawah
Skor untuk lengan bawah pada model pertama dan kedua adalah 2, sedangkan untuk model ketiga bernilai 3. Postur tubuh pada lengan bawah ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.
- Pergelangan tangan dan Perputaran pergelangan tangan
Postur pergelangan tangan pada model pertama dan kedua masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah. Sedangkan pada model ketiga postur pergelangan tangan mencapai skor 3. Nilai ini mengindikasikan bahwa model manusia menggerakkan pergelangan tangannya lebih dari 15° sehingga lebih berisiko menyebabkan kelelahan.
- Leher
Pada model pertama dan ketiga hasil evaluasi bagian leher bernilai lebih baik daripada model kedua. Pada model kedua leher model manusia mengalami perputaran dan penyimpangan sehingga skor RULA untuk bagian leher ini mencapai 5. Nilai tersebut menandakan postur kerja berada dalam zona merah analisis RULA. Oleh karena itu, perlu segera dilakukan investigasi lebih lanjut terhadap risiko yang terjadi dan melakukan perbaikan dengan cepat.
- Batang tubuh
Nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh pada model pertama dan ketiga adalah 2. Nilai ini menunjukkan bahwa postur batang tubuh membentuk sudut kurang dari 20°. Posisi batang tubuh yang menunduk ini disebabkan dalam mengoperasikan mesin taking membutuhkan pandangan yang fokus pada posisi pemasangan kancing, sehingga batang tubuh cenderung membungkuk ke arah mesin agar operator dapat melihat lebih jelas. Postur batang tubuh ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.

Tahap analisis terakhir yaitu perhitungan *Posture Evaluation Index (PEI)*. Nilai PEI ini didapat dari hasil akumulasi tiga hasil evaluasi ergonomi yaitu skor

LBA, OWAS, dan RULA yang menunjukkan kualitas postur. Perhitungan PEI dengan menggunakan rumus (2.4).

$$PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \cdot mr)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42$$

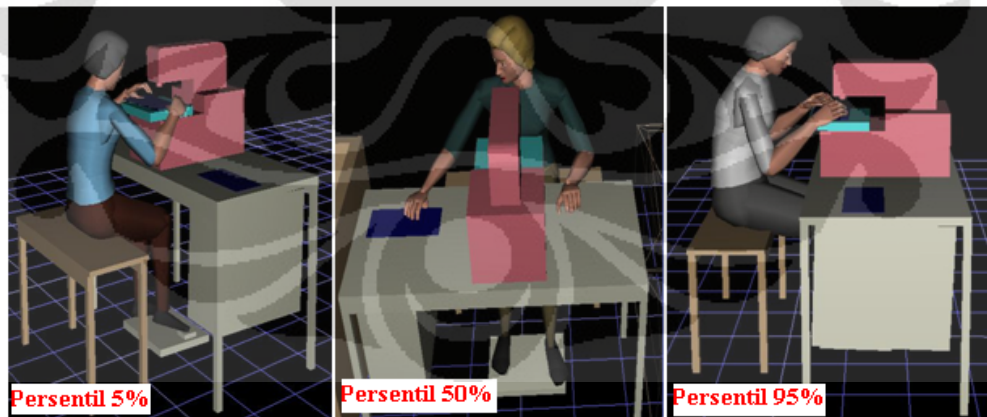
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Taking

	REKAPITULASI HASIL ANALISIS						
	LBA	I ₁	OWAS	I ₂	RULA	I ₃	PEI
Aktual-Manusia persentil 5%	450	0.13	2	0.50	4	0.81	1.44
Aktual-Manusia persentil 50%	766	0.23	3	0.75	4	0.81	1.79
Aktual-Manusia persentil 95%	731	0.22	2	0.50	3	0.61	1.32

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa stasiun kerja aktual mesin taking paling sesuai untuk manusia persentil 95%, karena memiliki nilai PEI terendah yaitu sebesar 1.32. Perbedaan signifikan yang mengakibatkan nilai PEI model ketiga menjadi paling baik tampak pada skor OWAS dan RULA.

4.1.3 Analisis Model Stasiun Kerja Mesin Reece

Pada gambar 4.3 dibawah ini ditampilkan postur kerja operator manusia persentil 5%, 50%, dan 95% pada stasiun kerja aktual mesin reece.



Gambar 4. 3 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Mesin Reece

Dari tabel output *Static Strength Prediction* dibawah ini dapat dilihat bahwa persentase kapabilitas untuk setiap bagian tubuh di ketiga model

seluruhnya bernilai lebih dari 90%. Nilai ini menandakan bahwa kegiatan kerja pada model tersebut dapat dilakukan oleh mayoritas populasi pekerja dan layak untuk dilanjutkan ke tahap analisis selanjutnya.

Tabel 4. 9 Output *Static Strength Prediction Model* Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece

Stasiun Kerja		Percent Capabilities					
		Aktual-Human 5%		Aktual-Human 50%		Aktual-Human 95%	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
	Elbow	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/ext	99%		100%		99%	
	Lateral bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
	Hip	98%	98%	100%	100%	100%	100%
	Knee	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Ankle	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Selanjutnya yaitu menganalisa hasil *tools Low Back Analysis* yang menunjukkan gaya tekan yang diterima punggung belakang model manusia. Pada model pertama yaitu model dengan operator persentil 5%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 483 N. Tekanan yang diterima pada model pertama ini termasuk rendah, hal ini disebabkan posisi punggung yang tegak karena untuk model manusia persentil 5%, stasiun kerja berukuran aktual ini termasuk cukup tinggi, sehingga tidak perlu membungkukkan punggungnya dalam melakukan rangkaian kerja. Pada model kedua yaitu model dengan operator persentil 50%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 665 N. Sedangkan pada model ketiga yaitu model dengan operator persentil 95%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 768 N. Tekanan yang terjadi pada ketiga model masih dapat diterima karena berada di bawah standar *NIOSH Back Compression Action Limit* sebesar 3400 N, sehingga risiko terjadinya gangguan pada punggung belakang pekerja masih tergolong rendah.

Tabel 4. 10 Output LBA dan OWAS Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece

Persentil	5%	50%	95%
LBA (Newton)	483	665	768
OWAS Code	1211	2111	2111

Selanjutnya output yang akan dibahas adalah kode OWAS yang menunjukkan tingkat kenyamanan postur kerja. Untuk model kedua dan ketiga nilai evaluasi akhir yang didapat adalah 2 yang menunjukkan bahwa postur tubuh model manusia memiliki kemungkinan dapat memberikan efek yang menyakitkan pada sistem muskuloskeletal pekerja. Walaupun beban yang terjadi tidaklah ekstrim, tindakan korektif sangat dianjurkan untuk dilakukan. Secara lebih detail, kode OWAS yang diperoleh adalah 2111, dimana apabila dijabarkan lebih lanjut kode tersebut menunjukkan bahwa:

- Bagian batang tubuh yang tergolong dalam kategori 2 mengindikasikan terjadinya posisi membungkuk (*flexion*) pada model.
- Bagian lengan tergolong dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kategori 1 adalah kategori dengan nilai terendah (paling ergonomis).
- Bagian tubuh bawah tergolong dalam kategori 1 yang menandakan postur tubuh bagian bawah berada dalam kondisi normal.
- Beban yang diterima oleh postur tergolong ke dalam kategori 1 yang berarti masih di bawah 10 kg.

Sedangkan untuk model pertama, kode OWAS yang didapat adalah 1211. Bagian batang tubuh tergolong dalam kategori 1 yang mengindikasikan bahwa mengindikasikan model manusia berada dalam posisi tubuh tegak dan normal. Bagian lengan tergolong pada kategori 2 menunjukkan bahwa posisi salah satu lengan berada diatas bahu. Skor akhir dari model kedua ini adalah 1, menunjukkan bahwa postur tubuh tersebut tergolong normal dan alami, tidak terdapat beban yang dapat membahayakan system *musculoskeletal* operator, serta tidak perlu diadakan tindakan korektif.

Output Jack terakhir yang perlu dianalisis untuk mendapatkan nilai PEI adalah mengevaluasi hasil *Rapid Upper Limb Assessment*. Pada tabel dibawah ini

ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4. 11 Nilai RULA Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece

SKOR RULA MODEL AKTUAL				
Body Part		5%	50%	95%
Body Group A	Upper Arm	3	3	3
	Lower Arm	3	2	3
	Wrist	2	2	1
	Wrist Twist	1	2	1
Body Group B	Neck	2	6	2
	Trunk	3	3	3
Grand Score		4	6	4

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai akhir RULA untuk model pertama dan ketiga adalah 4. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko yang terjadi masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut akan tetapi kemungkinan besar membutuhkan perubahan agar kualitas postur tubuh bagian atas menjadi lebih baik. Skor akhir untuk model kedua adalah 6. Nilai ini masuk dalam kategori zona merah (*warning*) yang berarti perlu dilakukan investigasi dan perubahan sesegera mungkin, karena postur tersebut dapat membahayakan tubuh bagian atas pekerja. Secara lebih detail, dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- Lengan atas
Pada ketiga model skor RULA untuk lengan atas bernilai 3. Berdasarkan literatur diketahui bahwa apabila skor RULA lengan atas bernilai 3 artinya lengan atas menyimpang membentuk sudut 45-90° sehingga lebih berisiko menyebabkan kelelahan. Simpangan ini kemungkinan besar terjadi karena tinggi stasiun kerja yang kurang sesuai sehingga mengakibatkan lengan atas menyimpang membentuk sudut hingga 45-90°.
- Lengan bawah
Skor untuk lengan bawah pada model pertama dan ketiga adalah 2, sedangkan untuk model kedua bernilai 3. Postur tubuh pada lengan bawah ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.

- Pergelangan tangan dan Perputaran pergelangan tangan
Postur pergelangan tangan pada ketiga model tersebut masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.
- Leher
Pada model pertama dan ketiga hasil evaluasi bagian leher bernilai lebih baik daripada model kedua. Pada model kedua leher model manusia mengalami perputaran dan penyimpangan sehingga skor RULA untuk bagian leher ini mencapai 6. Nilai tersebut menandakan postur kerja berada dalam zona merah analisis RULA. Oleh karena itu, perlu segera dilakukan investigasi lebih lanjut terhadap risiko yang terjadi dan melakukan perbaikan dengan cepat.
- Batang tubuh
Nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh sama untuk ketiga mode yaitu 3. Hal ini disebabkan dalam mengoperasikan mesin snap membutuhkan pandangan yang fokus pada posisi pelubangan, sehingga batang tubuh cenderung membungkuk ke arah mesin agar operator dapat melihat lebih jelas. Postur batang tubuh ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.

Tahap analisis terakhir yaitu perhitungan *Posture Evaluation Index (PEI)*. Nilai PEI ini didapat dari hasil akumulasi tiga hasil evaluasi ergonomi yaitu skor LBA, OWAS, dan RULA yang menunjukkan kualitas postur. Perhitungan PEI dengan menggunakan rumus (2.4).

$$PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \cdot mr)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42$$

Dibawah ini adalah tabel rekapitulasi PEI untuk ketiga model.

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) Model Aktual Stasiun Kerja Mesin Reece

	REKAPITULASI HASIL ANALISIS						
	LBA	I ₁	OWAS	I ₂	RULA	I ₃	PEI
Aktual-Manusia persentil 5%	483	0.14	1	0.25	4	0.81	1.20
Aktual-Manusia persentil 50%	665	0.20	2	0.50	6	1.22	1.91
Aktual-Manusia persentil 95%	768	0.23	2	0.50	4	0.81	1.54

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa stasiun kerja aktual mesin reece paling sesuai untuk manusia persentil 5%, karena memiliki nilai PEI terendah yaitu sebesar 1.20. Perbedaan signifikan yang mengakibatkan nilai PEI model ketiga menjadi paling baik tampak pada skor LBA dan OWAS. Postur kerja manusia persentil 5% lebih unggul dibandingkan kedua model lainnya, karena postur kerja yang terbentuk tidak membungkuk. Hal ini dapat disimpulkan dari nilai tekanan pada punggung belakang yang paling rendah yaitu 483N dan dari kode OWAS yang unggul pada bagian punggung dbandingkan dengan kedua model lainnya.

4.1.4 Analisis Model Aktual Secara Keseluruhan

Berdasarkan perbandingan nilai LBA dan skor OWAS dari setiap model stasiun kerja aktual, dapat dilihat bahwa manusia persentil 5% memiliki risiko *musculosclatal disorder* paling rendah ketika menggunakan stasiun keja ukuran aktual. Sedangkan ditinjau dari skor RULA, 7 dari 9 model memiliki skor RULA yang sama yaitu 4, dimana nilai ini menunjukkan bahwa hampir seluruh stasiun kerja aktual memiliki risiko gangguan pada tubuh bagian atas yang masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut akan tetapi kemungkinan besar membutuhkan perubahan agar kualitas postur tubuh bagian atas menjadi lebih baik.

Secara keseluruhan berdasarkan perbandingan nilai PEI dapat dilihat bahwa stasiun kerja aktual memiliki risiko menyebabkan terjadinya *musculosclatal disorder* paling rendah ketika digunakan oleh manusia persentil 5%. Berikut ini ditampilkan rekapan perbandingan nilai hasil evaluasi *software* Jack pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Perbandingan Stasiun Kerja Aktual

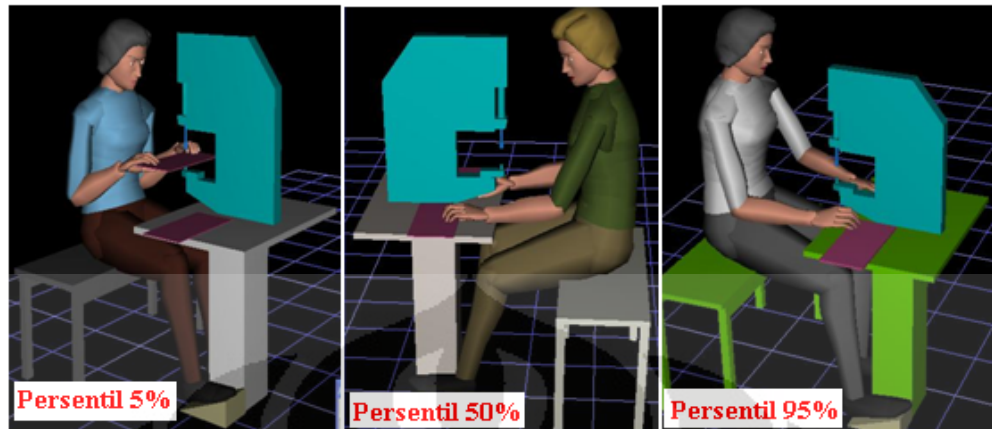
LBA STASIUN KERJA AKTUAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	424	450	450
Persentil 50%	680	766	766
Persentil 95%	841	731	731
OWAS STASIUN KERJA AKTUAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	1	2	1
Persentil 50%	2	3	2
Persentil 95%	2	2	2
RULA STASIUN KERJA AKTUAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	4	4	4
Persentil 50%	4	4	6
Persentil 95%	4	3	4
PEI STASIUN KERJA AKTUAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	1.19	1.44	1.20
Persentil 50%	1.51	1.79	1.91
Persentil 95%	1.56	1.32	1.54

4.2 Analisis Model Ideal

Analisis model ideal ini akan membahas output dari *software* Jack untuk masing-masing model yang menggunakan stasiun kerja berukuran ideal yang direkomendasikan untuk masing-masing model manusia persentil 5%, 50%, dan 95%. Pembahasan akan dilakukan satu persatu untuk setiap mesin. Untuk memudahkan dalam menginterpretasikan hasil, maka output dari *tools* jack ditampilkan dalam bentuk tabel rekapitan yang membandingkan hasil analisis model stasiun kerja ukuran ideal untuk persentil 5% yang digunakan oleh model manusia persentil 5%, stasiun kerja ukuran ideal untuk persentil 50% yang digunakan oleh model manusia persentil 50%, dan stasiun kerja ukuran ideal untuk persentil 95% yang digunakan oleh model manusia persentil 95%

4.2.1 Analisis Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap

Pada gambar 4.4 dibawah ini ditampilkan postur kerja operator manusia persentil 5%, 50%, dan 95% pada stasiun kerja ideal mesin snap.



Gambar 4. 4 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Ideal Mesin Snap

Dari tabel output *Static Strength Prediction* dibawah ini dapat dilihat bahwa persentase kapabilitas untuk setiap bagian tubuh di ketiga model seluruhnya bernilai lebih dari 90%. Nilai ini menandakan bahwa kegiatan kerja pada model tersebut dapat dilakukan oleh mayoritas populasi pekerja dan layak untuk dilanjutkan ke tahap analisis selanjutnya.

Tabel 4. 14 Output *Static Strength Prediction* Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap

Stasiun Kerja		Percent Capabilities					
		Ideal 5%		Ideal 50%		Ideal 95%	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/ext	100%		100%		100%	
	Lateral bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		100%	100%	100%	100%	100%	100%

Selanjutnya yaitu menganalisa hasil *tools Low Back Analysis* yang menunjukkan gaya tekan yang diterima punggung belakang model manusia. Pada model pertama yaitu model dengan operator persentil 5%, tekanan yang diterima

punggung belakang adalah sebesar 345 N. Tekanan yang diterima pada model pertama ini termasuk rendah, hal ini disebabkan posisi punggung yang tegak karena untuk model manusia persentil 5%, stasiun kerja berukuran aktual ini termasuk cukup tinggi, sehingga tidak perlu membungkukkan punggungnya dalam melakukan rangkaian kerja. Pada model kedua yaitu model dengan operator persentil 50%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 517 N. Sedangkan pada model ketiga yaitu model dengan operator persentil 95%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 576 N. Tekanan yang terjadi pada ketiga model masih dapat diterima karena berada di bawah standar *NIOSH Back Compression Action Limit* sebesar 3400 N, sehingga risiko terjadinya gangguan pada punggung belakang pekerja tergolong rendah.

Tabel 4. 15 Output LBA dan OWAS Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap

Persentil	5%	50%	95%
LBA (Newton)	345	517	576
OWAS Code	1111	1111	1111

Selanjutnya output yang akan dibahas adalah kode OWAS yang menunjukkan tingkat kenyamanan postur kerja. Dapat dilihat dari tabel 4.14 diatas bahwa ketiga model mendapatkan hasil nilai evaluasi akhir yang sama yaitu 1, dimana skor ini menunjukkan bahwa postur tubuh untuk ketiga model tersebut tergolong normal dan alami, tidak terdapat beban yang dapat membahayakan system *musculoskeletal* operator, serta tidak perlu diadakan tindakan korektif. Secara lebih detail, kode OWAS yang diperoleh adalah 1111, dimana apabila dijabarkan lebih lanjut kode tersebut menunjukkan bahwa:

- Bagian batang tubuh tergolong dalam kategori 1 yang mengindikasikan model manusia berada dalam posisi tubuh tegak.
- Bagian lengan tergolong dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kategori 1 adalah kategori dengan nilai terendah (paling ergonomis).
- Bagian tubuh bawah tergolong dalam kategori 1 yang menandakan postur tubuh bagian bawah berada dalam kondisi normal.

