



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN KABIN OPERATOR *CRANE* KENDARAAN
TEMPUR PANSER TIPE *RECOVERY* YANG ERGONOMIS
DALAM *VIRTUAL ENVIRONMENT***

SKRIPSI

**PRAMUDYA RIZFA DHARMA
0806337895**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN KABIN OPERATOR *CRANE* KENDARAAN
TEMPUR PANSER TIPE *RECOVERY* YANG ERGONOMIS
DALAM *VIRTUAL ENVIRONMENT***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**PRAMUDYA RIZFA DHARMA
0806337895**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

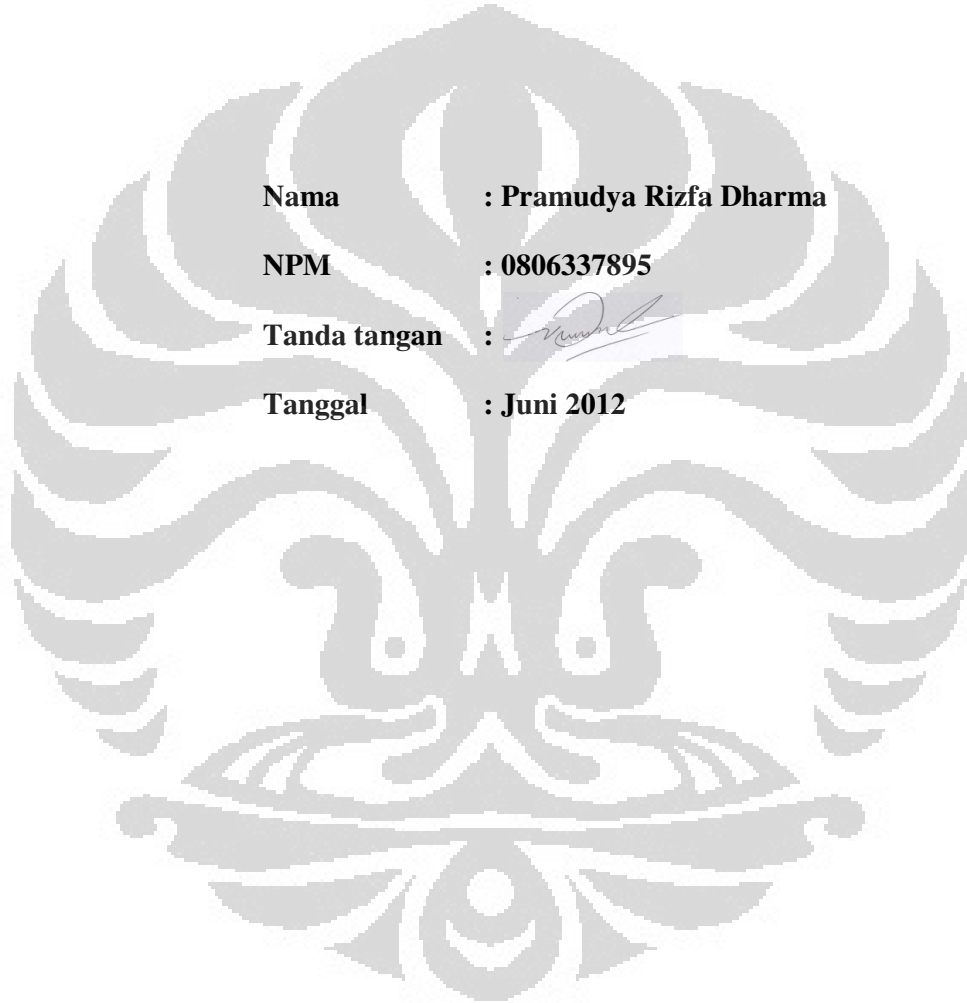
**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

Nama : Pramudya Rizfa Dharma

NPM : 0806337895

Tanda tangan : 

Tanggal : Juni 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Pramudya Rizfa Dharma
NPM : 0806337895
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Perancangan Kabin Operator *Crane* Kendaraan
Tempur Panser Tipe Recovery yang Ergonomis
Dalam *Virtual Environment*

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 : Armand Omar Moeis, S.T., M.Sc

Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE

Penguji : Dr. Akhmad Hidayatno ST, MBT

Penguji : Farizal, Ph.D



(
(
(
(

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur marilah kita panjatkan kehadirat Allah swt. Atas segala limpahan rezeki, nikmat dan naungan kasih sayang-Nya kepada kita semua yang tidak pernah terputus sampai akhir zaman. Salah satu rezeki yang diberikan-Nya adalah kemudahan dan kekuatan yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik hingga selesai. Penelitian ini disusun dalam rangka memenuhi syarat dalam menyelesaikan Progam Pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia. Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari betapa banyaknya bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

- Armand Omar Moeis, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing atas segala kesabarannya dalam membimbing saya selama mengerjakan tugas akhir ini.
- Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE. dan Ir. Erlinda Muslim, MEE., selaku dosen pembimbing ergonomi atas pengarahannya yang diberikan dalam penelitian ini.
- Orang tua dan segenap anggota keluarga penulis: Ayahanda H.Yusrizal Amir Ibunda Hj. Zulfa Elina, Mitha, dan Dito, yang telah memotivasi, menghibur, dan mendukung saya selama ini.
- Rekan bimbingan skripsi saya, yaitu Gagas Hariseto, Bram Bratanata, Rangga Virgaputra, Ernest Wahyudi, Reza Muhammad Alfaiz atas kerja samanya selama penelitian ini.
- Teman-teman *Ergonomy Centre*: Ivan, Meilin, Rini, Disa, Gagas, Sendhi, Shelly, Fitri, Felita, Tegar, Andreas, Theo, Citra, yang tak henti-hentinya saling memberikan semangat dalam mengerjakan penelitian ini.
- Teman-teman Teknik Industri Universitas Indonesia angkatan 2008, atas segala hal berharga yang telah dilalui bersama selama masa perkuliahan di Universitas Indonesia
- Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, MEng.Sc., selaku Ketua Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia, yang telah menanamkan semangat “continuous improvement” kepada kami semua.

- Ariandhini, S.T, M.T, selaku dosen pembimbing akademis atas perhatiannya selama masa perkuliahan di Teknik Industri Universitas Indonesia
- Seluruh dosen Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia atas bantuannya selama masa perkuliahan yang telah dijalani di Teknik Industri.
- Seluruh karyawan Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia atas bantuan dalam pengurusan dokumen dan penggunaan *software*.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karenanya, penulis sangat terbuka atas kritik maupun saran yang sangat diperlukan untuk menyempurnakan laporan akhir ini. Melalui laporan akhir ini, penulis sangat berharap bahwa laporan akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya. Terima Kasih.

Depok, 15 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Pramudya Rizfa Dharma

NPM : 0806337895

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**Perancangan Kabin Operator *Crane* Kendaraan Tempur Panser Tipe
Recovery yang Ergonomis Dalam *Virtual Environment***

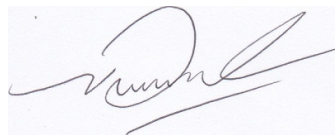
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2012

Yang Menyatakan



(Pramudya Rizfa Dharma)

ABSTRAK

Nama : Pramudya Rizfa Dharma
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Perancangan Kabin Operator *Crane* Kendaraan Tempur Panser Tipe Recovery yang Ergonomis Dalam *Virtual Environment*

Dalam mengoperasikan mesin derek (*crane*), tentara yang menjadi operator duduk dalam keadaan statis dan perlu tingkat konsentrasi tinggi. Hal tersebut dapat beresiko menyebabkan terjadinya WSDM. Penelitian ini mencoba untuk mempelajari postur duduk yang ditimbulkan oleh desain kursi penumpang dalam lingkungan virtual dengan menggunakan *software* simulasi ergonomi, Jack 6.1. Penyesuaian dilakukan pada tinggi kursi, kemiringan sandaran kursi, tinggi tuas panel, dan pergeseran kursi untuk mendapatkan konfigurasi kursi yang ideal bagi tentara. Postur duduk yang terbentuk dari seluruh konfigurasi yang diujikan dinilai dengan menggunakan metode *Posture Evaluation Index* (PEI). Hasil penelitian berupa usulan kursi yang ergonomis bagi tentara Indonesia.

Kata Kunci:

Ergonomi, Postur Duduk, Antropometri, Desain Ergonomi, *Virtual Environment*, *Posture Evaluation Index*, Tentara, kendaraan Tempur

ABSTRACT

Name : Pramudya Rizfa Dharma
Study Program : Industrial Engineering
Title : Ergonomic Design of Crane Operator's on Combat Vehicle
Recovery Type Using Virtual Environment

While being transported using Armoured Personnel Carrier Vehicles, soldiers are seated in is static posture and giving a risk of WMSD. This study attempts to analyze the sitting posture caused by a passenger seat design in the virtual environment, using an ergonomics software simulation, Jack 6.1. Adjustments have been made on the high of seat, back slope seat and distance of hand handle to obtain the ideal configuration for the soldiers. Sitting posture which is formed from all the tested configurations assessed using the method of Posture Evaluation Index (PEI). The purpose from this study is to design an ergonomic seat passenger models for Indonesian Soldiers.

Keywords:

Ergonomic, Sitting Posture, Anthropometry, Ergonomic Design, Virtual Environment, Posture Evaluation Index, Soldier, Combat Vehicle

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan	3
1.3 Rumusan Permasalahan	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	10
2.1 Ergonomi	10
2.2 Ergonomi dan Design Product	11
2.3 Comfort and Discomfort	13
2.4 Work-Related Muskuloskeletal Disorder (WMSD).....	14
2.5 Antropometri	16
2.5.1 Penggunaan Data Antropometri.....	18
2.6 Postur Duduk	21
2.7 Virtual Environment	23
2.7.1 Software Auto Cad.....	25
2.7.2 Software NX 6	25
2.7.3 Software Jack 6.1	25
2.8 Metode Posture Evaluation Index (PEI).....	29
2.8.1 Static Strength Prediction	33
2.8.2 Low Back Analysis(LBA)	34
2.8.3 Ovako Working Posture Analysis (OWAS).....	35
2.8.4 Rapid Upper limb Assessment (RULA)	39
2.9 Kursi.....	41
2.9.1 Aspek Antropometri Pada Desain Kursi	42
2.9.1.1 Ketinggian Dudukan Kursi.....	42

2.9.1.2	Kedalaman Dudukan Kursi	43
2.9.1.3	Lebar Dudukan Kursi	43
2.9.1.4	Dimensi Sandaran Punggung.....	44
2.9.1.5	Kemiringan Sandaran Punggung (α) dan Kemiringan Dudukan Kursi.....	43
2.9.2	Standar Kursi dalam Bidang Militer	44
2.9.3	Data Antropometri Struktural Posisi Duduk	46
2.10	Kendaraan Tempur	48
2.10.1	Jenis Kendaraan Tempur	48
BAB 3 PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA		54
3.1	Pengumpulan Data.....	54
3.1.1	Pengumpulan Data Tentara	54
3.1.2	Pengumpulan Data Kendaraan	56
3.1.3	Observasi Perilaku Operator.....	58
3.2	Pengolahan Data	59
3.2.1	Pembuatan Virtual Environment	60
3.2.2	Pembuatan Virtual Human Modeling	61
3.2.3	Pembuatan Postur Operator Crane.....	63
3.2.4	Menganalisis Kinerja Virtual Human Modeling	66
3.2.5	Perhitungan Nilai Posture Evaluation Index (PEI).....	72
3.3	Perancangan Konfigurasi Model	74
3.3.1	Perancangan Konfigurasi Kemiringan Kursi	74
3.3.2	Perancangan Konfigurasi Pergeseran Kursi.....	74
3.3.3	Perancangan Konfigurasi Tinggi Kursi.....	75
3.3.4	Perancangan Konfigurasi Tinggi Panel.....	75
BAB 4 ANALISIS.....		76
4.1	Analisis Desain Aktual Kabin Operator Crane Panser Tipe Recovery.....	76
4.1.1	Hasil Static Strength Prediction (SPP).....	77
4.1.2	Hasil Lower Back Analysis (LBA).....	80
4.1.3	Hasil Ovako Working Analysis System (OWAS).....	81
4.1.4	Hasil Rapid Upper Limb Assesment (RULA)	83
4.1.5	Rekapitulasi Perhitungan PEI Desain Aktual.....	85
4.2	Analisis Rancangan Konfigurasi	86
4.2.1	Analisis Rancangan Konfigurasi 2.....	87
4.2.2	Analisis Rancangan Konfigurasi 3.....	89
4.2.3	Analisis Rancangan Konfigurasi 4.....	91
4.2.4	Analisis Rancangan Konfigurasi 5.....	94
4.2.5	Analisis Rancangan Konfigurasi 6.....	96

4.2.6 Analisis Rancangan Konfigurasi 7.....	00
4.2.7 Analisis Rancangan Konfigurasi 8.....	101
4.2.8 Analisis Rancangan Konfigurasi 9.....	104
4.3 Analisis Perbandingan	107
4.3.1 Analisis Perbandingan Rekapitulasi Nilai PEI Seluruh Konfigurasi	107
BAB 5 KESIMPULAN.....	112
5.1 Kesimpulan.....	112
5.2 Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA	114



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian	7
Gambar 2.1 Model Konseptual WMSD.....	15
Gambar 2.2 Data Antropometri Struktural.....	17
Gambar 2.3 Data Antropometri Fungsional.....	16
Gambar 2.4 Efek Posisi Duduk Terhadap Pelvis	22
Gambar 2.5 ..Bagian Lumbar Vertebrata (kiri) Deformasi Pada Diskus Invertebralis (kanan).....	23
Gambar 2.6 Lingkungan (Environment) pada Software Jack.....	27
Gambar 2.7 Model Manusia Jack 6.0 pada Persentil 95%, 50% dan 5%.....	28
Gambar 2.8 Diagram Alir Metode PEI	30
Gambar 2.9 Model Biomekanika untuk Memprediksi Beban dan Gaya pada Persendian.....	35
Gambar 2.10 Model Kode OWAS.....	37
Gambar 2.11 Klasifikasi Postur Punggung dalam Metode OWAS ...	38
Gambar 2.12 Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Atas dalam Metode OWAS.....	38
Gambar 2.13 .Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Bawah dalam Metode OWAS.....	39
Gambar 2.14 Penampang Kursi.....	42
Gambar 2.15 Dimensi Kursi Operator Kendaraan Tempur	46
Gambar 2.16 Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia	48
Gambar 2.17 Kendaraan Tempur Tank.....	50