- Beban yang diterima oleh postur tergolong ke dalam kategori 1 yang berarti masih di bawah 10 kg.

Output Jack terakhir yang perlu dianalisis untuk mendapatkan nilai PEI adalah mengevaluasi hasil *Rapid Upper Limb Assessment*. Pada tabel dibawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4. 16 Nilai RULA Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap

SKOR RULA MODEL IDEAL				
Body Part		5%	50%	95%
Body Group A	Upper Arm	3	1	2
	Lower Arm	2	2	3
	Wrist	3	2	1
	Wrist Twist	2	2	2
Body Group B	Neck	1	2	2
	Trunk	1	1	1
Grand Score		3	2	3

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai akhir RULA untuk model pertama dan ketiga adalah 3. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko yang terjadi masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut akan tetapi terdapat kemungkinan membutuhkan perubahan agar kualitas postur tubuh bagian atas menjadi lebih baik. Skor akhir untuk model kedua adalah 2. Nilai ini masuk dalam kategori zona hijau (aman) yang berarti postur kerja tersebut dapat diterima selama tidak dilakukan dalam jangka waktu yang terlalu lama dan berulang.

Secara lebih detail, dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- Lengan atas
 Pada model pertama skor RULA untuk lengan atas bernilai 3. Skor ini artinya lengan atas menyimpang membentuk sudut 45-90° sehingga terdapat risiko terjadi kelelahan. Pada model kedua skor yang didapat adalah 1 yang berarti postur lengan atas untuk model ini adalah sudah ergonomis dan aman. Sedangkan untuk model ketiga skor yang didapat

adalah 2. Postur lengan atas pada model ketiga ini masih berada pada kategori zona aman.

- Lengan bawah
Skor untuk lengan bawah pada model pertama dan kedua adalah 2, sedangkan untuk model kedua bernilai 3. Postur tubuh pada lengan bawah ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.
- Pergelangan tangan dan Perputaran pergelangan tangan
Postur pergelangan tangan pada ketiga model tersebut masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah, bahkan pada model kedua dan ketiga postur pergelangan tangan yang terbentuk berada pada kategori aman.
- Leher
Postur leher untuk ketiga model telah berada pada kondisi aman dan dapat diterima, dan risiko terjadinya cedera tergolong rendah.
- Batang tubuh
Nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh sama untuk ketiga model yaitu 1. Hal ini menunjukkan bahwa postur batang tubuh sudah baik dan ergonomis, berada dalam kategori aman yang dapat diterima pekerja.

Tahap analisis terakhir yaitu perhitungan *Posture Evaluation Index (PEI)*. Nilai PEI ini didapat dari hasil akumulasi tiga hasil evaluasi ergonomi yaitu skor LBA, OWAS, dan RULA yang menunjukkan kualitas postur. Perhitungan PEI dengan menggunakan rumus (2.4).

$$PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \cdot mr)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42$$

Dibawah ini adalah tabel rekapitulasi PEI untuk ketiga model.

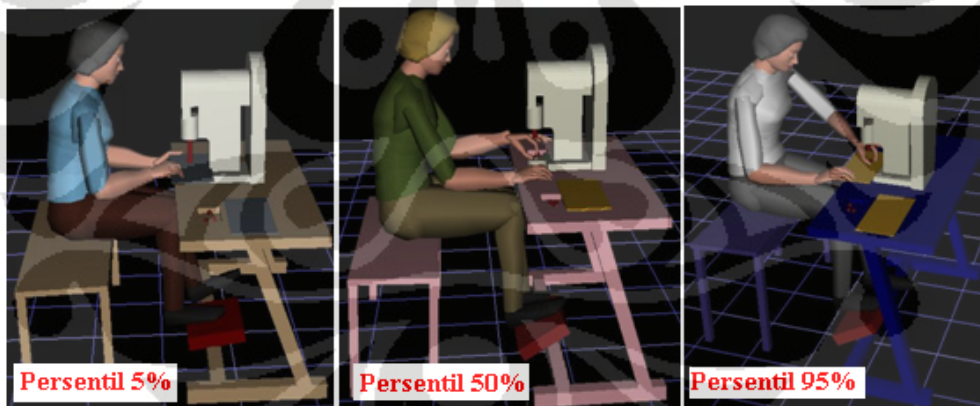
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Snap

	REKAPITULASI HASIL ANALISIS						
	LBA	I ₁	OWAS	I ₂	RULA	I ₃	PEI
Desain 5%-Manusia persentil 5%	345	0.10	1	0.25	3	0.61	0.96
Desain 50%-Manusia persentil 50%	517	0.15	1	0.25	2	0.41	0.81
Desain 95%-Manusia persentil 95%	576	0.17	1	0.25	3	0.61	1.03

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa stasiun ideal mesin snap untuk masing-masing persentil memiliki nilai PEI yang tergolong baik. Karena nilai PEI untuk model pertama dan kedua dibawah 1.00, dan nilai PEI tertinggi pada stasiun kerja ideal mesin snap ini adalah 1.03. Hasil skor PEI ini menunjukkan bahwa stasiun kerja ideal yang dirancang berdasarkan literatur sangat sesuai digunakan oleh masing-masing persentil, karena kualitas postur yang terbentuk tergolong baik.

4.2.2 Analisis Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking

Pada gambar 4.5 dibawah ini ditampilkan postur kerja operator manusia persentil 5%, 50%, dan 95% pada stasiun kerja ideal mesin taking.



Gambar 4. 5 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Ideal Mesin Taking

Dari tabel output *Static Strength Prediction* dibawah ini dapat dilihat bahwa persentase kapabilitas untuk setiap bagian tubuh di ketiga model seluruhnya bernilai lebih dari 90%. Nilai ini menandakan bahwa kegiatan kerja

pada model tersebut dapat dilakukan oleh mayoritas populasi pekerja dan layak untuk dilanjutkan ke tahap analisis selanjutnya.

Tabel 4. 18 Output *Static Strength Prediction* Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking

Stasiun Kerja		Percent Capabilities					
		Ideal 5%		Ideal 50%		Ideal 95%	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/ext	100%		100%		100%	
	Lateral bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		100%	100%	100%	100%	100%	100%

Selanjutnya yaitu menganalisa hasil *tools Low Back Analysis* yang menunjukkan gaya tekan yang diterima punggung belakang model manusia. Pada model pertama yaitu model dengan operator persentil 5%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 472 N. Tekanan yang diterima pada model pertama ini termasuk rendah, hal ini disebabkan posisi punggung yang tegak karena untuk model manusia persentil 5%, stasiun kerja berukuran aktual ini termasuk cukup tinggi, sehingga tidak perlu membungkukkan punggungnya dalam melakukan rangkaian kerja. Pada model kedua yaitu model dengan operator persentil 50%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 617 N. Sedangkan pada model ketiga yaitu model dengan operator persentil 95%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 795 N. Tekanan yang terjadi pada ketiga model masih dapat diterima karena berada di bawah standar *NIOSH Back Compression Action Limit* sebesar 3400 N, sehingga risiko terjadinya gangguan pada punggung belakang pekerja tergolong rendah.

**Tabel 4. 19 Output LBA dan OWAS Model Ideal Stasiun Kerja Mesin
Taking**

Persentil	5%	50%	95%
LBA (Newton)	472	617	795
OWAS Code	2111	2111	2111

Selanjutnya output yang akan dibahas adalah kode OWAS yang menunjukkan tingkat kenyamanan postur kerja. Dapat dilihat dari tabel 4.18 diatas bahwa ketiga model mendapatkan hasil nilai evaluasi akhir yang sama yaitu 2, dimana skor ini menunjukkan bahwa, secara keseluruhan, postur kerja mungkin dapat memberikan efek yang menyakitkan pada sistem muskuloskeletal pekerja. Walaupun beban yang diterima tidaklah ekstrim, langkah-langkah korektif sangatlah dianjurkan untuk dilakukan. Secara lebih detail, kode OWAS yang diperoleh adalah 2111, dimana apabila dijabarkan lebih lanjut kode tersebut menunjukkan bahwa:

- Bagian batang tubuh yang tergolong dalam kategori 2 mengindikasikan terjadinya posisi membungkuk (*flexion*) pada model.
- Bagian lengan tergolong dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kategori 1 adalah kategori dengan nilai terendah (paling ergonomis).
- Bagian tubuh bawah tergolong dalam kategori 1 yang menandakan postur tubuh bagian bawah berada dalam kondisi normal.
- Beban yang diterima oleh postur tergolong ke dalam kategori 1 yang berarti masih di bawah 10 kg.

Output Jack terakhir yang perlu dianalisis untuk mendapatkan nilai PEI adalah mengevaluasi hasil *Rapid Upper Limb Assessment*. Pada tabel dibawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4. 20 Nilai RULA Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking

SKOR RULA MODEL IDEAL				
Body Part		5%	50%	95%
Body Group A	Upper Arm	2	3	3
	Lower Arm	3	2	3
	Wrist	2	3	2
	Wrist Twist	2	2	1
Body Group B	Neck	2	1	1
	Trunk	2	2	2
Grand Score		3	3	3

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai akhir RULA untuk ketiga model adalah 3. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko yang terjadi masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut akan tetapi terdapat kemungkinan membutuhkan perubahan agar kualitas postur tubuh bagian atas menjadi lebih baik.

Secara lebih detail, dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- Lengan atas
Pada model kedua dan ketiga skor RULA untuk lengan atas bernilai 3. Skor ini artinya lengan atas menyimpang membentuk sudut 45-90° sehingga terdapat risiko terjadi kelelahan. Pada model kedua skor yang didapat adalah 1 yang berarti postur lengan atas untuk model ini adalah sudah ergonomis dan aman. Sedangkan untuk model pertama skor yang didapat adalah 2. Postur lengan atas pada model ketiga ini masih berada pada kategori zona aman.
- Lengan bawah
Skor untuk lengan bawah pada model pertama dan ketiga adalah 2, sedangkan untuk model kedua bernilai 3. Postur tubuh pada lengan bawah ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.
- Pergelangan tangan dan Perputaran pergelangan tangan
Postur pergelangan tangan pada ketiga model tersebut masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.
- Leher

Postur leher untuk ketiga model telah berada pada kondisi aman dan dapat diterima, dan risiko terjadinya cedera tergolong rendah.

- Batang tubuh

Nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh sama untuk ketiga model yaitu 2. Hal ini menunjukkan bahwa postur batang tubuh sudah baik dan ergonomis, memiliki tingkat resiko cedera rendah.

Tahap analisis terakhir yaitu perhitungan *Posture Evaluation Index (PEI)*. Nilai PEI ini didapat dari hasil akumulasi tiga hasil evaluasi ergonomi yaitu skor LBA, OWAS, dan RULA yang menunjukkan kualitas postur. Perhitungan PEI dengan menggunakan rumus (2.4).

$$PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \cdot mr)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42$$

Dibawah ini adalah tabel rekapitulasi PEI untuk ketiga model.

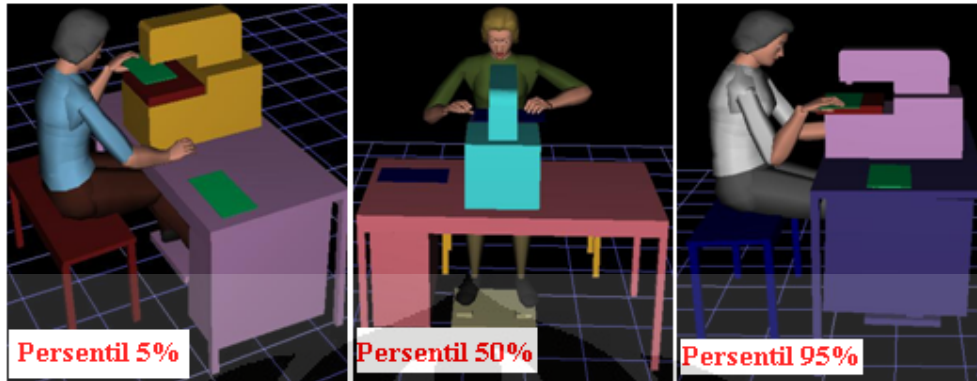
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Nilai *Posture Evaluation Index (PEI)* Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Taking

	REKAPITULASI HASIL ANALISIS						
	LBA	I ₁	OWAS	I ₂	RULA	I ₃	PEI
Desain 5%-Manusia persentil 5%	472	0.14	2	0.50	3	0.61	1.25
Desain 50%-Manusia persentil 50%	617	0.18	2	0.50	3	0.61	1.29
Desain 95%-Manusia persentil 95%	795	0.23	2	0.50	3	0.61	1.34

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa stasiun ideal mesin taking untuk masing-masing persentil memiliki nilai PEI yang tergolong baik. Nilai PEI dari model ideal ini lebih rendah daripada nilai PEI model aktual. Hasil skor PEI ini menunjukkan bahwa stasiun kerja ideal yang dirancang berdasarkan literatur sangat sesuai digunakan oleh masing-masing persentil, karena kualitas postur yang terbentuk tergolong baik.

4.2.3 Analisis Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece

Pada gambar 4.1 dibawah ini ditampilkan postur kerja operator manusia persentil 5%, 50%, dan 95% pada stasiun kerja ideal mesin reece.



Gambar 4. 6 Postur Kerja Model Manusia Persentil 5%, 50%, 95% Pada Stasiun Kerja Ideal Mesin Taking

Dari tabel output *Static Strength Prediction* dibawah ini dapat dilihat bahwa persentase kapabilitas untuk setiap bagian tubuh di ketiga model seluruhnya bernilai lebih dari 90%. Nilai ini menandakan bahwa kegiatan kerja pada model tersebut dapat dilakukan oleh mayoritas populasi pekerja dan layak untuk dilanjutkan ke tahap analisis selanjutnya.

Tabel 4. 22 Output *Static Strength Prediction* Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece

Stasiun Kerja		Percent Capabilities					
		Ideal 5%		Ideal 50%		Ideal 95%	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/ext	100%		100%		100%	
	Lateral bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		100%	100%	100%	100%	100%	100%

Selanjutnya yaitu menganalisa hasil *tools Low Back Analysis* yang menunjukkan gaya tekan yang diterima punggung belakang model manusia. Pada model pertama yaitu model dengan operator persentil 5%, tekanan yang diterima

punggung belakang adalah sebesar 471 N. Tekanan yang diterima pada model pertama ini termasuk rendah, hal ini disebabkan posisi punggung yang tegak karena untuk model manusia persentil 5%, stasiun kerja berukuran aktual ini termasuk cukup tinggi, sehingga tidak perlu membungkukkan punggungnya dalam melakukan rangkaian kerja. Pada model kedua yaitu model dengan operator persentil 50%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 589 N. Sedangkan pada model ketiga yaitu model dengan operator persentil 95%, tekanan yang diterima punggung belakang adalah sebesar 657 N. Tekanan yang terjadi pada ketiga model masih dapat diterima karena berada di bawah standar *NIOSH Back Compression Action Limit* sebesar 3400 N, sehingga risiko terjadinya gangguan pada punggung belakang pekerja tergolong rendah.

Tabel 4. 23 Output LBA dan OWAS Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece

Persentil	5%	50%	95%
LBA (Newton)	471	589	657
OWAS Code	1111	1111	1111

Selanjutnya output yang akan dibahas adalah kode OWAS yang menunjukkan tingkat kenyamanan postur kerja. Dapat dilihat dari tabel 4.22 di atas bahwa ketiga model mendapatkan hasil nilai evaluasi akhir yang sama yaitu 1, dimana skor ini menunjukkan bahwa postur tubuh untuk ketiga model tersebut tergolong normal dan alami, tidak terdapat beban yang dapat membahayakan system *musculoskeletal* operator, serta tidak perlu diadakan tindakan korektif. Secara lebih detail, kode OWAS yang diperoleh adalah 1111, dimana apabila dijabarkan lebih lanjut kode tersebut menunjukkan bahwa:

- Bagian batang tubuh tergolong dalam kategori 1 yang mengindikasikan model manusia berada dalam posisi tubuh tegak.
- Bagian lengan tergolong dalam kategori 1 yang menandakan bahwa posisi tangan model berada dalam kondisi normal. Kategori 1 adalah kategori dengan nilai terendah (paling ergonomis).
- Bagian tubuh bawah tergolong dalam kategori 1 yang menandakan postur tubuh bagian bawah berada dalam kondisi normal.

- Beban yang diterima oleh postur tergolong ke dalam kategori 1 yang berarti masih di bawah 10 kg.

Output Jack terakhir yang perlu dianalisis untuk mendapatkan nilai PEI adalah mengevaluasi hasil *Rapid Upper Limb Assessment*. Pada tabel dibawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4. 24 Tabel 4. 25 Nilai RULA Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece

SKOR RULA MODEL IDEAL				
Body Part		5%	50%	95%
Body Group A	Upper Arm	3	2	2
	Lower Arm	3	3	3
	Wrist	2	2	3
	Wrist Twist	1	2	2
Body Group B	Neck	2	2	2
	Trunk	1	1	1
Grand Score		3	3	3

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai akhir RULA untuk ketiga model sama yaitu 3. Nilai ini menunjukkan bahwa risiko yang terjadi masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut akan tetapi terdapat kemungkinan membutuhkan perubahan agar kualitas postur tubuh bagian atas menjadi lebih baik.

Secara lebih detail, dari tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa:

- Lengan atas
 Pada model pertama skor RULA untuk lengan atas bernilai 3. Skor ini artinya lengan atas menyimpang membentuk sudut 45-90° sehingga terdapat risiko terjadi kelelahan. Sedangkan untuk model kedua dan ketiga skor yang didapat adalah 2. Postur lengan atas pada model kedua dan ketiga ini masih berada pada kategori zona aman.
- Lengan bawah

Skor untuk lengan bawah pada ketiga model adalah 3. Postur tubuh pada lengan bawah ini masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah.

- Pergelangan tangan dan Perputaran pergelangan tangan

Postur pergelangan tangan pada ketiga model tersebut masih berada dalam batasan ergonomis dan memiliki tingkat resiko cedera rendah, bahkan pada model pertama dan kedua postur pergelangan tangan yang terbentuk berada pada kategori aman.