Gambar 2.18 Kendaraan Tempur Pengangkut Personil Lapis Baja...	50
Gambar 2.19 Panser Komando	51
Gambar 2.20 Panser Recovery	52
Gambar 2.21 Kendaraan Tempur Penghancur Tank.	52
Gambar 2.22 Kendaraan Tempur Artileri Gerak Sendiri dan Mariam Serbu	53
Gambar 3.1 Kabin Operator crane Panser Tipe recovery	57
Gambar 3.2 Postur Operator dalam mengoperasikan crane.....	58
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data	59
Gambar 3.4 Model Kabin Operator Panser Tipe Recovery.....	60
Gambar 3.5 Command unuk Pembuatan Model Mnausia Virtual	61
Gambar 3.6 Tampilan Modul Build Human	62
Gambar 3.7 Tampilan Modul Advance Scalling Build Human.....	62
Gambar 3.8 Tampilan Modul Loads and Weights	64
Gambar 3.9 Tampilan Modul Human Control	64
Gambar 3.10 Tampilan Modul Adjust Joint.....	65
Gambar 3.11 Hasil Pembuatan Model Duduk Pada Kabin Operator Crane.....	66
Gambar 3.12 Hasil Analisis SSP Keadaan Aktual Persentil 5.....	67
Gambar 3.13 Hasil Analisis SSP Kondisi Aktual Persentil 95	68
Gambar 3.14 Hasil Analisis LBA Kondisi Aktual Persentil 5.....	68
Gambar 3.15 Hasil Analisis LBA Kondisi Aktual Persentil 95.....	69
Gambar 3.16 Hasil Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 5	69
Gambar 3.17 Hasil Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 95	70

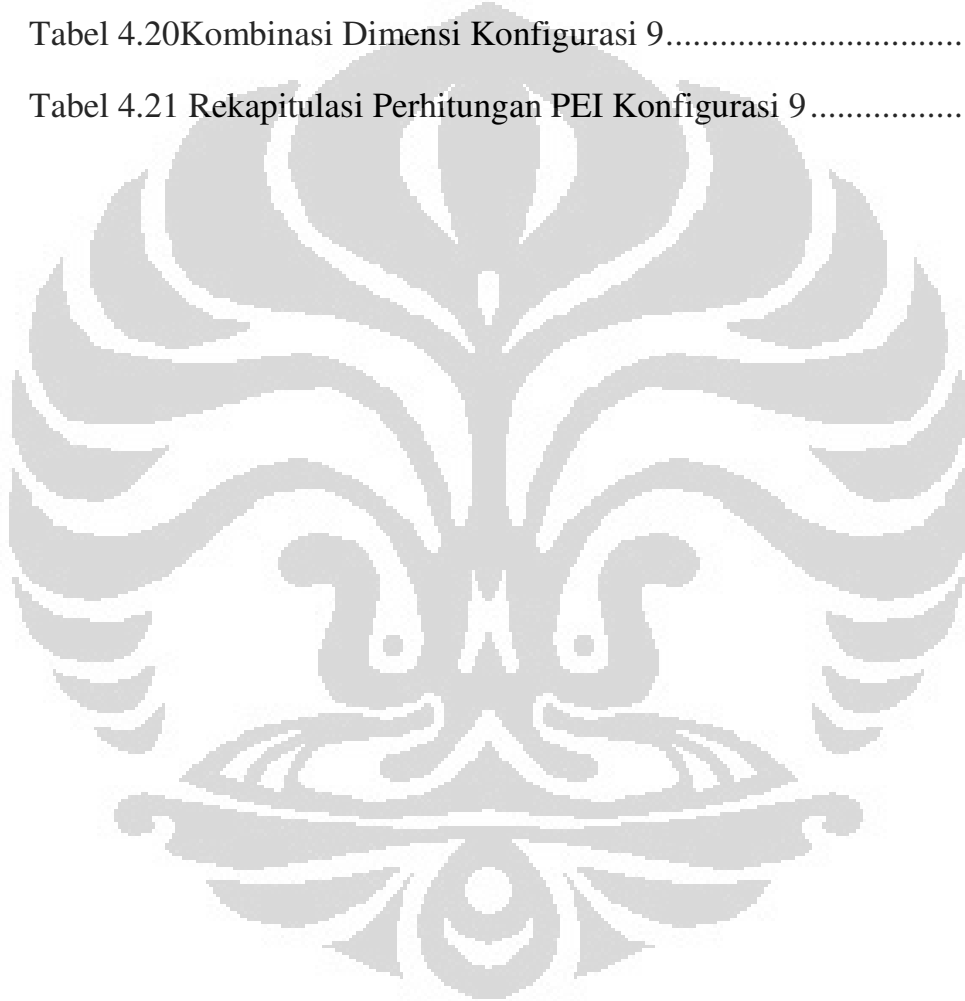
Gambar 3.18 Hasil Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 5.....	71
Gambar 3.19 Hasil Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 95.....	71
Gambar 3.20 Dimensi Konfigurasi Kabin yang Akan Dibuat	74
Gambar 4.1 Manekin Persentil 5 pada Desain Kabin Operator <i>Crane Aktual</i>	76
Gambar 4.2 Manekin Persentil 95 pada Desain Kabin Operator <i>Crane Aktual</i>	77
Gambar 4.3 Grafik SSP Konfigurasi 1 Persentil 5	78
Gambar 4.4 Grafik SSP Konfigurasi 1 Persentil 95	79
Gambar 4.5 Grafik LBA Konfigurasi 1 Persentil 5.....	80
Gambar 4.6 Grafik LBA Konfigurasi 1 Persentil 95.....	80
Gambar 4.7 Hasil Analisis OWAS Konfigurasi1 Persentil 5	83
Gambar 4.8 Hasil Analisis OWAS Konfigurasi1 Persentil 95	83
Gambar 4.9 Hasil Analisis RULA Konfigurasi1 Persentil 5	84
Gambar 4.10 Hasil Analisis RULA Konfigurasi1 Persentil 95	85
Gambar 4.11 Dimensi Konfigurasi 2.....	87
Gambar 4.12 Rancangan Konfigurasi 2 pada Persentil 5	88
Gambar 4.13 Rancangan Konfigurasi 2 pada Persentil 95	88
Gambar 4.14 Dimensi Konfigurasi 3	90
Gambar 4.15 Rancangan Konfigurasi 3 pada Persentil 5	90
Gambar 4.16 Rancangan Konfigurasi 3 pada Persentil 95	91
Gambar 4.17 Dimensi Konfigurasi 4.....	92
Gambar 4.18 Rancangan Konfigurasi 4 pada Persentil 5	93
Gambar 4.19 Rancangan Konfigurasi 4 pada Persentil 95	93

Gambar 4.20 Dimensi Konfigurasi 5	95
Gambar 4.21 Rancangan Konfigurasi 5 pada Persentil 5	95
Gambar 4.22 Rancangan Konfigurasi 5 pada Persentil 95	96
Gambar 4.23 Dimensi Konfigurasi 6	97
Gambar 4.24 Rancangan Konfigurasi 6 pada Persentil 5	98
Gambar 4.25 Rancangan Konfigurasi 6 pada Persentil 95	98
Gambar 4.26 Dimensi Konfigurasi 7	100
Gambar 4.27 Rancangan Konfigurasi 7 pada Persentil 5	100
Gambar 4.28 Rancangan Konfigurasi 7 pada Persentil 95	101
Gambar 4.29 Dimensi Konfigurasi 8	102
Gambar 4.30 Rancangan Konfigurasi 8 pada Persentil 5	103
Gambar 4.31 Rancangan Konfigurasi 8 pada Persentil 95	103
Gambar 4.32 Dimensi Konfigurasi 9	105
Gambar 4.33 Rancangan Konfigurasi 9 pada Persentil 5	105
Gambar 4.34 Rancangan Konfigurasi 9 pada Persentil 95	106
Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Nilai RULA Seluruh Konfigurasi	108
Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Nilai OWAS Seluruh Konfigurasi	109
Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Nilai LBA Seluruh Konfigurasi	110
Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Nilai PEI Seluruh Konfigurasi .	110