- Leher

Nilai evaluasi RULA untuk postur leher pada ketiga model adalah 2. Postur leher untuk ketiga model ini telah berada pada kondisi aman dan dapat diterima, dan risiko terjadinya cedera tergolong rendah.

- Batang tubuh

Nilai evaluasi RULA untuk batang tubuh sama untuk ketiga model yaitu 1. Hal ini menunjukkan bahwa postur batang tubuh sudah baik dan ergonomis, berada dalam kategori aman yang dapat diterima pekerja.

Tahap analisis terakhir yaitu perhitungan *Posture Evaluation Index (PEI)*. Nilai PEI ini didapat dari hasil akumulasi tiga hasil evaluasi ergonomi yaitu skor LBA, OWAS, dan RULA yang menunjukkan kualitas postur. Perhitungan PEI dengan menggunakan rumus (2.4).

$$PEI = I_1 + I_2 + (I_3 \cdot mr)$$

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42$$

Dibawah ini adalah tabel rekapitulasi PEI untuk ketiga model.

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Nilai *Posture Evaluation Index (PEI)* Model Ideal Stasiun Kerja Mesin Reece

	REKAPITULASI HASIL ANALISIS						
	LBA	I ₁	OWAS	I ₂	RULA	I ₃	PEI
Desain 5%-Manusia persentil 5%	471	0.14	1	0.25	3	0.61	1.00
Desain 50%-Manusia persentil 50%	589	0.17	1	0.25	3	0.61	1.03
Desain 95%-Manusia persentil 95%	657	0.19	1	0.25	3	0.61	1.05

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa stasiun ideal mesin taking untuk masing-masing persentil memiliki nilai PEI yang tergolong baik. Karena nilai PEI untuk ketiga model ini secara berturut-turut adalah 1.00, 1.03, dan 1.05. Nilai PEI dari model ideal ini lebih rendah daripada nilai PEI model aktual. Hasil skor PEI ini menunjukkan bahwa stasiun kerja ideal yang dirancang berdasarkan literatur sangat sesuai digunakan oleh masing-masing persentil, karena kualitas postur yang terbentuk tergolong baik.

4.2.4 Analisis Model Ideal Secara Keseluruhan

Pada tabel 3.7 dibawah ini ditampilkan rekapitulasi perbandingan hasil evaluasi masing-masing *tools* dan nilai PEI. Berdasarkan perbandingan nilai LBA dari setiap model stasiun kerja ideal, dapat dilihat bahwa manusia persentil 5% menerima tekanan pada tulang punggung paling rendah sedangkan tekanan paling tinggi diterima oleh manusia persentil 95%.

Hasil nilai OWAS dan RULA yang diperoleh masing-masing mesin untuk operator persentil 5%, 50%, dan 95% adalah sama, karena stasiun kerja ideal ini memang dirancang secara khusus menyesuaikan ukuran persentil manusia 5%, 50% dan 95%. Berdasarkan hasil nilai OWAS, postur kerja operator berada dalam kondisi paling ergonomis bagi seluruh persentil pada stasiun kerja mesin snap dan mesin recee. Sedangkan pada stasiun kerja mesin taking, beban kerja yang diterima tidaklah ekstrim, akan tetapi terdapat kemungkinan risiko *musculoskeletal disorder* pada postur tersebut, sehingga langkah-langkah korektif sangatlah dianjurkan untuk dilakukan. Skor RULA untuk seluruh model aktual adalah 3, kecuali untuk model mesin snap persentil 50% yang mencapai nilai 2. Hal ini menunjukkan bahwa postur tubuh bagian atas berada dalam kondisi yang tergolong aman dimana risiko yang terjadi masih membutuhkan penyelidikan lebih lanjut.

Dengan menggunakan stasiun kerja ideal, nilai PEI untuk masing-masing mesin mencapai nilai minimum, yaitu 0.81-1.03 untuk mesin snap, 1.25-1.32 untuk mesin taking dan 1.00-1.05 untuk mesin recee. Secara keseluruhan berdasarkan perbandingan PEI dapat dilihat bahwa stasiun kerja mesin taking memiliki bernilai PEI yang paling tinggi. Hal ini kemungkinan besar disebabkan

oleh desain meja kerja yang memiliki posisi pedal yang statis tidak bisa diubah posisinya, tidak seperti posisi pedal pada mesin snap dan mesin taking yang dapat digeser dan disesuaikan dengan posisi duduk operator.

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Perbandingan Stasiun Kerja Ideal

LBA STASIUN KERJA IDEAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	345	472	471
Persentil 50%	517	617	589
Persentil 95%	576	734	657
OWAS STASIUN KERJA IDEAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	1	2	1
Persentil 50%	1	2	1
Persentil 95%	1	2	1
RULA STASIUN KERJA IDEAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	3	3	3
Persentil 50%	2	3	3
Persentil 95%	3	3	3
PEI STASIUN KERJA IDEAL			
	Snap	Taking	Reece
Persentil 5%	0.96	1.25	1.00
Persentil 50%	0.81	1.29	1.03
Persentil 95%	1.03	1.32	1.05

4.3 Analisis Perbandingan Model Aktual Dengan Model Ideal

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perbandingan hasil output *software* Jack untuk model yang menggunakan stasiun kerja berukuran aktual dengan model yang menggunakan stasiun kerja ideal.

4.3.1 Stasiun Kerja Mesin Snap

Pada tabel 4.28 dibawah ini dapat dilihat perbandingan nilai PEI stasiun kerja aktual dengan stasiun kerja ideal. Dapat dilihat disini bahwa desain stasiun kerja ideal lebih ergonomis dari pada stasiun kerja aktual. Hal ini ditunjukkan dari nilai PEI stasiun kerja ideal lebih rendah daripada PEI stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 5%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.23 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun

kerja aktual. Untuk model manusia persentil 50%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.7 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Dan untuk model manusia persentil 95%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.53 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual.

Tabel 4. 28 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Ideal Mesin Snap

Stasiun Kerja Mesin Snap			
Persentil	PEI		Perubahan PEI
	Aktual	Ideal	
5%	1.19	0.96	0.23
50%	1.51	0.81	0.70
95%	1.56	1.03	0.53

Dari hasil analisa diatas maka dapat disimpulkan bahwa pada stasiun kerja mesin snap, kualitas kenyamanan postur model manusia yang menggunakan stasiun kerja ideal lebih baik dari pada ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Oleh karena itu, desain stasiun kerja ideal ini dijadikan usulan perbaikan untuk menggantikan stasiun kerja aktual sehingga postur kerja operator menjadi lebih nyaman dan risiko gangguan musculoskeletal pada pekerja berkurang. Usulan stasiun kerja yang direkomendasikan disini adalah stasiun kerja yang ideal untuk manusia persentil 50%. Penggunaan stasiun kerja ideal untuk ukuran persentil 50% ini dapat menjadi titik tengah yang paling ideal untuk menjembatani selisih ukuran tubuh antara postur maksimal dan minimal. Sehingga stasiun kerja rekomendasi ini dapat digunakan oleh tiga persentil manusia serta membentuk postur kerja yang lebih nyaman dibandingkan dengan sebelumnya. Pada tabel 4.29 berikut ini adalah hasil analisis postur kerja pada stasiun kerja rekomendasi.

Tabel 4. 29 Hasil Analisis Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Snap

Manusia Persentil	STASIUN KERJA REKOMENDASI MESIN SNAP						
	LBA	I1	OWAS	I2	RULA	I3	PEI
5%	445	0.13	1	0.25	3	0.61	0.99
50%	517	0.15	1	0.25	2	0.41	0.81
95%	688	0.20	1	0.25	3	0.61	1.06

Untuk melihat bagaimana perbandingan tingkat kenyamanan postur pekerja persentil 5%, 50%, dan 95% setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi tersebut, maka pada tabel dibawah ini ditampilkan perbandingan nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual dengan nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi.

Tabel 4. 30 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Snap

Stasiun Kerja Mesin Snap			
Persentil	PEI		Perubahan PEI
	Aktual	Rekomendasi	
5%	1.19	0.99	0.20
50%	1.51	0.81	0.70
95%	1.56	1.06	0.50

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi lebih rendah dari model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 5%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.20 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 50%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.7 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Dan untuk model manusia persentil 95%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.50 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual.

4.3.2 Stasiun Kerja Mesin Taking

Pada tabel dibawah ini dapat dilihat perbandingan nilai PEI stasiun kerja aktual dengan stasiun kerja ideal. Dapat dilihat disini bahwa desain stasiun kerja ideal lebih ergonomis dari pada stasiun kerja aktual. Hal ini ditunjukkan dari nilai PEI stasiun kerja ideal lebih rendah daripada PEI stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 5%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.19 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun

kerja aktual. Untuk model manusia persentil 50%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.5 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Dan untuk model manusia persentil 95%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal ternyata nilai PEI tetap sama dengan nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual.

Tabel 4. 31 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Ideal Mesin Taking

Stasiun Kerja Mesin Taking			
Persentil	PEI		Perubahan PEI
	Aktual	Ideal	
5%	1.44	1.25	0.20
50%	1.79	1.29	0.50
95%	1.32	1.32	0.00

Dari hasil analisa diatas maka dapat disimpulkan bahwa pada stasiun kerja mesin taking, kualitas kenyamanan postur model manusia yang menggunakan stasiun kerja ideal lebih baik dari pada ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Oleh karena itu, desain stasiun kerja ideal ini dijadikan usulan perbaikan untuk menggantikan stasiun kerja aktual sehingga postur kerja operator menjadi lebih nyaman dan risiko gangguan musculoskeletal pada pekerja berkurang. Usulan stasiun kerja yang direkomendasikan disini adalah stasiun kerja yang ideal untuk manusia persentil 50%. Penggunaan stasiun kerja ideal untuk ukuran persentil 50% ini dapat menjadi titik tengah yang paling ideal untuk menjembatani selisih ukuran tubuh antara postur maksimal dan minimal. Sehingga stasiun kerja rekomendasi ini dapat digunakan oleh tiga persentil manusia serta membentuk postur kerja yang lebih nyaman dibandingkan dengan sebelumnya. Pada tabel 4.32 berikut ini adalah hasil analisis postur kerja pada stasiun kerja rekomendasi.

Tabel 4. 32 Hasil Analisis Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Taking

Manusia Persentil	STASIUN KERJA REKOMENDASI MESIN TAKING						
	LBA	I1	OWAS	I2	RULA	I3	PEI
5%	501	0.15	1	0.25	3	0.61	1.01
50%	617	0.18	2	0.50	3	0.61	1.29
95%	738	0.22	1	0.25	3	0.61	1.08

Untuk melihat bagaimana tingkat kenyamanan postur pekerja persentil 5%, 50%, dan 95% setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi tersebut, maka pada tabel 4.33 dibawah ini ditampilkan perbandingan nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual dengan nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi.

Tabel 4. 33 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Taking

Stasiun Kerja Mesin Taking			
Persentil	PEI		Perubahan PEI
	Aktual	Rekomendasi	
5%	1.44	1.01	0.44
50%	1.79	1.29	0.50
95%	1.32	1.08	0.25

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi lebih rendah dari model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi lebih rendah dari model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 5%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.43 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 50%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.50 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Dan untuk model manusia persentil 95%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.24 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual.

4.3.3 Stasiun Kerja Mesin Reece

Pada tabel 4.34 dibawah ini dapat dilihat perbandingan nilai PEI stasiun kerja aktual dengan stasiun kerja ideal. Dapat dilihat disini bahwa desain stasiun kerja ideal lebih ergonomis dari pada stasiun kerja aktual. Hal ini ditunjukkan dari nilai PEI stasiun kerja ideal lebih rendah daripada PEI stasiun kerja aktual. Untuk

model manusia persentil 5%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.20 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 50%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.88 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Dan untuk model manusia persentil 95%, setelah menggunakan stasiun kerja ideal nilai PEI menurun hingga 0.49 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual.

Tabel 4. 34 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Ideal Mesin Reece

Stasiun Kerja Mesin Reece			
Persentil	PEI		Perubahan PEI
	Aktual	Ideal	
5%	1.20	1.00	0.21
50%	1.91	1.03	0.88
95%	1.54	1.05	0.49

Dari hasil analisa diatas maka dapat disimpulkan bahwa pada stasiun kerja mesin reece, kualitas kenyamanan postur model manusia yang menggunakan stasiun kerja ideal lebih baik dari pada ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Oleh karena itu, desain stasiun kerja ideal ini dijadikan usulan perbaikan untuk menggantikan stasiun kerja aktual sehingga postur kerja operator menjadi lebih nyaman dan risiko gangguan musculoskeletal pada pekerja berkurang. Usulan stasiun kerja yang direkomendasikan disini adalah stasiun kerja yang ideal untuk manusia persentil 50%. Penggunaan stasiun kerja ideal untuk ukuran persentil 50% ini dapat menjadi titik tengah yang paling ideal untuk menjembatani selisih ukuran tubuh antara postur maksimal dan minimal. Sehingga stasiun kerja rekomendasi ini dapat digunakan oleh tiga persentil manusia serta membentuk postur kerja yang lebih nyaman dibandingkan dengan sebelumnya. Pada tabel 4.32 berikut ini adalah hasil analisis postur kerja pada stasiun kerja rekomendasi.

Tabel 4. 35 Hasil Analisis Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Reece

Manusia Persentil	STASIUN KERJA REKOMENDASI MESIN REECE						
	LBA	I1	OWAS	I2	RULA	I3	PEI
5%	481	0.14	1	0.25	3	0.61	1.00
50%	589	0.17	1	0.25	3	0.61	1.03
95%	761	0.22	1	0.25	3	0.61	1.08

Untuk melihat bagaimana tingkat kenyamanan postur pekerja persentil 5%, 50%, dan 95% setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi tersebut, maka pada tabel dibawah ini ditampilkan perbandingan nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual dengan nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi.

Tabel 4. 36 Perbandingan Nilai PEI Stasiun Kerja Aktual dan Stasiun Kerja Rekomendasi Mesin Reece

Stasiun Kerja Mesin Reece			
Persentil	PEI		Perubahan PEI
	Aktual	Rekomendasi	
5%	1.20	1.00	0.20
50%	1.91	1.03	0.88
95%	1.54	1.08	0.45

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi lebih rendah dari model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai PEI model manusia yang menggunakan stasiun kerja rekomendasi lebih rendah dari model manusia yang menggunakan stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 5%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.20 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Untuk model manusia persentil 50%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.88 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual. Dan untuk model manusia persentil 95%, setelah menggunakan stasiun kerja rekomendasi nilai PEI menurun hingga 0.46 poin dari nilai PEI sebelumnya ketika menggunakan stasiun kerja aktual.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Stasiun kerja aktual berisiko menyebabkan terjadinya gangguan musculoskeletal pada tubuh bagian atas pekerja hal ini ditunjukkan oleh skor RULA yang berkisar antara 4-6 untuk semua stasiun kerja aktual. Nilai PEI stasiun kerja aktual berkisar antara 1, 19-1, 91. Stasiun kerja aktual memiliki risiko menyebabkan terjadinya *musculoskeletal disorder* paling rendah ketika digunakan oleh manusia persentil 5%.
- Postur pekerja pada stasiun kerja ideal berada dalam kondisi normal dan alami, tidak terdapat beban yang dapat membahayakan sistem *musculoskeletal* operator, tetapi masih perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut pada stasiun kerja mesin taking. Hal ini ditunjukkan dengan nilai OWAS yang tergolong dalam kategori 1 untuk stasiun kerja mesin snap dan stasiun kerja mesin reece serta bernilai 2 untuk stasiun kerja mesin taking. Nilai PEI stasiun kerja ideal berkisar antara 0,81-1,32.
- Dengan melihat perbandingan dari nilai PEI secara keseluruhan, ketika menggunakan stasiun kerja rekomendasi (stasiun kerja ideal untuk persentil 50%), terjadi penurunan nilai PEI pada semua operator tiap mesin baik operator perentil 5%, 50%, maupun 95%. Hal ini menunjukkan bahwa stasiun kerja rekomendasi mampu mengurangi risiko terjadinya *musculoskeletal disorder* pada pekerja garmen.

DAFTAR REFERENSI

- Adiputra, N., Manuaba, A., & Purnomo, H. (2006). *Sistem Kerja dengan Pendekatan Ergonomi Total Mengurangi Keluhan Muskuloskeletal, Kelelahan, dan Beban Kerja serta Meningkatkan Produktivitas Pekerja Industri Gerabah di Kasongan, Bantul*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis.
- Caputo, F., Di Gironimo, G., Marzano, A. (2006). Ergonomic Optimization of a Manufacturing System Work Cell in a Virtual Environment. *Acta Polytechnica Vol. 46 No. 5/2006*.
- Di Gironimo, G., Martorelli, M., Monacelli, & G., Vaudo, G. (2001). Using of Virtual Mock-Up for Ergonomic Design. *In: Proceed of The 7th International Conference on "The Role of Experimentation in the Automotive Product Development Process" – ATA 2001, Florence*.
- D. Colombini, E. Occhipinti, G. Molteni and A. Griec. *Evaluation of Work Chairs, Research Unit "Ergonomics of Posture and Movement" EPM*. Milan, Italy.
- Hagberg, Mats et a. (1997) *Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs); A Reference Book for Prevention*. London: Taylor & Francis.
- Helander, Martin. (2006). *A guide to human factors and ergonomics* (2nd ed.). London: Taylor & Francis e-Library.
- Kalawsky, R. (1993a). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company.
- Kartika Sari, I.G.A. (2007). Penilaian dan Usulan Pengurangan Risiko Ergonomi dengan Menggunakan Metode OCRA dan REBA di Bagian Pump Casing Inlow Side Cutting Pompa Air PT Panasonic Manufacturing Indonesia.