DAFTAR TABEL

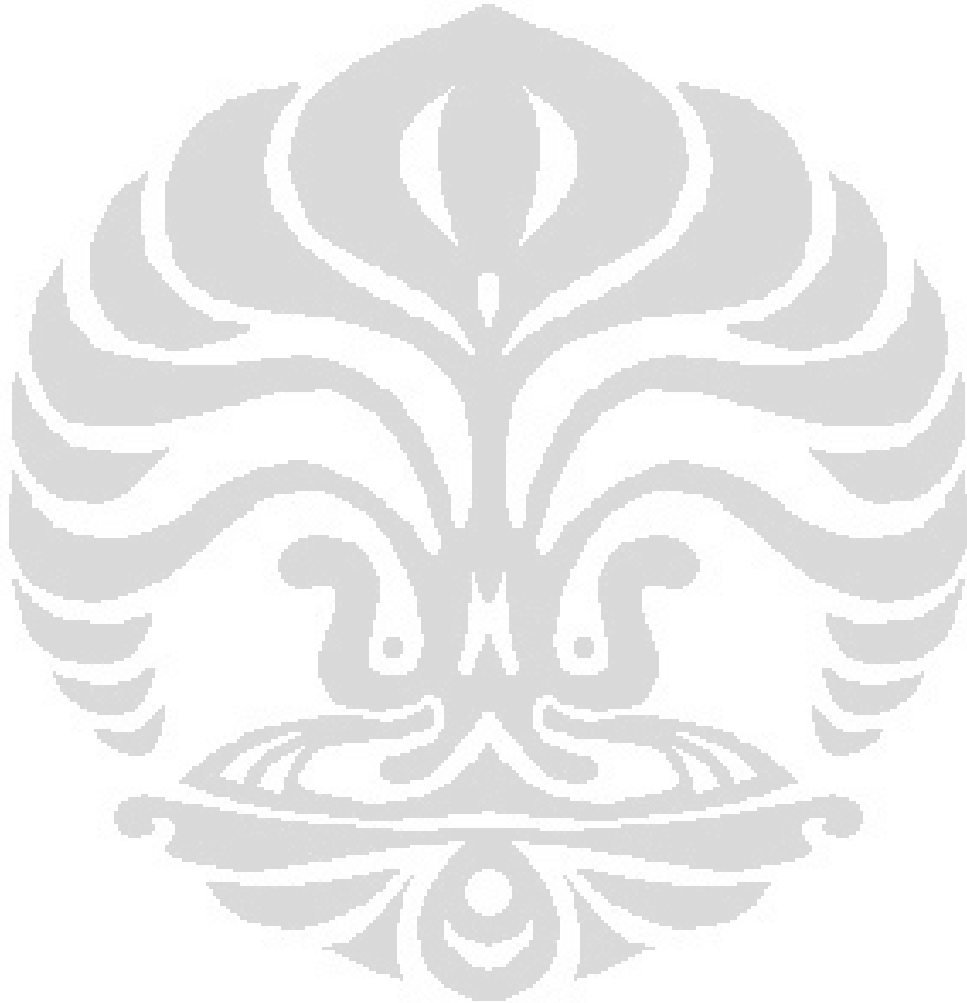
Tabel 2.1 Detail Usulan Berdasarkan Skor OWAS.....	40
Tabel 2.2 Determinansi Kenyamanan Kursi	41
Tabel 2.3 Spesifikasi ukuran dari komponen-komponen kursi dalam standard militer Amerika.....	47
Tabel 2.4 Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia.	48
Tabel 2.5 Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia (Lanjutan).....	49
Tabel 3.1 Data Antropometri Indonesia.....	56
Tabel 3.2 Konfigurasi Desain yang Akan Dibuat	73
Tabel 4.1 Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi 1 Persentil 5....	78
Tabel 4.2 Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi 1 Persentil 95..	79
Tabel 4.3 Deskripsi Kode OWAS.....	82
Tabel 4.4 Kategori Tingkat Urgensi Perbaikan pada OWAS	82
Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 1	86
Tabel 4.6 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 2.....	87
Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 2.....	89
Tabel 4.8 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 3.....	89
Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 3.....	91
Tabel 4.10 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 4.....	92
Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 4.....	94
Tabel 4.12 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 5.....	94
Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 5.....	96
Tabel 4.14 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 6.....	97

Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 6.....	99
Tabel 4.16 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 7.....	99
Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 7.....	101
Tabel 4.18 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 8.....	102
Tabel 4.19 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 8.....	104
Tabel 4.20 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 9.....	104
Tabel 4.21 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 9.....	106



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Analisis Jack TAT



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Setiap negara memiliki sistem pertahanan untuk menjaga ketenteraman negaranya masing-masing untuk mempertahankan kedaulatan negara dari ancaman yang tidak diinginkan. Pertahanan negara disebut juga pertahanan nasional, yaitu segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah sebuah negara dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Pertahanan negara ini diwujudkan dengan dibuatnya instansi kemiliteran yang dibuat oleh setiap negara.

PT. Pindad merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam pembuatan produk-produk militer yang dimiliki oleh Indonesia. PT. Pindad saat ini telah mengembangkan produknya mulai dari amunisi senjata militer, senjata militer, hingga kendaraan khusus untuk militer.

Dalam pengembangan dan perancangan suatu produk, salah satu faktor yang paling penting adalah ergonomi. Ergonomi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang berkonsentrasi pada interaksi manusia dengan elemen-elemen lain dalam suatu sistem dan profesi yang menggunakan teori, prinsip-prinsip, data dan metode untuk mendesain sebuah perancangan yang bertujuan untuk mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan (Ergonomic Association, 2000). Lebih lanjut lagi ergonomi merupakan suatu ilmu yang berkontribusi pada desain dan evaluasi sebuah pekerjaan, tugas, produk, lingkungan dan system dalam rangka membuat hal-hal tersebut sesuai dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia.

McCormick (1993) dalam bukunya menggunakan istilah *human factors* untuk mengistilahkan ergonomi. Dia menjelaskan focus dari *human factors* adalah interaksi manusia dengan produk yang memiliki tujuan untuk meningkatkan keefektifan, keefisienan serta keselamatan kerja ditempat kerja maupun aktifitas

lain melalui pendekatan yang berhubungan dengan kapasitas manusia. Oleh sebab itu ergonomi merupakan salah satu factor terpenting dalam perancangan dan pembuatan suatu produk.

Ergonomi dalam desain telah diterapkan sejak perang dunia ke-2. Selama perang dunia ke-2 *human factor* merupakan bagian dari *man-machine system* yang menjadi pusat perhatian utama dalam usaha perang, khususnya dalam perancangan desain kendaraan khusus. Setelah perang dunia ke-2 berakhir, dunia menyadari bahwa partisipasi ergonomi sangatlah penting dalam proses desain khususnya di negara Amerika dan Eropa. Hal tersebut ditunjukkan dengan didirikannya *engineering psychology laboratories* yang memiliki fokus penelitian dalam bidang militer dan komersial.

Saat ini Indonesia telah berhasil mengembangkan berbagai kendaraan lapis baja buatan dalam negeri salah satunya adalah Panser tipe *recovery*. Panser tipe *recovery* merupakan pengembangan dari panser 6x6 yang telah ada sebelumnya. Panser ini merupakan kendaraan militer lapis baja yang digunakan untuk memperbaiki ataupun menderek tipe panser lainnya. Seperti yang kita ketahui sebelumnya, panser merupakan termasuk kendaraan yang sangat berat sehingga tidak sembarang mobil derek dapat menderek tipe panser lainnya. Dikarenakan didalam suatu medan perang dibutuhkan tingkat mobilitas yang tinggi maka dari itu dikembangkanlah varian panser tipe ini dalam membantu pembetulan tipe panser lainnya.

Keamanan dan kenyamanan pengguna merupakan faktor yang penting dalam desain kendaraan. Ternyata di PT. Pindad dalam proses pembuatan desain kendaraan berat tersebut penempatan manusia pada desain merupakan hal yang terakhir diperhatikan setelah bagian utama (seperti: mesin, rangka, mesin, dll) telah direncanakan. Hal ini tentu saja menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan kelainan pada tulang atau biasa disebut *muskuloskeleta disorder*. Kabin operator *crane* merupakan ruang pengendali utama mesin derek yang ada pada panser tipe *recovery*. Di dalam kabin operator *crane* kita harus mempertimbangkan posisi kursi operator, postur yang terjadi, dan posisi panel penggerak *crane*. Dalam analisis aspek ergonomi dari kursi operator pada panser

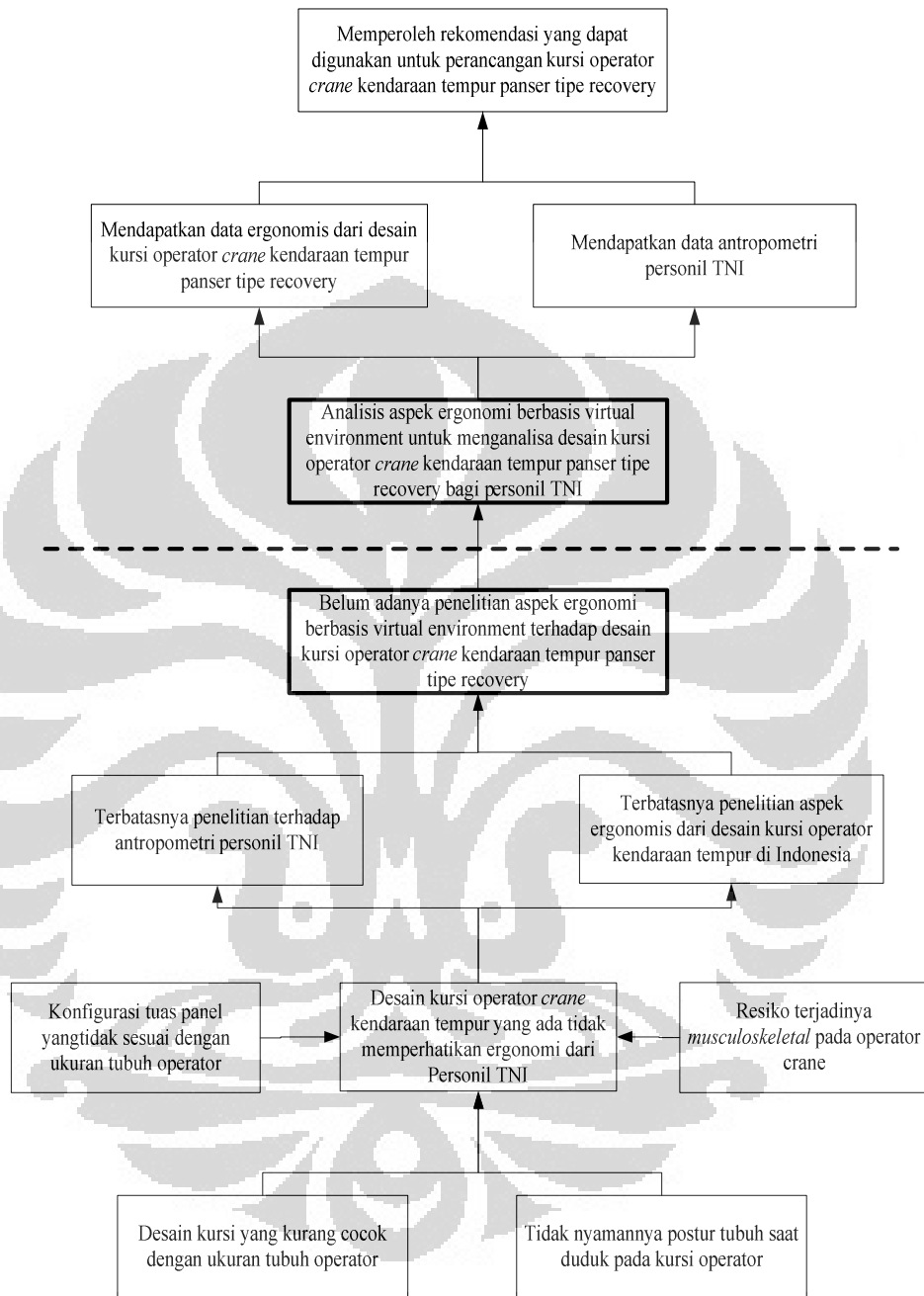
tipe *recovery* hal tersebut diatas menjadi pertimbangan dalam proses analisisnya. Penilaian aspek ergonomi dilakukan dengan menganalisis evaluasi postur saat seorang duduk menggunakan *posture evaluation index* (PEI). Metode ini dikembangkan oleh Francesco Caputo, Prof. , Giuseppe Di Gironimo, Ph.D. dan Adelaide Marzano, Ing. dari University of Naples Federico II, Italia dan bertujuan untuk mengkalkulasi tingkat kenyamanan postur manusia. Postur dalam bekerja saat duduk berkaitan dengan kenyamanan dan dapat menunjukkan apakah desain kabin operator *crane* sudah ergonomis atau belum.

Analisis ergonomi dari kursi operator *crane* panser tipe *recovery* ini akan dilakukan dengan bantuan software *digital human modeling and simulation* yaitu Jack 6.1. Software ini digunakan untuk memodelkan dan mensimulasikan interaksi manusia dengan alat kerja yang dipakai dalam sebuah *virtual environment*. Pada Jack 6.1 terdapat fitur untuk menganalisis postur keergonomisan yang bernama *Task Analysis Toolkit* dan *Occupant Packaging Toolkit*.

Penelitian ini diharapkan dapat mengevaluasi desain dari kursi operator *crane* panser tipe *recovery* agar dapat meningkatkan performa dari anggota militer yang bertugas sebagai operator.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Penjabaran masalah secara utuh secara interaksi antar sub-permasalahan berdasarkan latar belakang permasalahan digambarkan dalam diagram keterkaitan masalah berikut.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Masalah

Fokus permasalahan dalam penelitian ini adalah aspek ergonomi dari desain kursi operator *crane* kendaraan lapis baja panser tipe *recovery* beserta instrumen kontrol utama terhadap antropometri pengguna menggunakan virtual environment modeling dengan metode *Posture Evaluation Index*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi dan mendapatkan rekomendasi desain konfigurasi kursi dari operator *crane* kendaraan lapis baja tipe *recovery* yang ergonomis dan sesuai dengan spesifikasi kebutuhan militer.