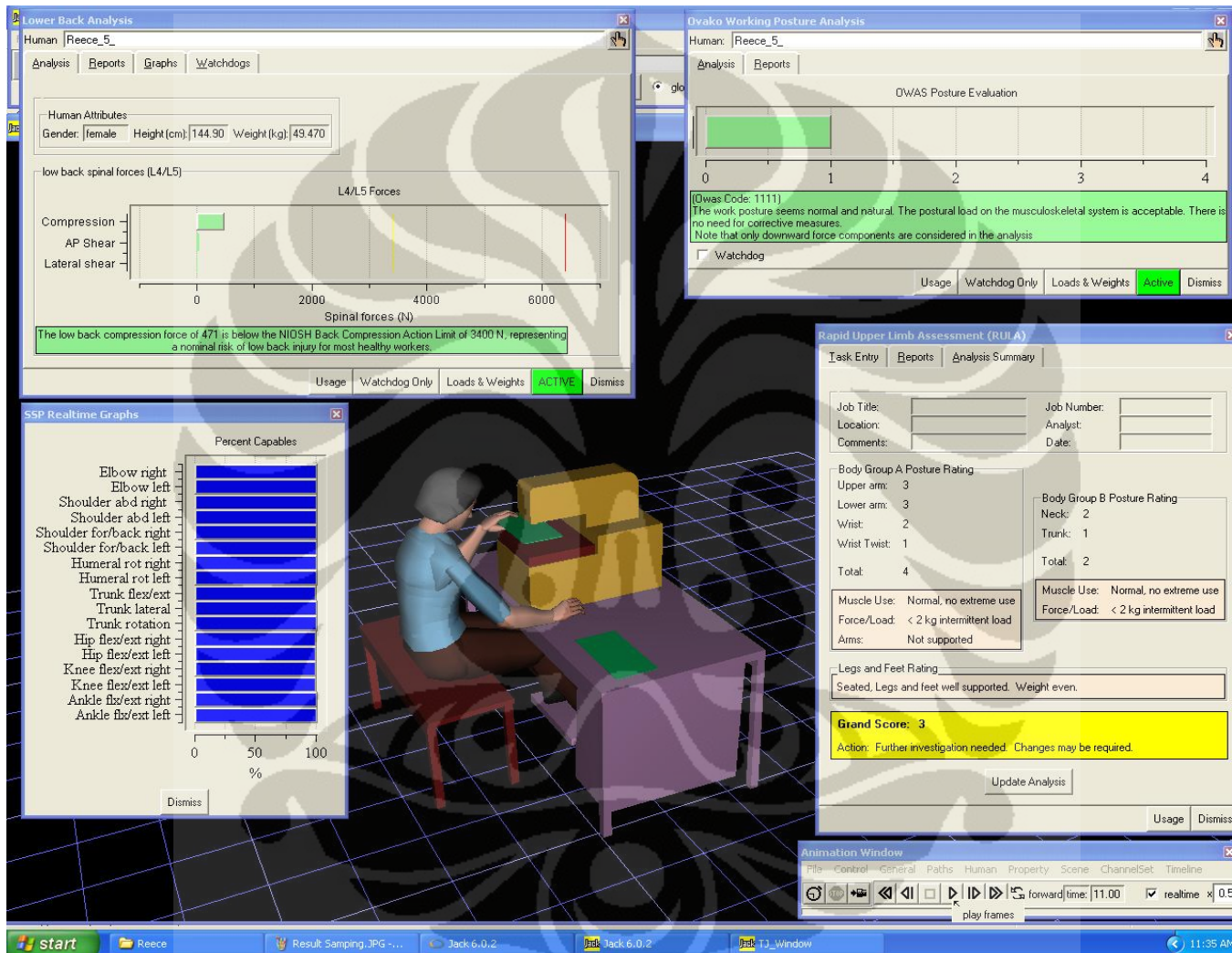
Skripsi, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

- Karwowski, W., Marras, W.S. (2003). *Occupational Ergonomic Principles of Work Design*. Boca Raton: CRC Press. Pg 25-1 – 26-12.
- Keyserling, W. M. (2004). OWAS: An Observational Approach to Posture Analysis. The University of Michigan.
- Konig, H.L., Kreuger, A.P., Lang, S., Sonning, W. (1980). *Biologic Effects of Enviromental Electromagnetism*. Springer Verlag.
- Määttä, T. (2003). *Virtual Environment in Machinery Safety Analysis*. Finlandia: VTT Technical Research Centre of Finland.
- NIOSH. (1998). *NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110*.
- Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the design of work*. London: Taylor & Francis e-Library.
- Siemens PLM Software Inc. (2008). *Jack user manual version 6.0*. California: Author.
- Siemens PLM Software Inc. (2008). *Jack task analysis toolkit (TAT) training manual*. California: Author.
- UGS Tecnomatix (2005). *Jack human modeling and simulation*. <http://www.ugs.com/>
- Wilson, J.R., Brown, D.J. Cobb, S.V. D’Cruz, M.D. & Eastgate, R.M. (1995). *Manufacturing Operations in Virtual environments. Presence, Teleoperators and Virtual Environments*, 4.
- Wilson, J.R. (1999). Virtual Environments and Applied Ergonomics.” *Applied Ergonomics* 30.
- “Workplace Ergonomics”. *Wellness Works*. (2006). <http://www.bchu2.picassofish.com/pdf/Wellness_Works/handbook/Workplace_Ergonomics.pdf>

LAMPIRAN

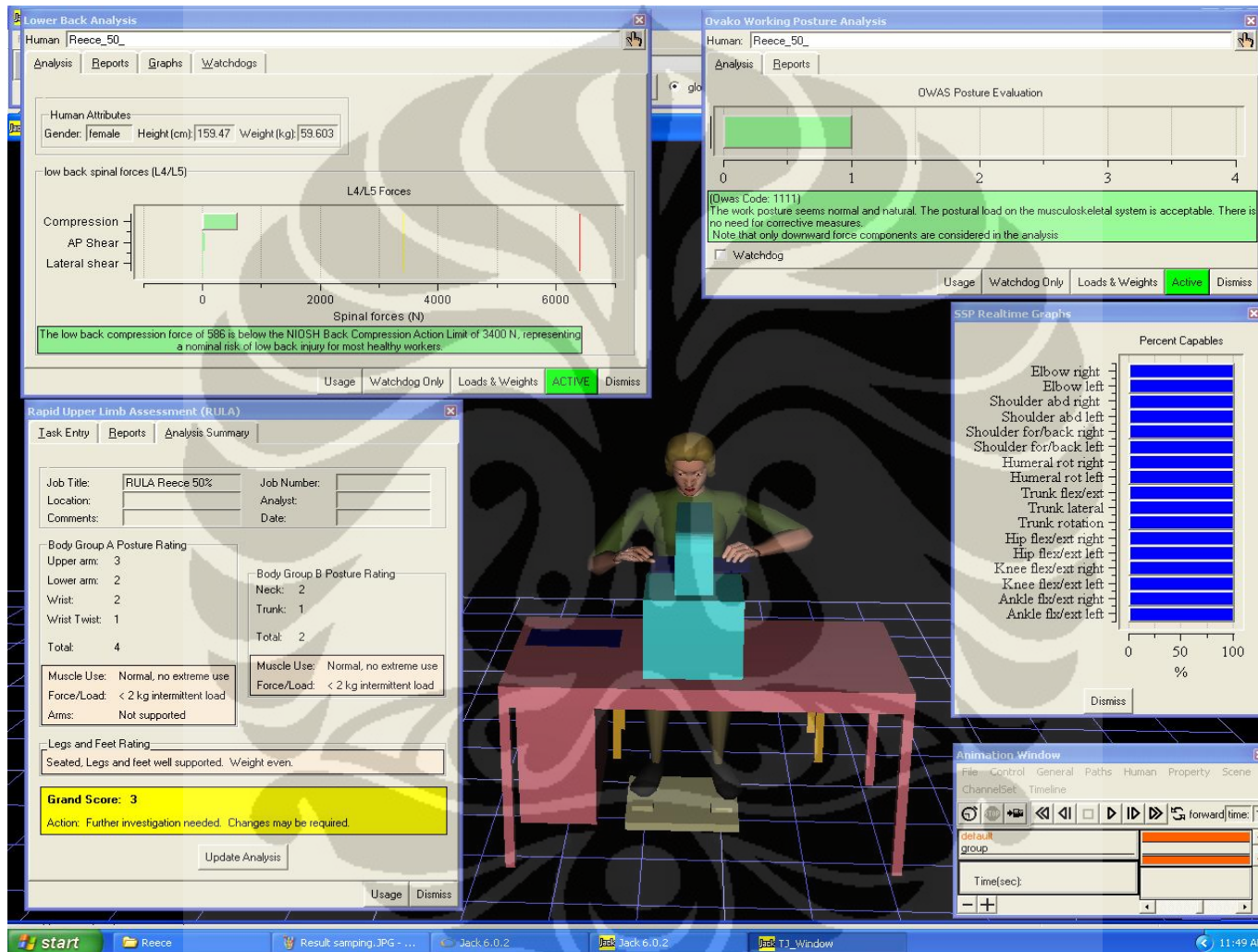


Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack*



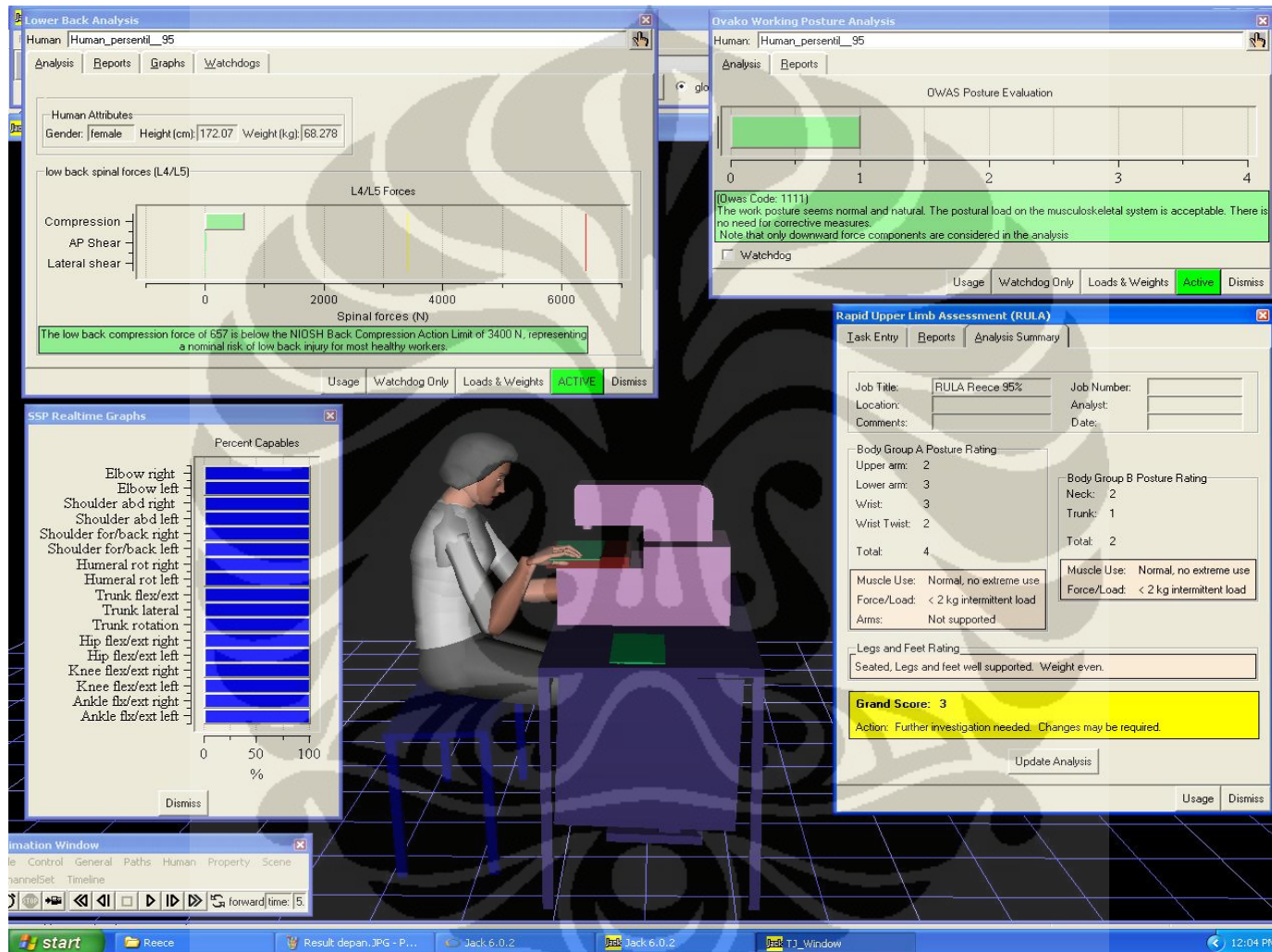
Stasiun Kerja Mesin Reece Ideal 5% Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



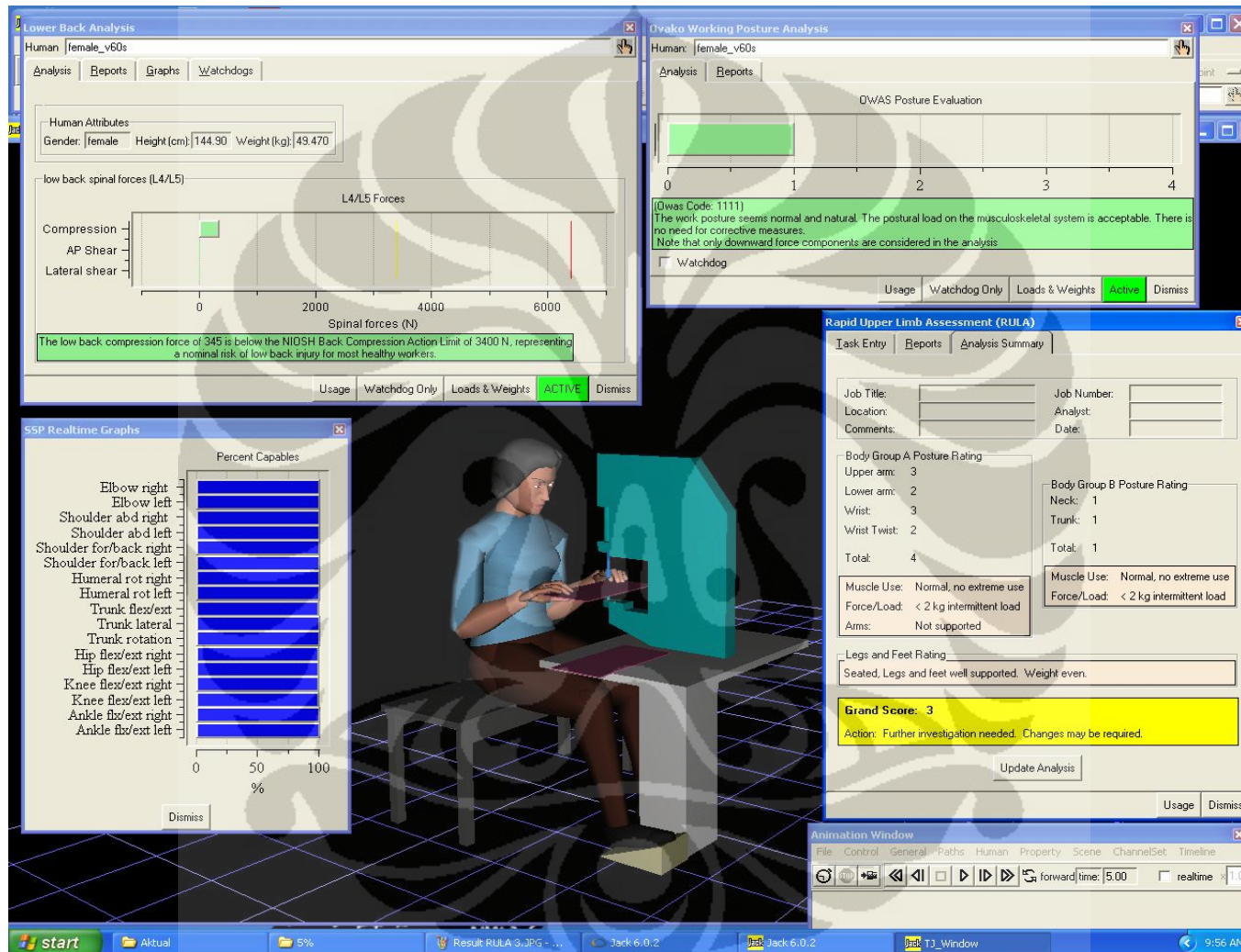
Stasiun Kerja Mesin Reece Ideal 50% Manusia Persentil 50%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



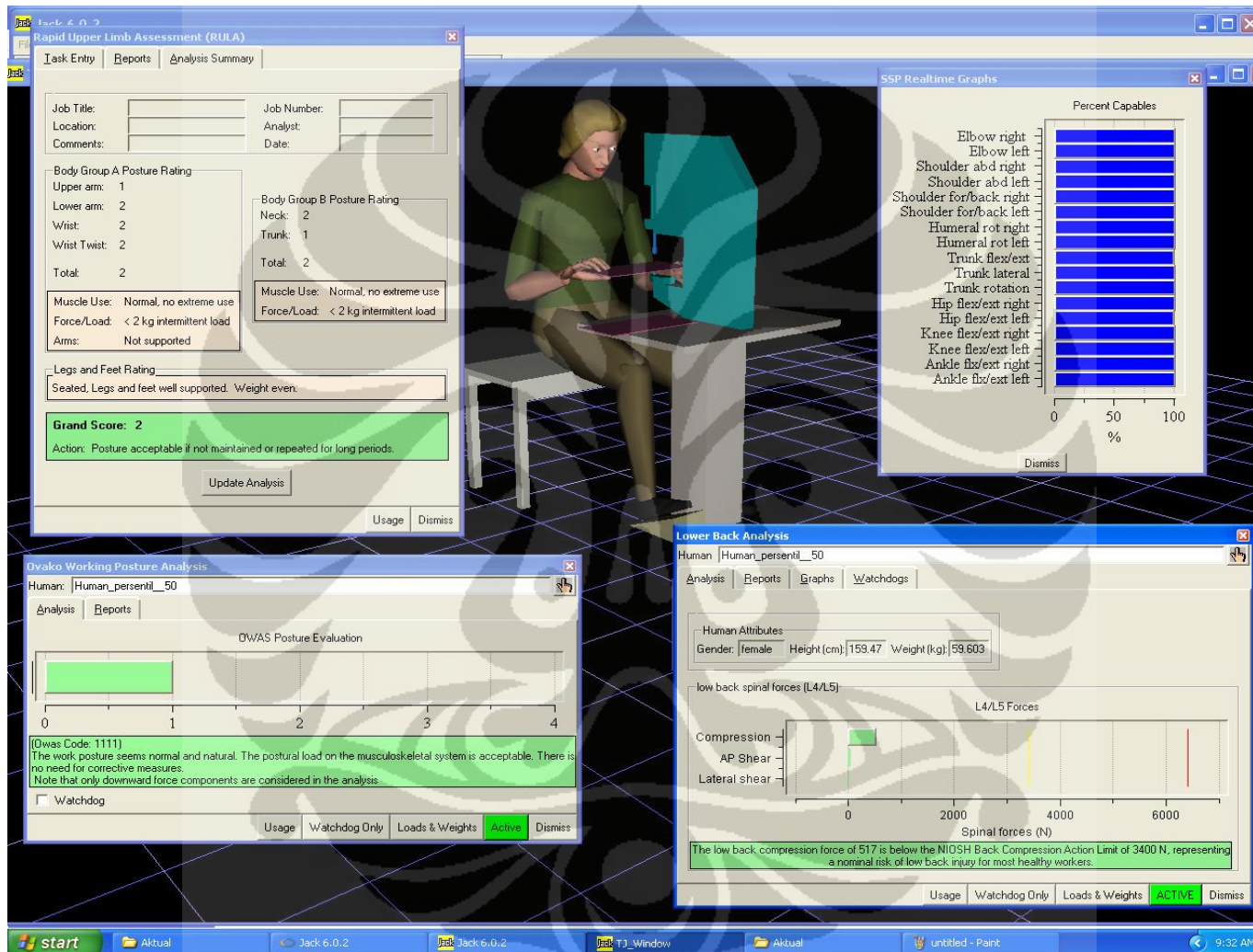
Stasiun Kerja Mesin Reece Ideal 95% Manusia Persentil 95%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



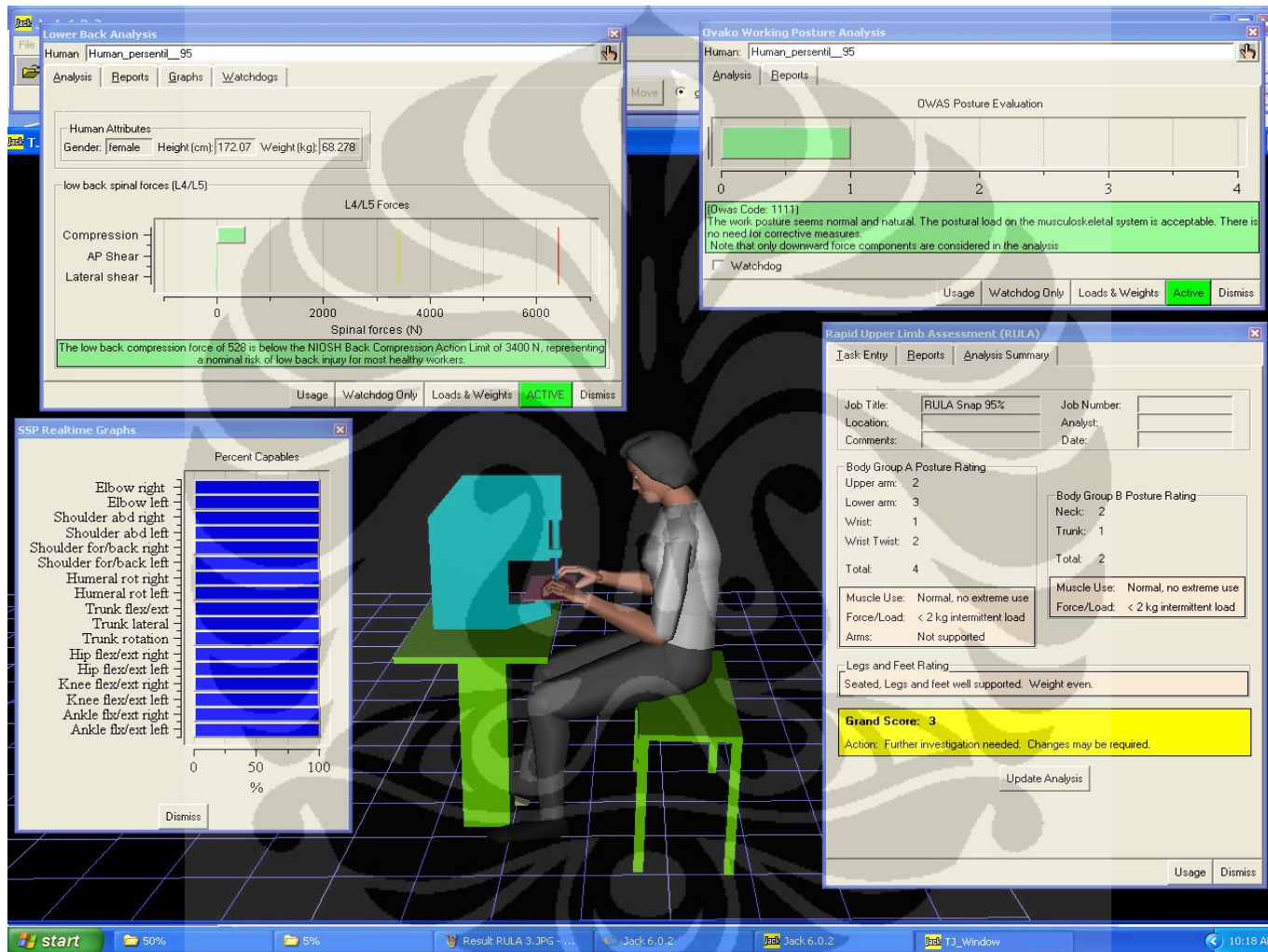
Stasiun Kerja Mesin Snap Ideal 5% Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



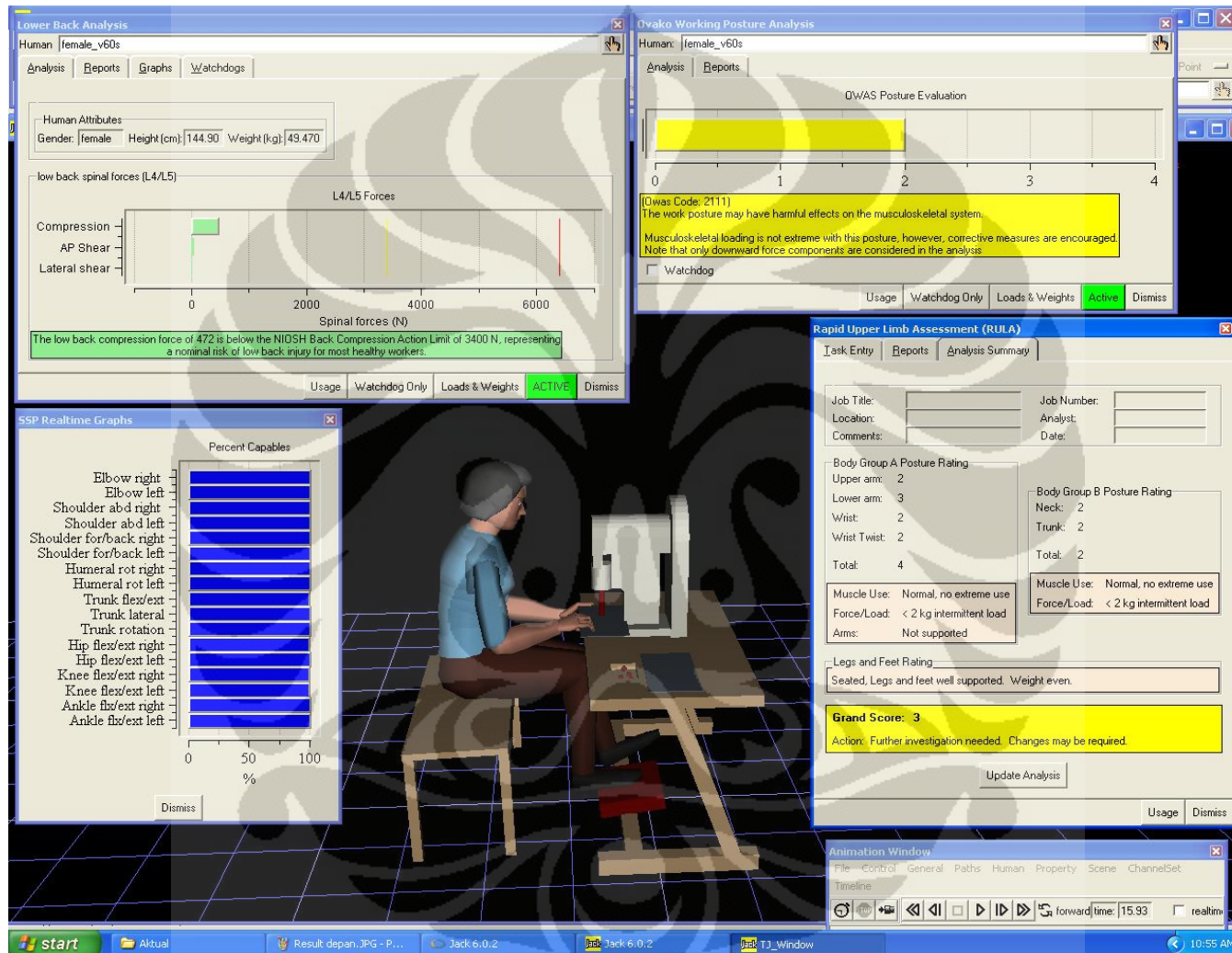
Stasiun Kerja Mesin Snap Ideal 50% Manusia Persentil 50%

Lampiran 1 Hasil Analisis Software Jack (lanjutan)



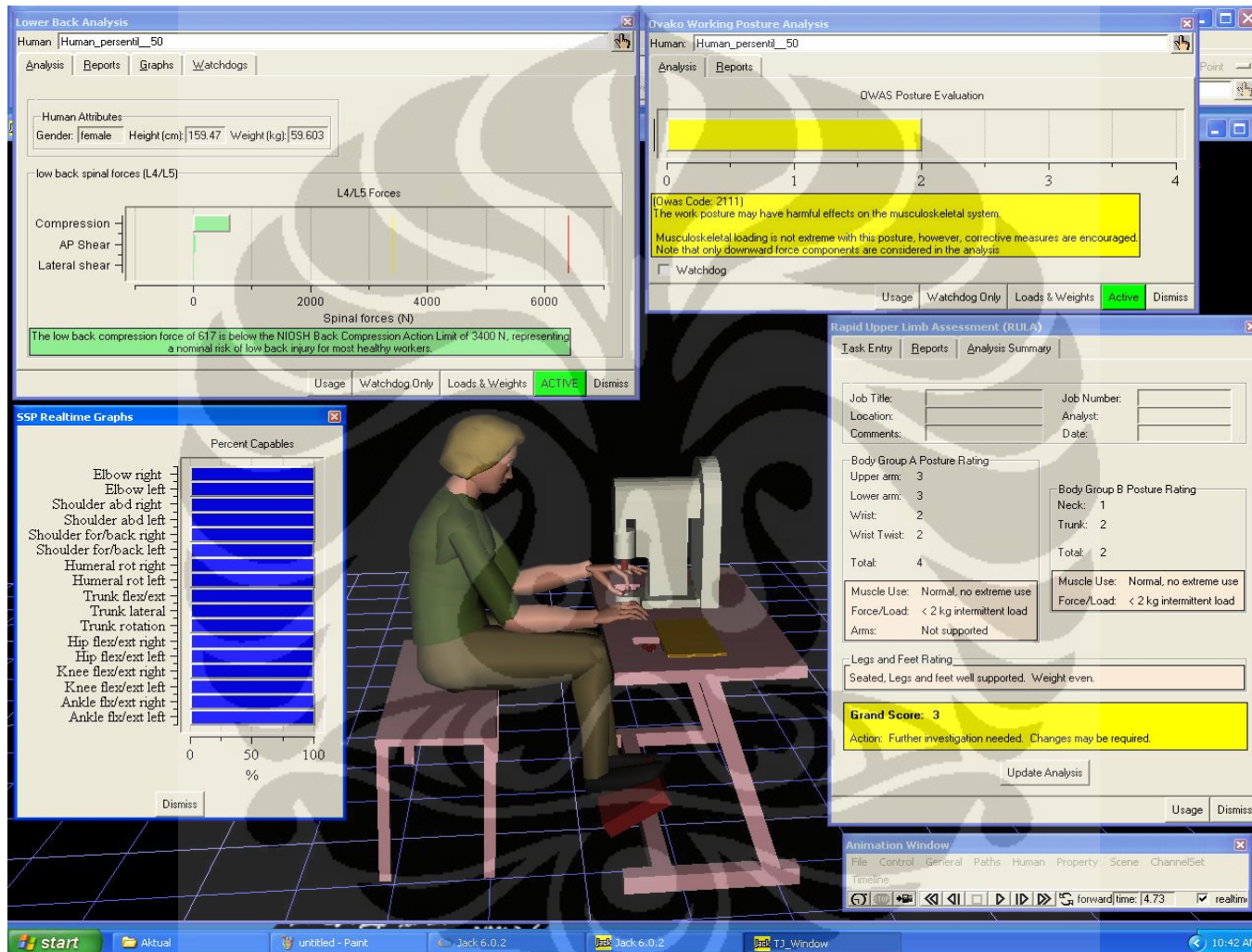
Stasiun Kerja Mesin Snap Ideal 95% Manusia Persentil 95%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



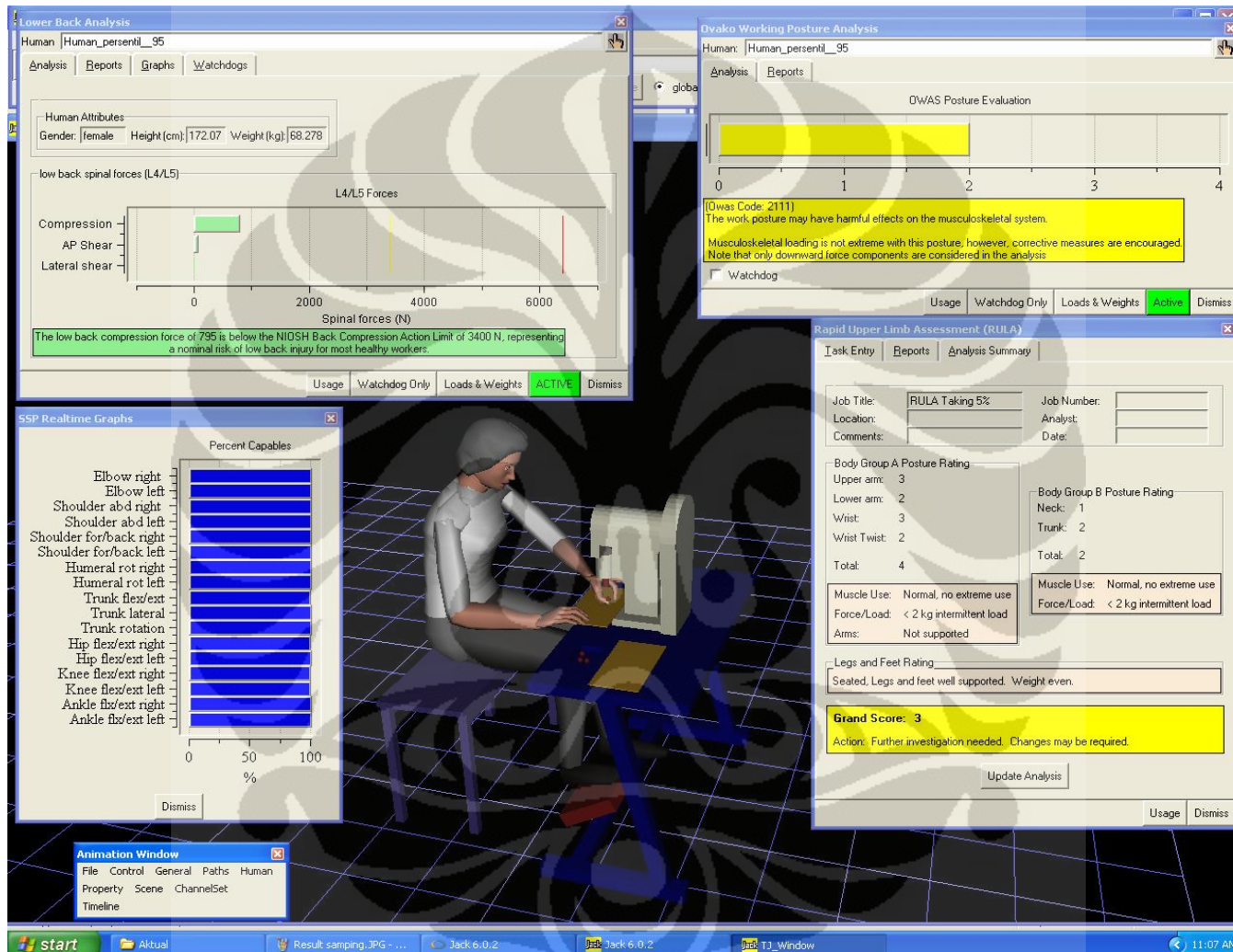
Stasiun Kerja Mesin Taking Ideal 5% Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



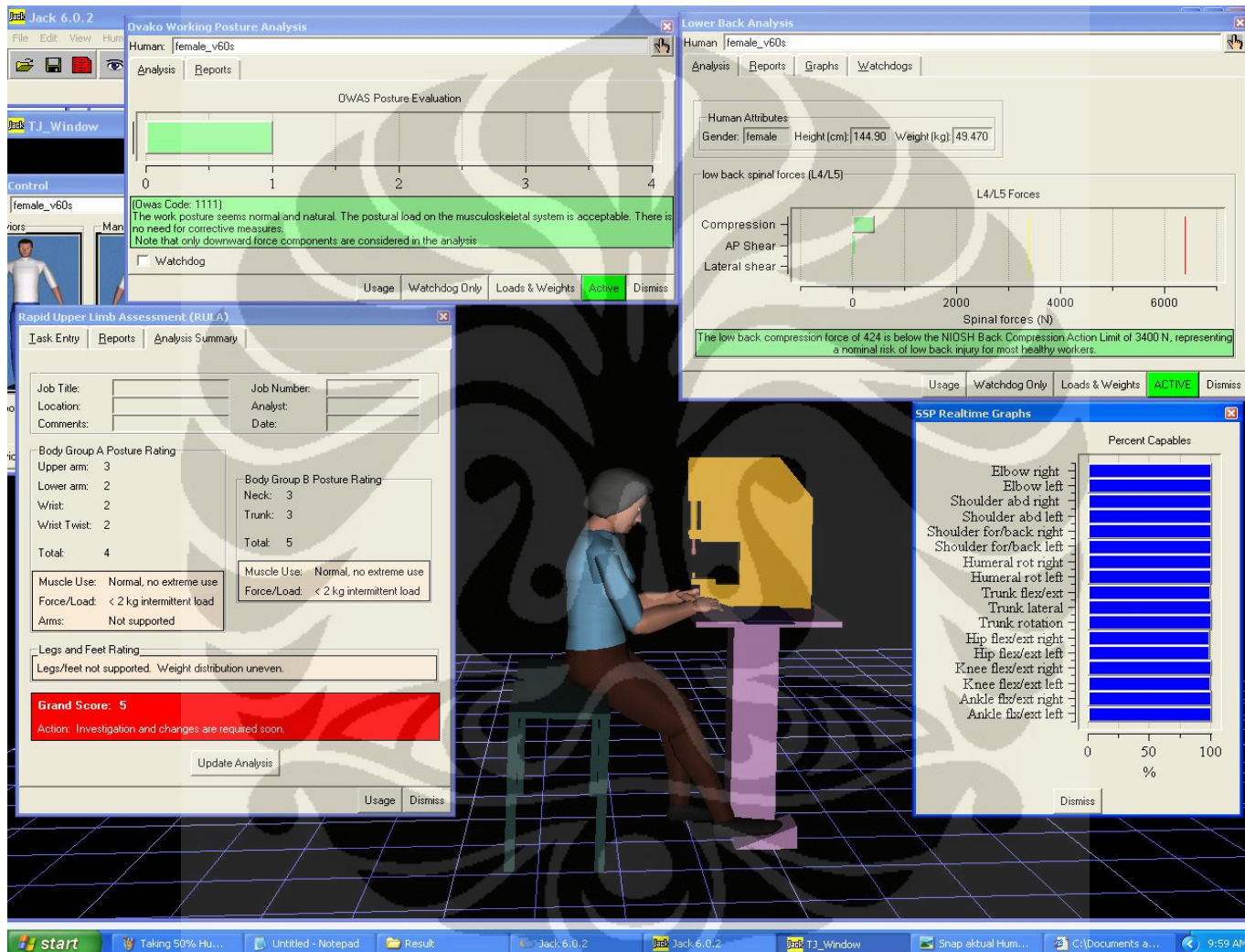
Stasiun Kerja Mesin Taking Ideal 50% Manusia Persentil 50%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