1.5 Batasan Masalah

Penulis melakukan beberapa batasan masalah agar pelaksanaan dan hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan dari penelitian, berikut ini adalah batasan masalah dalam penelitian penulis:

1. Objek penelitian adalah kendaraan lapis baja panser tipe *recovery produksi* PT. Pindad
2. Pengukuran antropometri dilakukan melalui metode sampling terhadap tentara Batalyon Infantri Mekanis 201, sebagai validasi data antropometri Indonesia yang didapat dari jurnal
3. Penelitian dilakukan pada tentara pria dengan ukuran tubuh persentil 5 dan persentil 95
4. Pengambilan data postur duduk berdasarkan pengamatan dan wawancara langsung dengan subjek
5. Permodelan dan simulasi menggunakan *software* Jack 6.1
6. Hasil yang diperoleh dari penelitian berupa rekomendasi redesain kursi pengemudi beserta instrumen kendali utama dari kendaraan yang merupakan analisis dengan metode PEI dalam *virtual Environment*.

1.6 Metodologi Penelitian

Secara umum, tahapan-tahapan metodologi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

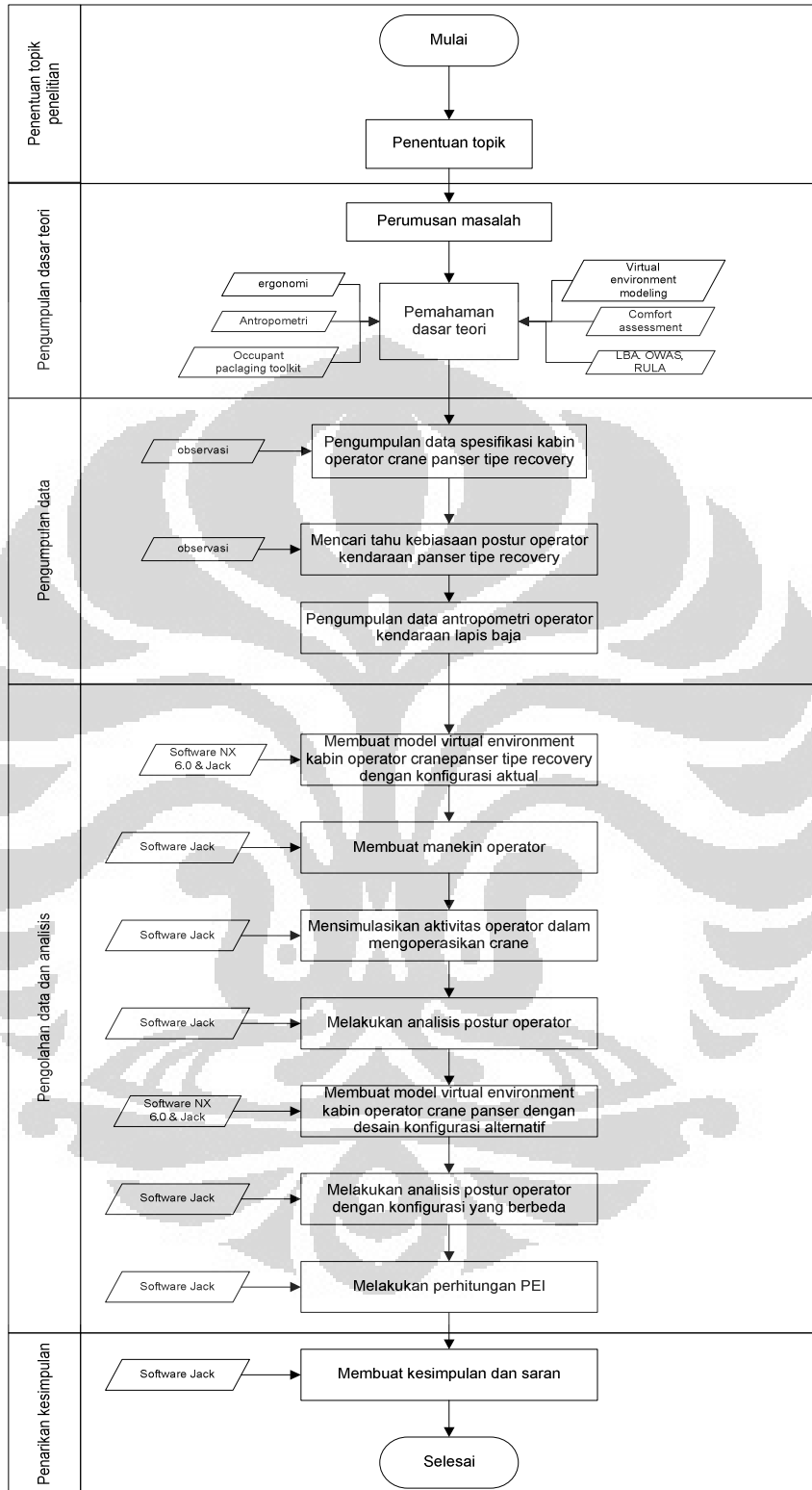
1. Pendahuluan

Topik utama dari penelitian ini adalah menganalisis aspek ergonomi dari desain dan vibrasi mesin kendaraan lapis baja melalui simulasi model manusia dalam *virtual Environment*.

2. Landasan Teori

Setelah menentukan topik penelitian, penulis mencari berbagai jurnal dan buku panduan untuk memahami dasar teori sesuai dengan topik penelitian yang telah ditentukan. Dasar-dasar teori yang mendukung penelitian ini antara lain

- Dasar-dasar perancangan penelitian
- Ergonomi
- Prinsip penelitian ergonomi dengan *virtual environment*
- Metode *posture evaluation index*
- Analisis ergonomi dengan LBA, OWAS, RULA



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. Persiapan Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan identifikasi variabel apa saja yang diperlukan dan bagaimana data yang akan dikumpulkan dengan melakukan observasi studi literatur.

4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengukuran spesifikasi standar kendaraan lapis baja yang digunakan, kemudian melakukan studi literatur terhadap pemetaan kondisi lintasan yang pernah dilakukan, serta mengumpulkan data antropometri prajurit TNI sebagai pengguna kendaraan.

5. Pengolahan Data dan Analisis

- Membuat kabin serta model kursi operator kendaraan lapis baja panser tipe *recovery* menggunakan *software* UGS Siemens NX 6.0
- Membuat manekin prajurit TNI sebagai pengendara sesuai data antropometri yang telah didapatkan
- Mensimulasikan postur dan aktifitas manusia dalam wujud manekin dengan menggunakan *software* Jack 6.1
- Melakukan analisis ergonomi desain kursi dengan bantuan *software* Jack 6.1
- Melakukan perhitungan PEI
- Menganalisis hasil perhitungan PEI

6. Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dibuat maka akan dapat disimpulkan konfigurasi desain kursi operator *crane* kendaraan lapis baja panser tipe *recovery* yang ergonomis dan sesuai dengan spesifikasi militer.

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan penelitian ini terbagi ke dalam lima bab, yaitu: pendahuluan, landasan teori, pengumpulan dan pengolahan data, analisis, dan kesimpulan.