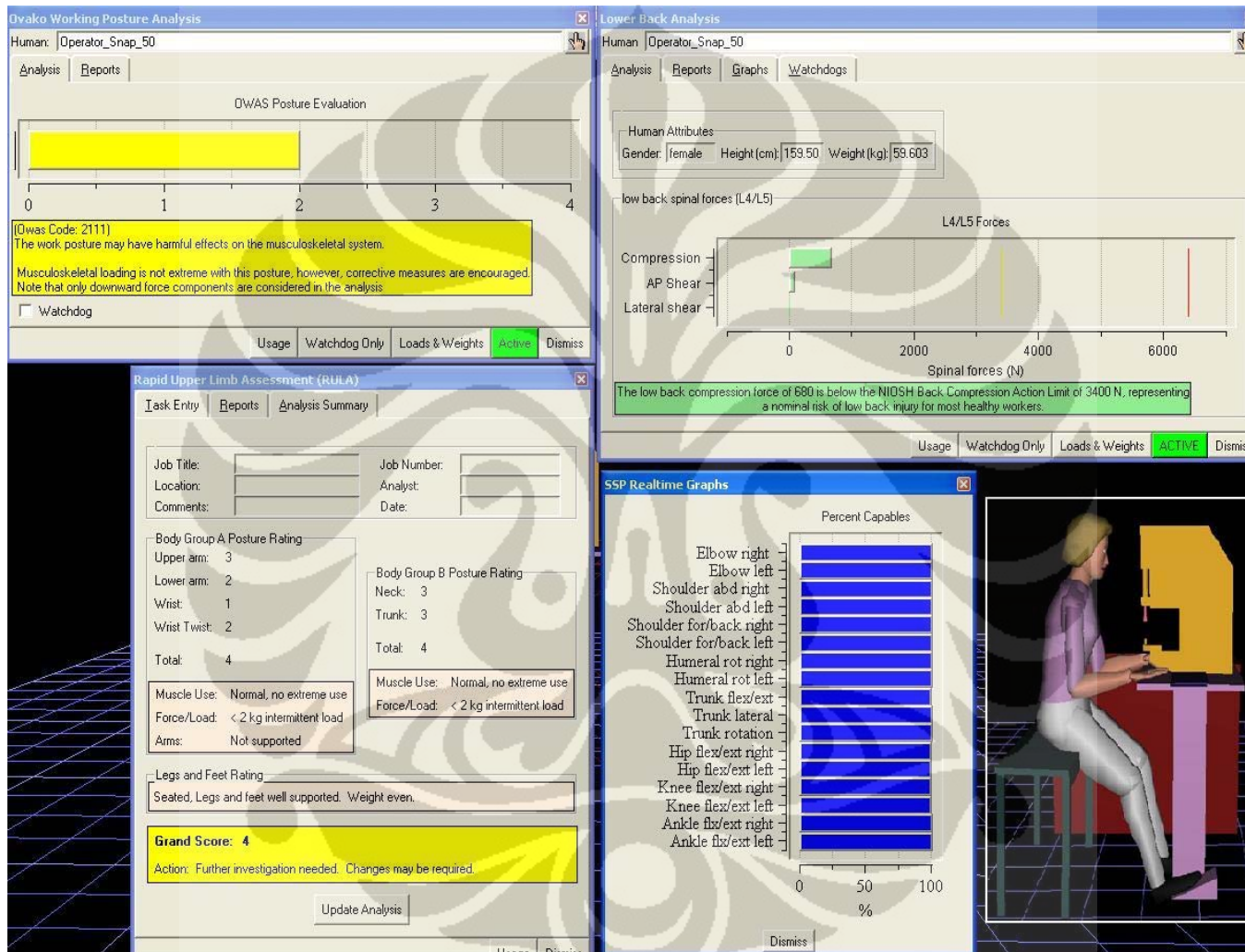
Stasiun Kerja Mesin Taking Ideal 95% Manusia Persentil 95%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



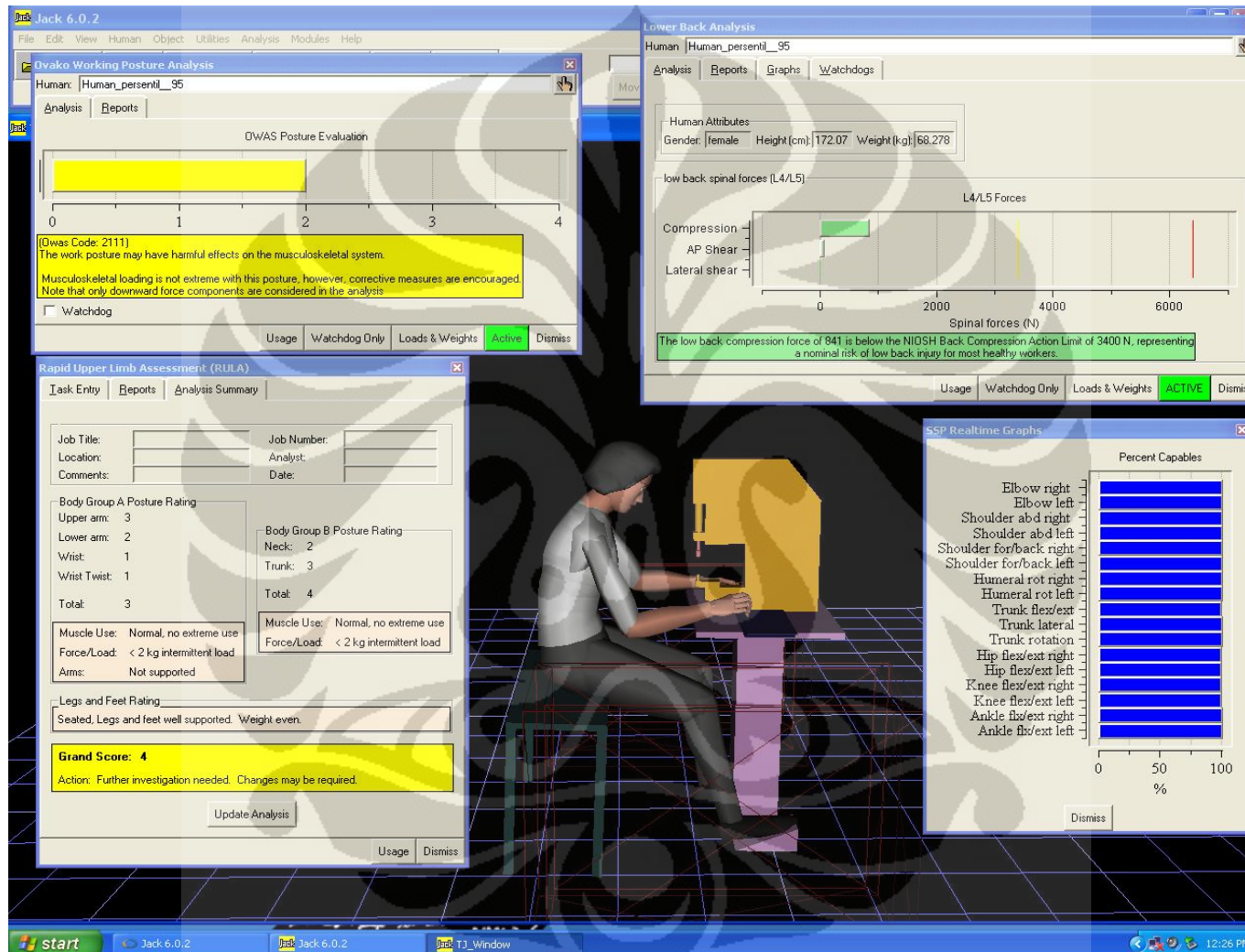
Stasiun Kerja Mesin Snap Aktual Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



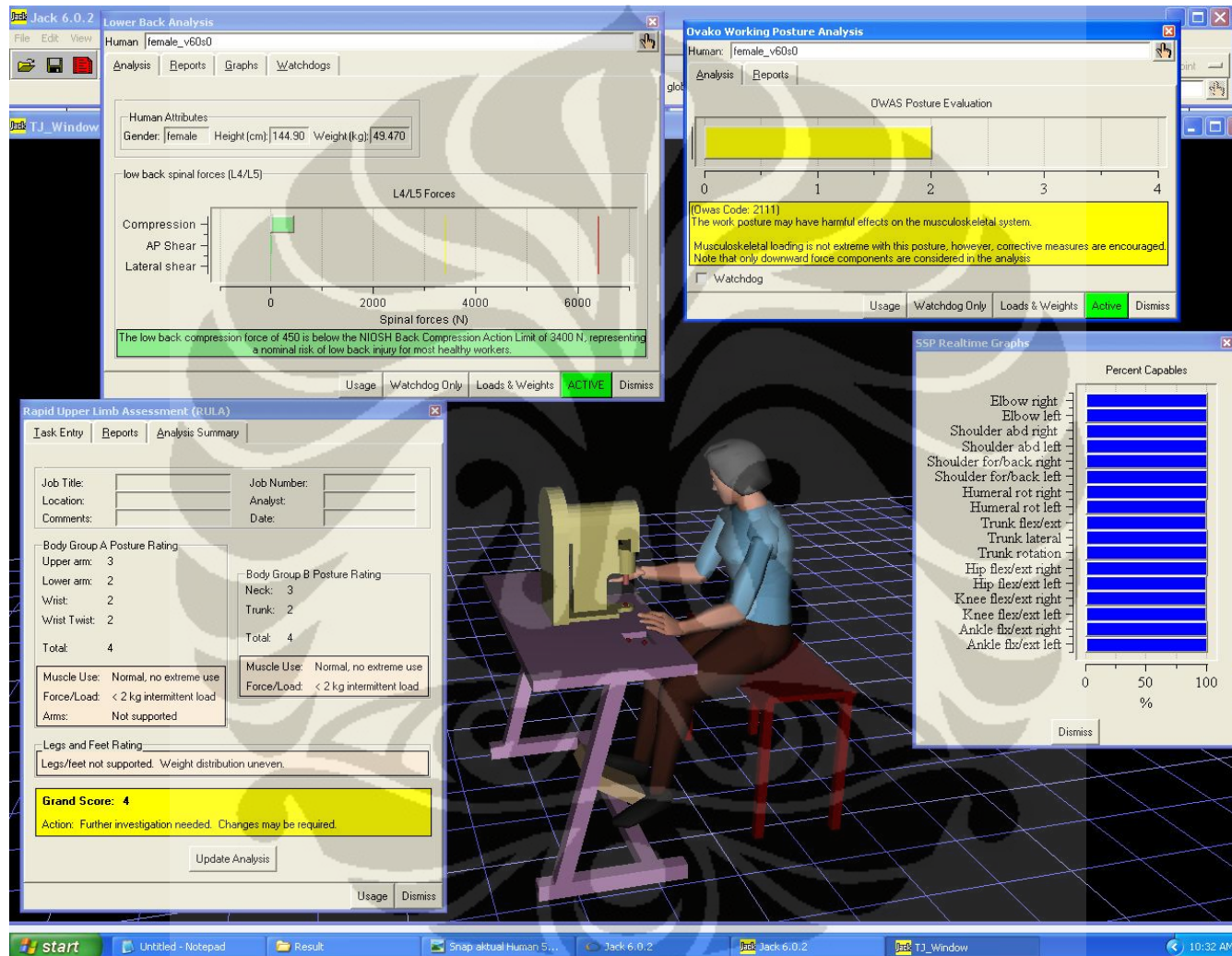
Stasiun Kerja Mesin Snap Aktual Manusia Persentil 50%

Lampiran 1 Hasil Analisis Software Jack (lanjutan)



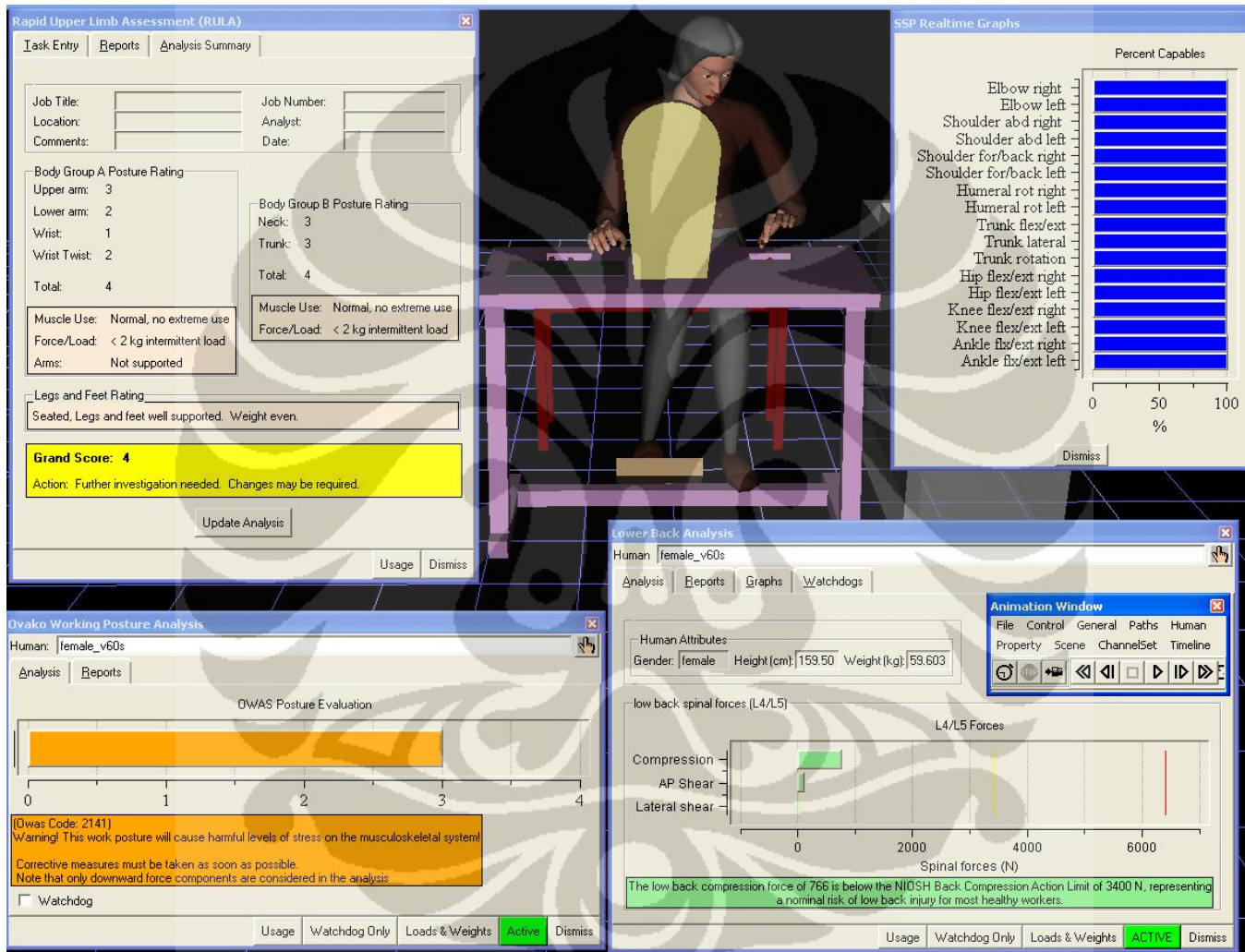
Stasiun Kerja Mesin Snap Aktual Manusia Persentil 50%

Lampiran 1 Hasil Analisis Software Jack (lanjutan)



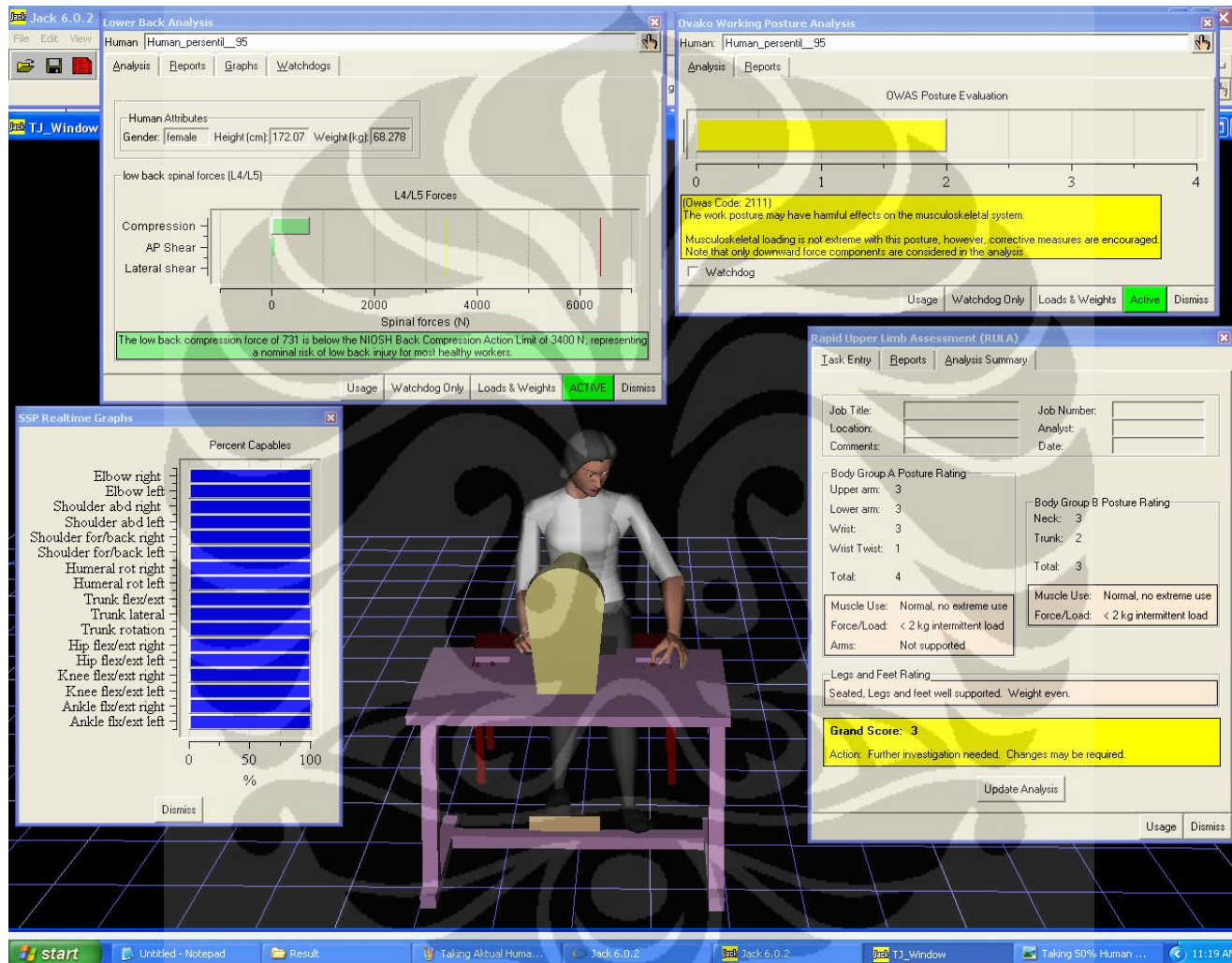
Stasiun Kerja Mesin Taking Aktual Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



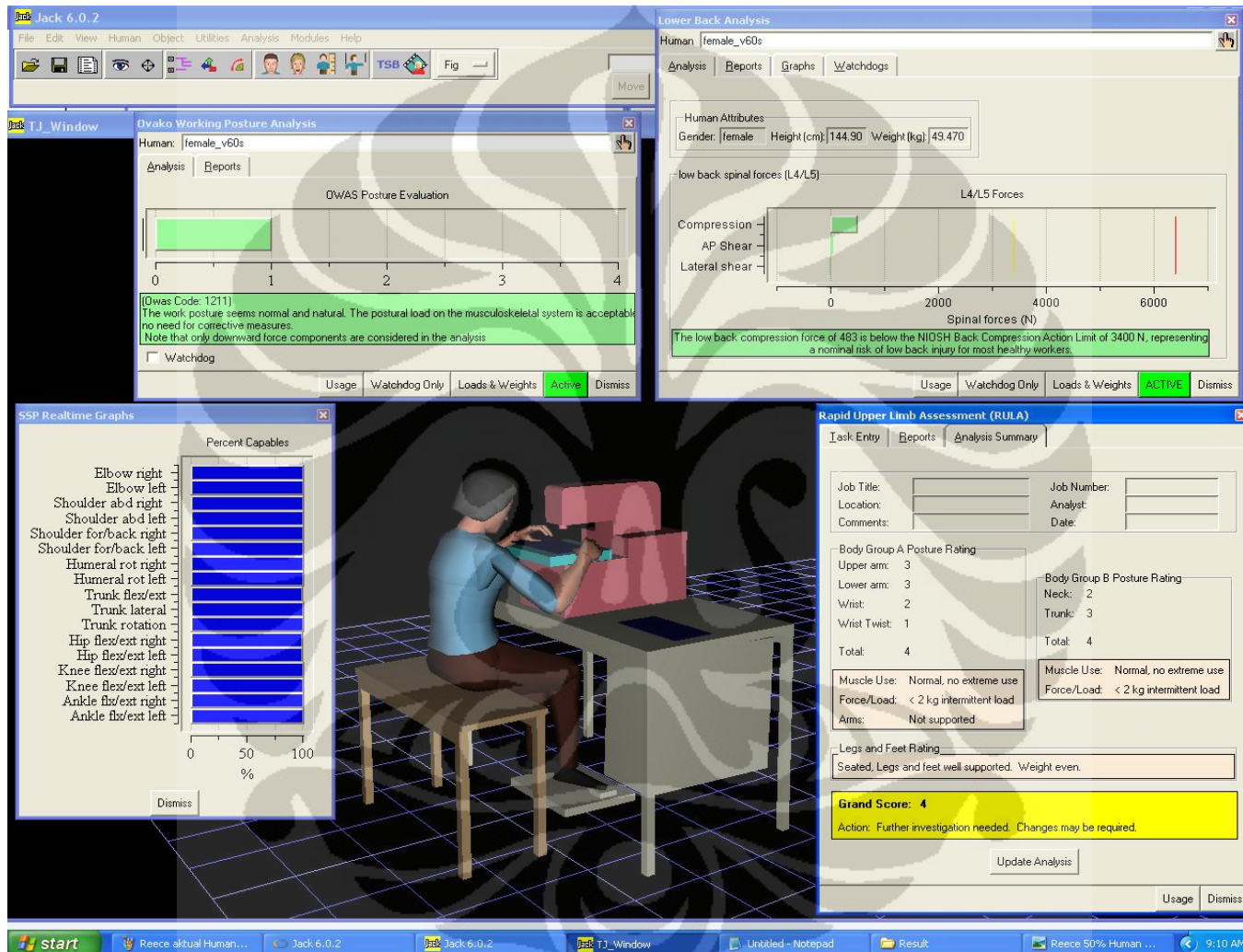
Stasiun Kerja Mesin Taking Aktual Manusia Persentil 50%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



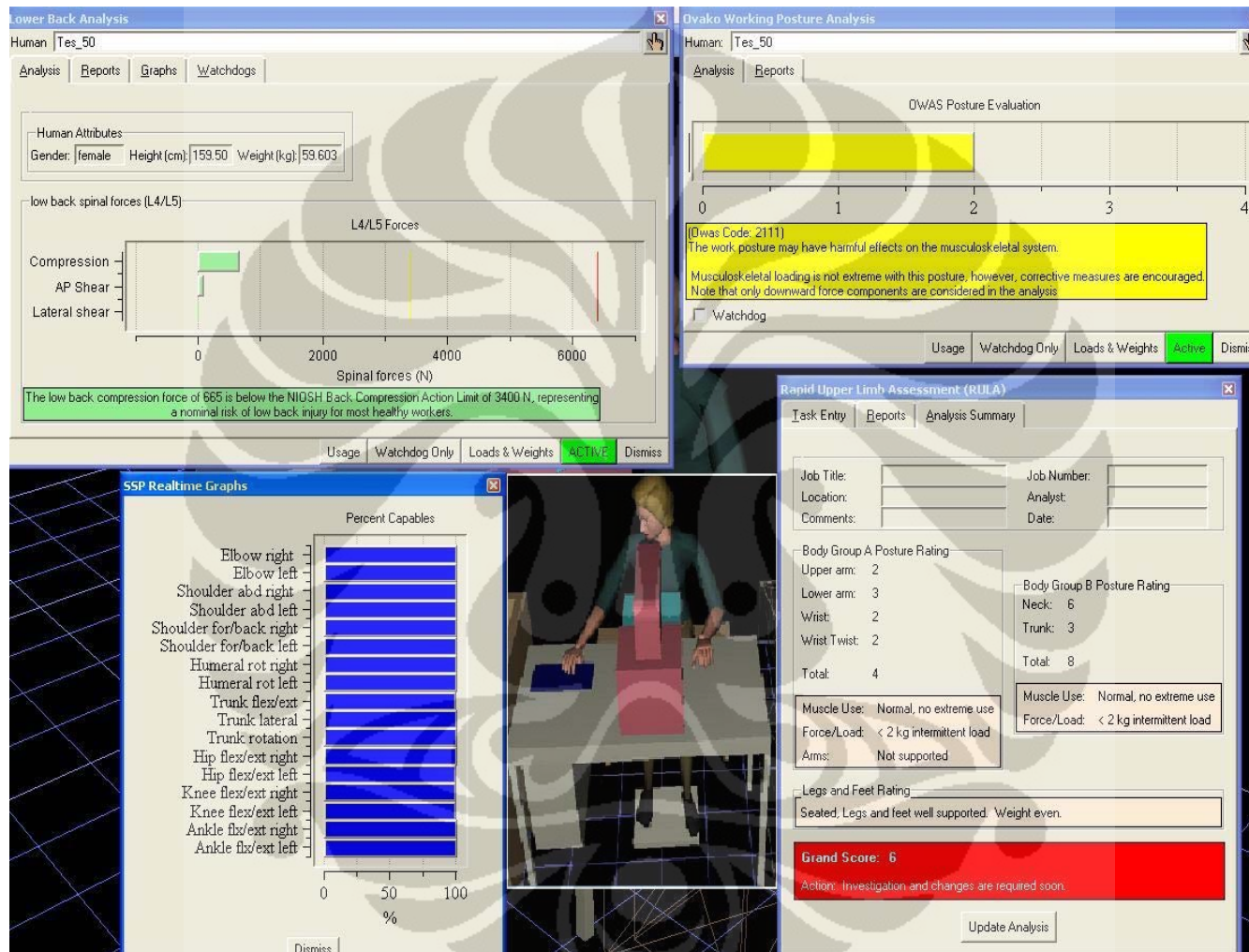
Stasiun Kerja Mesin Taking Aktual Manusia Persentil 95%

Lampiran 1 Hasil Analisis Software Jack (lanjutan)



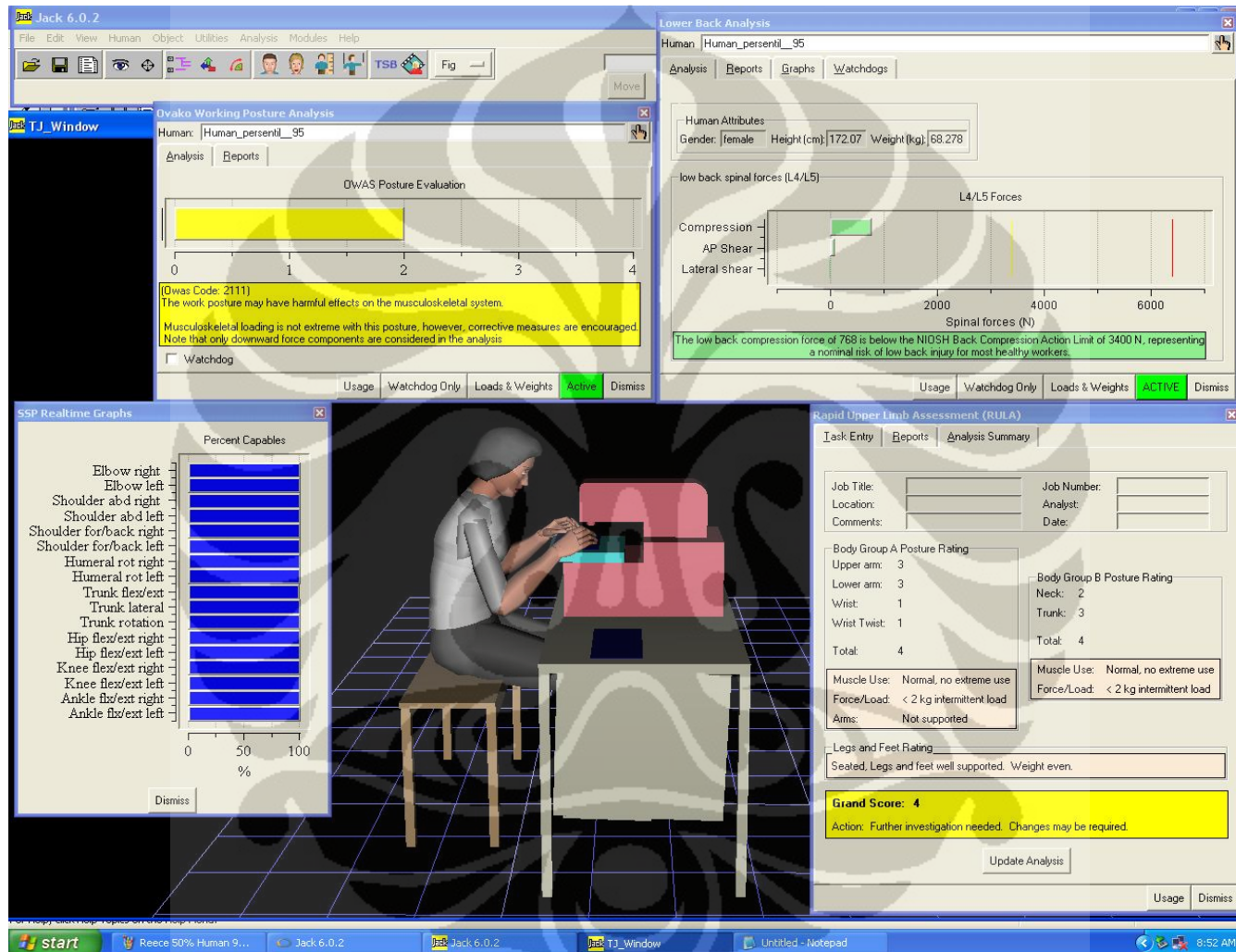
Stasiun Kerja Mesin Reece Aktual Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



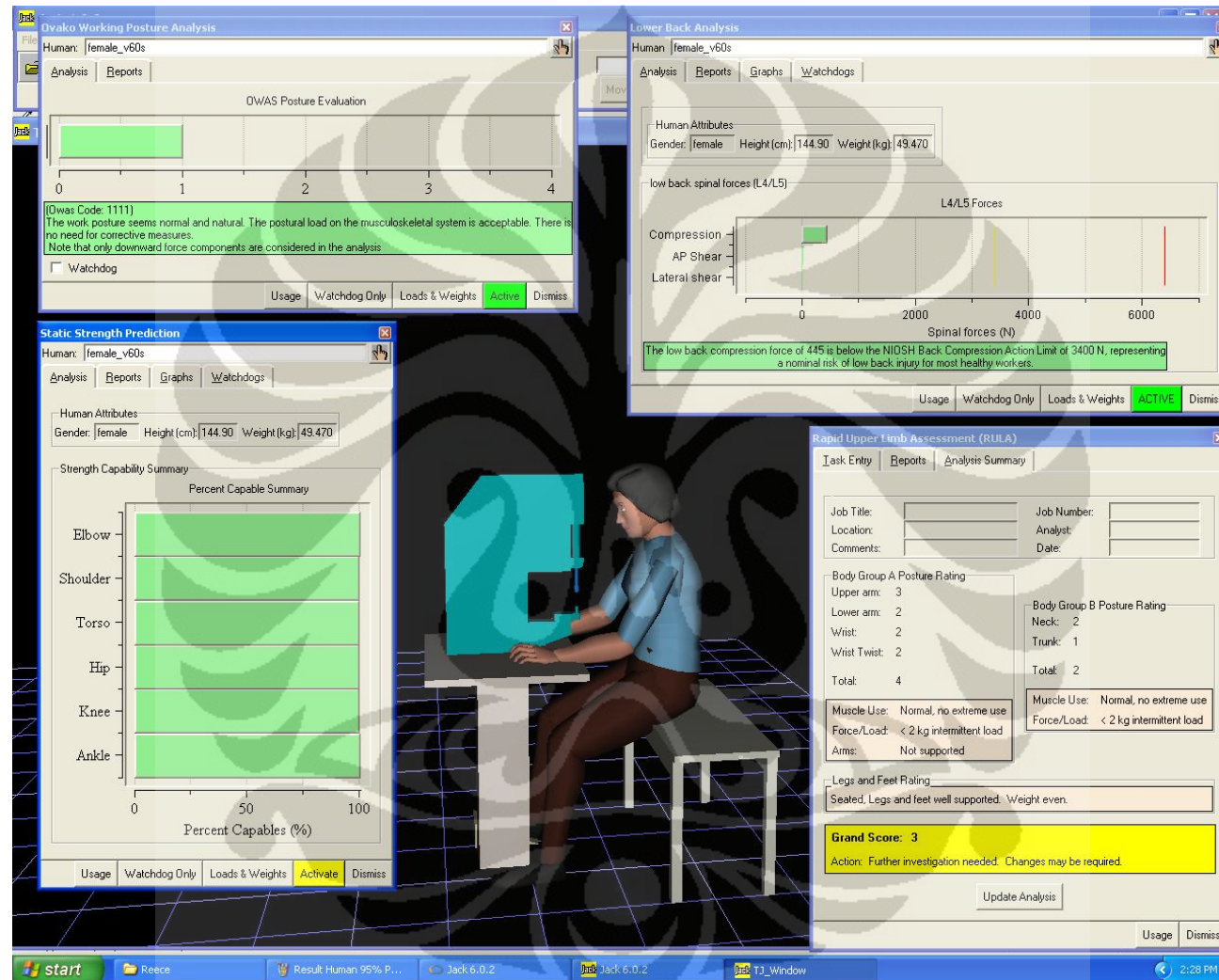
Stasiun Kerja Mesin Reece Aktual Manusia Persentil 50%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