Bab1 merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini. Hal tersebut diperjelas dengan menguraikan tujuan-tujuan yang ingin dicapai dari rumusan permasalahan yang ada, beserta ruang lingkup yang membatasi penelitian ini. Selain itu juga dijelaskan mengenai metodologi penelitian, dan sitematika penulisan dengan tujuan memberikan gambaran awal tentang langkah-langkah dalam proses penyusunan penelitian.

Bab 2 merupakan landasan teori yang menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian dalam skripsi ini, yaitu mengenai teori ergonomi, antropometri, resiko cedera muskuloskeletal, *posture evaluation index* (PEI), dan simulasi dengan menggunakan *virtual environment* dan *virtual human modeling* pada *software* Jack, serta teori-teorilain yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

Bab 3 menjelaskan tentang proses pengumpulan data teknis pengambilan data yang telah dilakukan dalam penelitian ini, beserta pengolahan data dengan menggunakan *software dan tools* tertentu. Jenis-jenis konfigurasi dan cara pembuatan model ruangan kelas dan posisi duduk mahasiswa dengan menggunakan model simulasi juga akan dijelaskan pada bab ini.

Bab 4 merupakan bab analisis yang membahas mengenai analisis dari perancangan model yang dibuat berdasarkan beberapa macam konfigurasi. Berdasarkan analisis yang dilakukan, berikutnya dibuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

Bab 5 berisi kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari penelitian ini. Selain itu pada bab ini juga akan diajukan rekomendasi desain sesuai kursi operator *crane* panser tipe *recovery* yang menjadi objek penelitian.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Pada Bab 2 ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian dalam skripsi ini, yaitu mengenai teori ergonomi, *comfort and discomfort*, risiko cedera muskuloskeletal, antropometri, *Postur Evaluation Index* (PEI), dan simulasi dengan menggunakan *virtual environment* dan *virtual human modelling* pada *software* Jack, serta teori-teori lain yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

2.1 Ergonomi

Ergonomi merupakan kata yang berasal dari bahasa Yunani. *Ergo* (kerja) dan *nomos* (hukum) merupakan definisi ergonomi yang pertama kali digunakan Wojciech Jastrzebowski dalam sebuah koran Polandia pada tahun 1987 (Karwowski, 1991). Ergonomi sering disangkut pautkan dengan human factors, namun beberapa literatur menyebutkan faktor manusia dan ergonomi sebagai sebuah satu kesatuan yang disebut human factors and ergonomics (HFE). Menurut Helander (1997), pengertian HFE terdiri dari beberapa poin, yang didefinisikan sebagai ilmu pengetahuan yang menggunakan informasi tentang kemampuan manusia dan keterbatasannya, serta memerhatikan lingkungan dan hambatan organisasi untuk mendesain sebuah sistem organisasi, pekerjaan, mesin peralatan atau produk yang aman, efisien dan nyaman untuk digunakan.

Menurut International Ergonomics Association (2000), ergonomi dapat didefinisikan sebagai disiplin ilmu yang menaruh perhatian kepada interaksi antara manusia dengan elemen – elemen lainnya dalam suatu sistem dan profesi yang menggunakan teori, prinsip – prinsip, data dan metode untuk mendesain sebuah perancangan yang bertujuan untuk mengoptimasikan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan. Lebih lanjut lagi, IEA menjelaskan ergonomi sebagai ilmu yang berkontribusi pada desain dan evaluasi sebuah pekerjaan, tugas, produk, lingkungan dan sistem dalam rangka membuat hal – hal tersebut sepadan dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia. Sedangkan McCormick (1993) dalam bukunya menggunakan istilah

human factors untuk mengistilahkan ergonomi, dan mengatakan ergonomi dapat didefinisikan berdasarkan hal-hal dibawah ini :

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

Dari beberapa penjelasan diatas dapat dilihat bahwa ergonomi adalah suatu ilmu yang membahas semua hal yang berkaitan dengan manusia dan interaksinya dengan pekerjaan serta lingkungannya yang bertujuan meningkatkan kenyamanan, kesehatan dan keselamatan manusia.

2.2 Ergonomi dan *Design Product*

Produk-produk yang dihasilkan oleh perusahaan, pada dasarnya merupakan perwujudan terhadap pemenuhan keinginan manusia (*customers needs*) sebagai konsumen. Keinginan konsumen tersebut dilahirkan dari keinginan manusia yang secara alamiah akan memunculkan keinginan dan harapan yang akan selaras dengan konsep ergonomi.

Dalam menciptakan suatu desain produk yang sesuai dengan keinginan konsumen, banyak kendala dan hambatan (*constrains*) yang dihadapi, seperti bervariasinya keinginan konsumen, belum tersedianya teknologi (kalaupun ada masih relatif mahal), persaingan yang ketat antar perusahaan, dan sebagainya. Terlepas dari kendala tersebut, seorang desainer harus menetapkan bahwa konsep

ergonomi harus dijadikan sebagai kerangka dasar dalam pengembangan desain produk sebagai kunci keberhasilan, sedangkan atribut dan karakteristik lainnya dapat mengikuti sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan yang ada.

Dalam aplikasi ergonomi, secara ideal dapat diterapkan “*to fit the job to the man*” dalam perancangan sistem kerja begitu juga dalam pengembangan desain produk (Bridger, 1995; Kroemer, 200; Pulat, 1992), sehingga desain produk yang dihasilkan diharapkan akan memenuhi keinginan konsumen dan diharapkan memiliki nilai tambah, dimana manfaat (*tangible & intangible benefits*) yang akan dirasakan konsumen memiliki totalitas manfaat yang lebih dibandingkan biaya pengorbanan yang harus dikeluarkan. Dengan demikian, desain produk tersebut telah memiliki *superior customer value* dibandingkan pesaingnya (Kotler & Armstrong, 2006). Keunggulan bersaing harus diciptakan sejak desain produk dan diwujudkan dengan produk jadi (*finished goods*) sebagai indikator performansi nyata (*tangible*) yang akan dilihat dan dirasakan oleh konsumen. Penilaian konsumen terhadap produk merupakan perwujudan tingkat performansi dari produk yang dihasilkan perusahaan (Kotler & Keller, 2006), apakah konsumen akan merasakan puas (*satisfied*)-jika performansi produk sesuai dengan harapan dari keinginan konsumen, atau tidak puas (*dissatisfied*)-jika performansi produk dibawah harapan dari keinginan konsumen, atau sangat puas (*delighted*)-jika performansi produk melebihi harapannya.

Konsep ergonomi harus juga dijadikan sebagai kerangka dasar dalam perancangan *control device* dari sebuah mesin sehingga diharapkan operator dapat mengoperasikan mesin tersebut secara benar dan dapat mengurangi kecelakaan kerja. Sebagaimana dijelaskan oleh Sanders & McCormick (1993) bahwa terdapat beberapa jenis *control device*, seperti *hand control*, *foot control* dan *data entry devices*.

Jenis *foot control* dapat mempengaruhi postur dari operator sehingga perancangan dari jenis ini harus didasarkan beberapa aspek, seperti lokasi engsel pedal, sudut telapak kaki dengan betis, dan peletakan pedal tersebut terhadap operator. Dengan demikian, diperlukan konsiderasi ergonomi pada desain produk

sehingga kegunaan dan pemakaian produk tersebut sudah sesuai dengan faktor manusia dari penggunaannya.