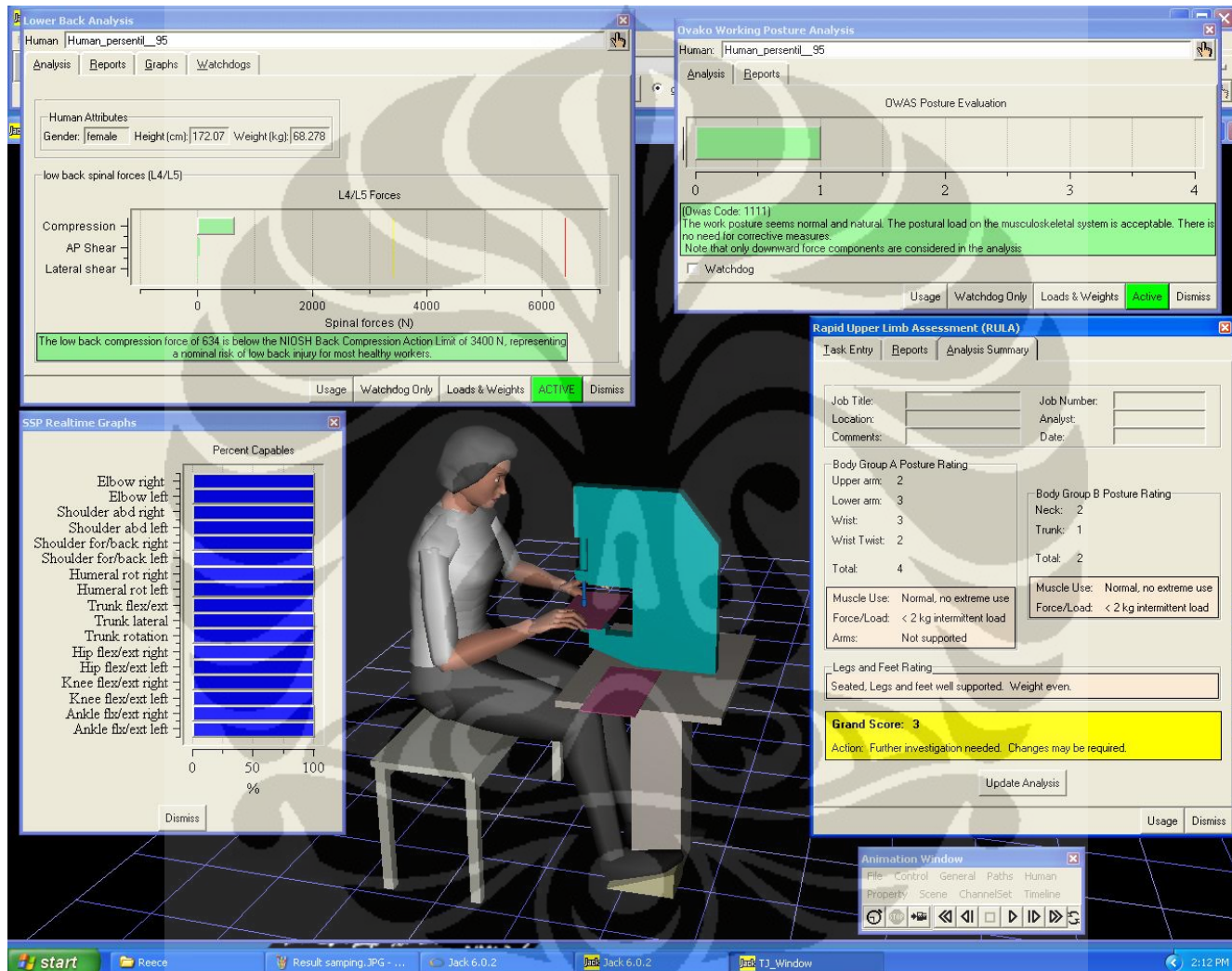
Stasiun Kerja Mesin Reece Aktual Manusia Persentil 95%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



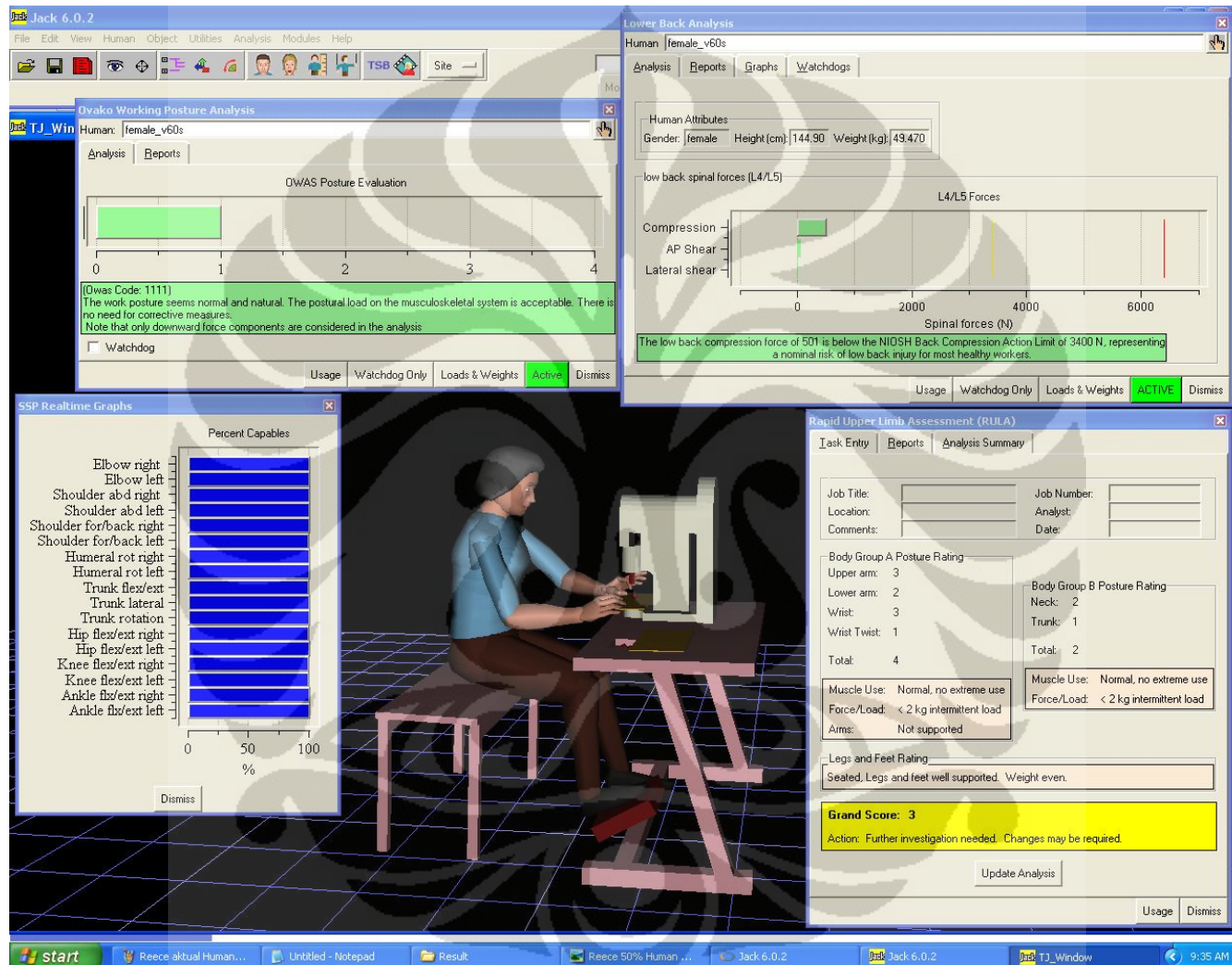
Stasiun Kerja Mesin Snap Rekomendasi Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



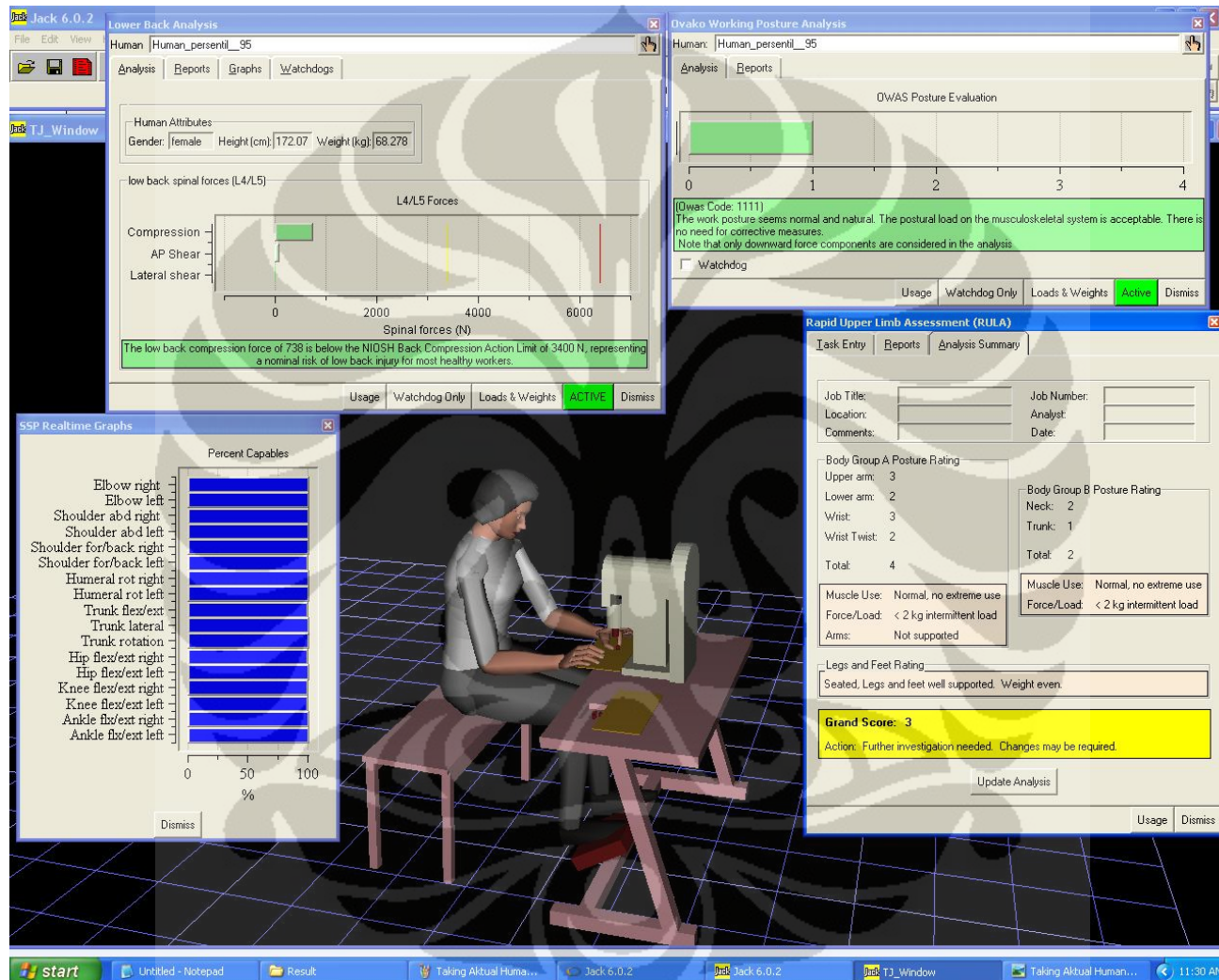
Stasiun Kerja Mesin Snap Rekomendasi Manusia Persentil 95%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



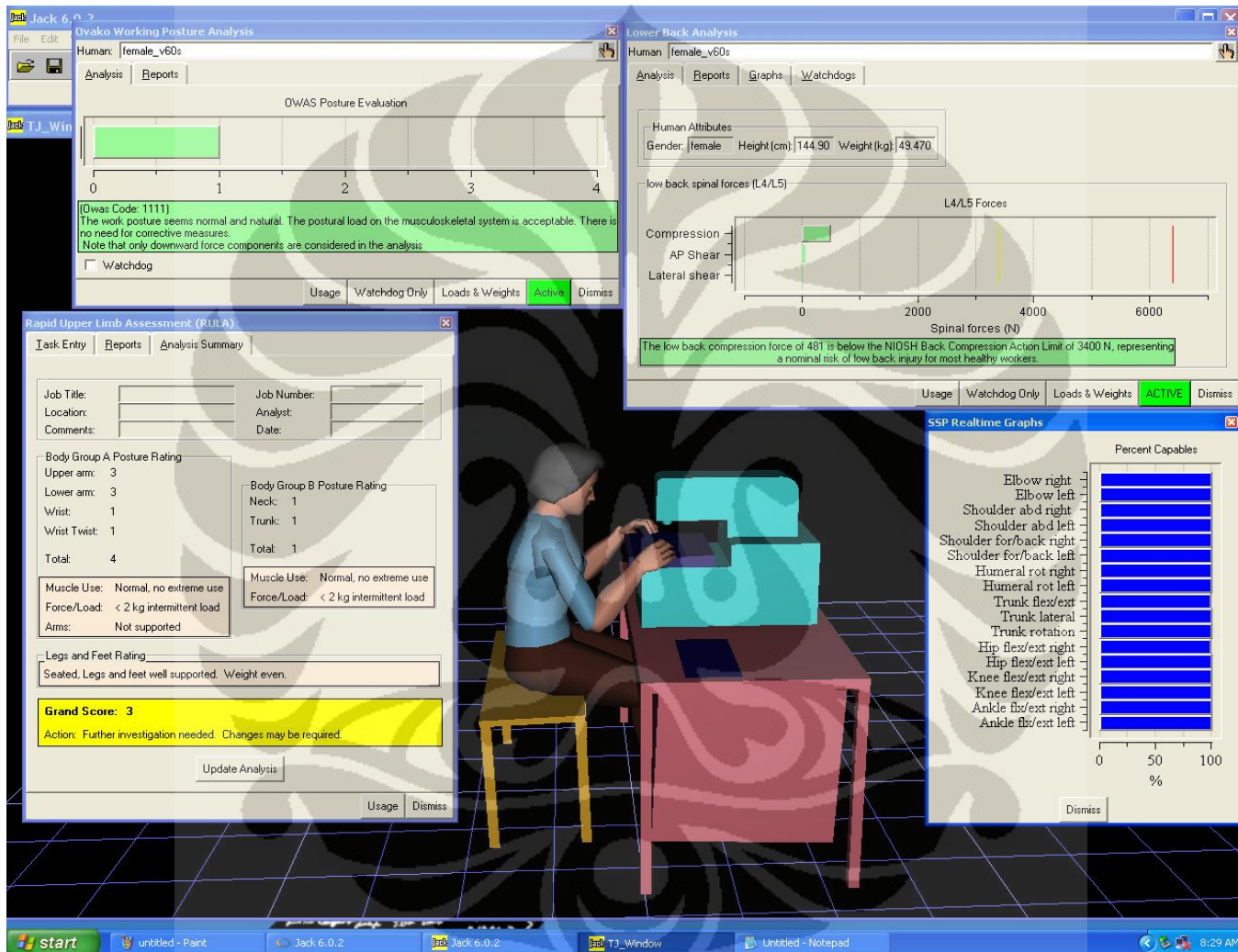
Stasiun Kerja Mesin Taking Rekomendasi Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



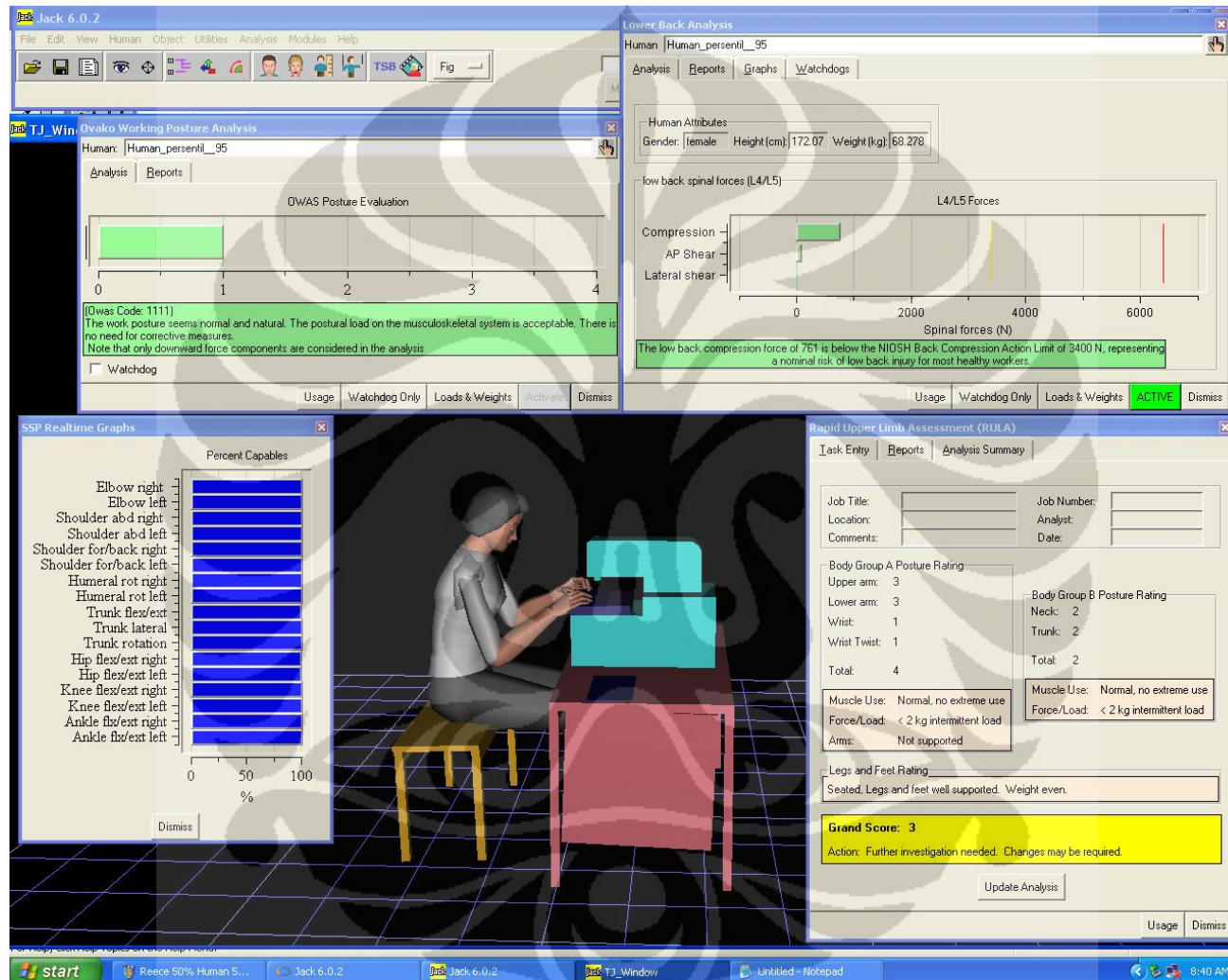
Stasiun Kerja Mesin Taking Rekomendasi Manusia Persentil 95%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



Stasiun Kerja Mesin Reece Rekomendasi Manusia Persentil 5%

Lampiran 1 Hasil Analisis *Software Jack* (lanjutan)



Stasiun Kerja Mesin Reece Rekomendasi Manusia Persentil 95%