2.3 *Comfort and Discomfort*

Setiap orang menaruh perhatian besar terhadap *comfort* atau kenyamanan. Ketika membeli tempat tidur, mobil, bahkan ketika berkendara, kenyamanan memiliki peranan yang penting. Oleh karena itu, perusahaan manufaktur produk seperti kursi, kendaraan, dan peralatan tangan, mengedepankan kenyamanan dari produk mereka agar dapat bertahan dalam kompetisi. Kenyamanan dipengaruhi oleh banyak faktor dalam lingkungan. Hal tersebut berarti tidak mudah untuk melakukan desain produk, pemasaran, atau manajerial dengan fokus pada kenyamanan. Walaupun demikian, pengetahuan mengenai kenyamanan sangat dibutuhkan ketika mendesain interior pesawat terbang, melakukan pemasaran terhadap produk peralatan tangan, mengatur performa optimal dari pekerja, atau mencoba untuk mengukur ketidaknyamanan sebagai penyebab dari keluhan tulang belakang.

Mengurangi ketidaknyamanan adalah fokus dari perancangan suatu produk. Untuk menstimulasi performa yang optimal dari manusia, ketidaknyamanan harus dicegah. Kabin kendaraan harus didesain nyaman mungkin agar dapat mengakomodasi performa dari pengemudi. Penerapan yang sama terhadap lingkungan kerja dari pekerja perakitan dan sistem *software* dari kantor. Performa manusia yang optimal adalah hal yang sangat dibutuhkan untuk bersaing dengan kompetitor, dan dengan mengurangi ketidaknyamanan adalah upaya untuk mewujudkan hal tersebut.

Menurut P. Vink (2005) kenyamanan merupakan fenomena yang subjektif karena setiap orang memiliki pendapatnya masing-masing dalam mendeskripsikan kenyamanan yang dialaminya, namun ketidaknyamanan merupakan hal yang berkaitan dengan permasalahan *musculoskeletal* (Proper, 1999). Sebagai contoh, desain kursi yang tidak baik dapat menyebabkan postur yang membahayakan sehingga dapat mengakibatkan ketidaknyamanan bahkan gangguan pada tulang

belakang. Oleh sebab itu, mencegah ketidaknyamanan merupakan hal yang penting dalam mendesain suatu produk.

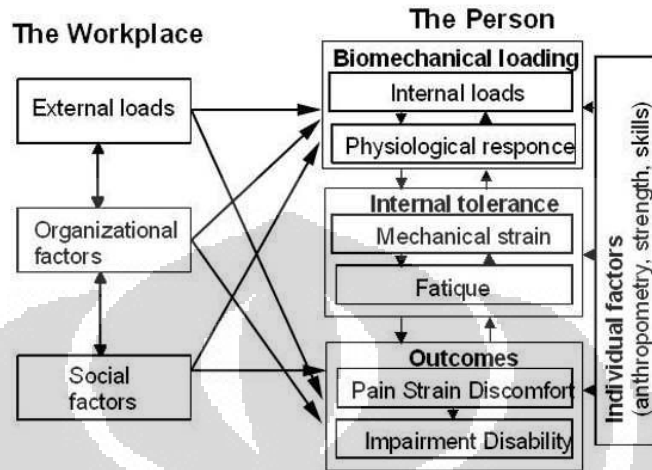
Ergonomi atau *human factors* merupakan disiplin ilmu yang menaruh perhatian terhadap interaksi manusia dengan elemen lain dari sistem, yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk perancangan dalam upaya mengoptimalkan keterbatasan manusia dan seluruh performa dari sistem. Dalam kenyataannya, ergonomi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana lingkungan harus disesuaikan dalam upaya mengoptimalkan performa manusia. Salah satu hasil dari ergonomi desain adalah kenyamanan atau mengurangi ketidaknyamanan. Berdasarkan hal tersebut, ergonomi adalah disiplin ilmu yang sangat krusial dalam mengoptimalkan lingkungan untuk menciptakan suatu kenyamanan (Vink, 2005).

2.4 Work-Related Muskuloskeletal Disorder (WMSD)

Work – Related Muskuloskeletal Disorder (WMSD), yang juga memiliki nama lain *Repetitive Motion Injury* (RMI) atau *Cumulative Trauma Disorder* (CTD), semakin dikenal di dalam dunia ergonomi selama 20 tahun terakhir. RMI pertama kali diperkenalkan pada tahun 1717 oleh Ramazzini di Italia. Ramazzini mendeskripsikan RMI yang dialami oleh juru tulis yang bekerja merupakan hasil dari gerakan tangan yang berulang – ulang, dengan postur tubuh yang terbatas dan tekanan mental yang berlebihan (Franco dan Fusetti, 2004).

RMI, WMSD, CTD merupakan tipe cedera yang disebabkan oleh gerakan yang berulang – ulang, dan menimbulkan efek kumulatif yang menyebabkan RMI dapat bertambah setelah beberapa periode waktu berjalan (Putz-Anderson, 2005). Menurut Helander (2003), penyebab WMSD terdiri dari tiga bagian besar, yaitu metode kerja yang tidak sesuai, waktu istirahat yang tidak cukup serta kondisi yang sedang terjadi saat ini memang sudah berada dalam kondisi mengalami cedera atau gangguan. Utamanya, penyebab terjadinya WMSD merupakan kombinasi dari metode kerja yang tidak sesuai sehingga menyebabkan postur kerja yang buruk dan berakibat pada penggunaan kekuatan otot secara berlebihan

dan dilakukan secara repetitif tanpa adanya waktu istirahat yang cukup untuk memulihkan kondisi fisik.



Gambar 2.1 Model Konseptual WMSD

Sumber: The Panel on musculoskeletal disorders and workplace, 2001

Lebih jauh lagi, faktor – faktor penyebab terjadinya WMSDs dapat dibagi menjadi tiga kelompok besar, yaitu faktor primer, sekunder dan kombinasi. Faktor primer penyebab terjadinya WMSD adalah sebagai berikut:

1. Peregangan otot yang berlebihan
2. Aktivitas berulang
3. Sikap kerja tidak alamiah.

Kemudian, faktor - Faktor sekunder penyebab terjadinya WMSDs adalah:

1. Tekanan, terjadinya tekanan langsung pada jaringan otot yang lunak.
2. Mikrolimat, paparan udara panas dan dingin yang tidak sesuai.
3. Getaran, dengan frekwensi tinggi menyebabkan kontraksi otot bertambah, yang menyebabkan peredaran darah tidak lancar dan penimbunan asam laktat dan akhirnya timbul rasa nyeri otot (Suma'mur, 1982)

Terakhir, faktor kombinasi penyebab terjadinya WMSD adalah sebagai berikut:

1. Umur, pada umumnya keluhan otot skeletal mulai dirasakan pada usia kerja, yaitu 25 – 60 tahun (Choffin, 1979)

2. Jenis kelamin, secara fisiologis kemampuan otot wanita lebih rendah daripada pria.
3. Kebiasaan merokok, semakin lama dan semakin tinggi frekwensi merokok, semakin tinggi pula tingkat keluhan otot yang dirasakan.
4. Kesegaran jasmani.
5. Kekuatan fisik
6. Ukuran tubuh (antropometri)

WMSD akan selalu muncul jika tidak dilakukan tindakan pencegahan yang baik. Untuk mengurangi peluang terjadinya WMSD, tindakan pencegahan yang dapat dilakukan diantaranya adalah memastikan kenyamanan benar – benar terasa pada stasiun kerja. Selain itu, diperlukan istirahat dan peregangan otot yang dilakukan secara berkala di sela – sela pekerjaan.

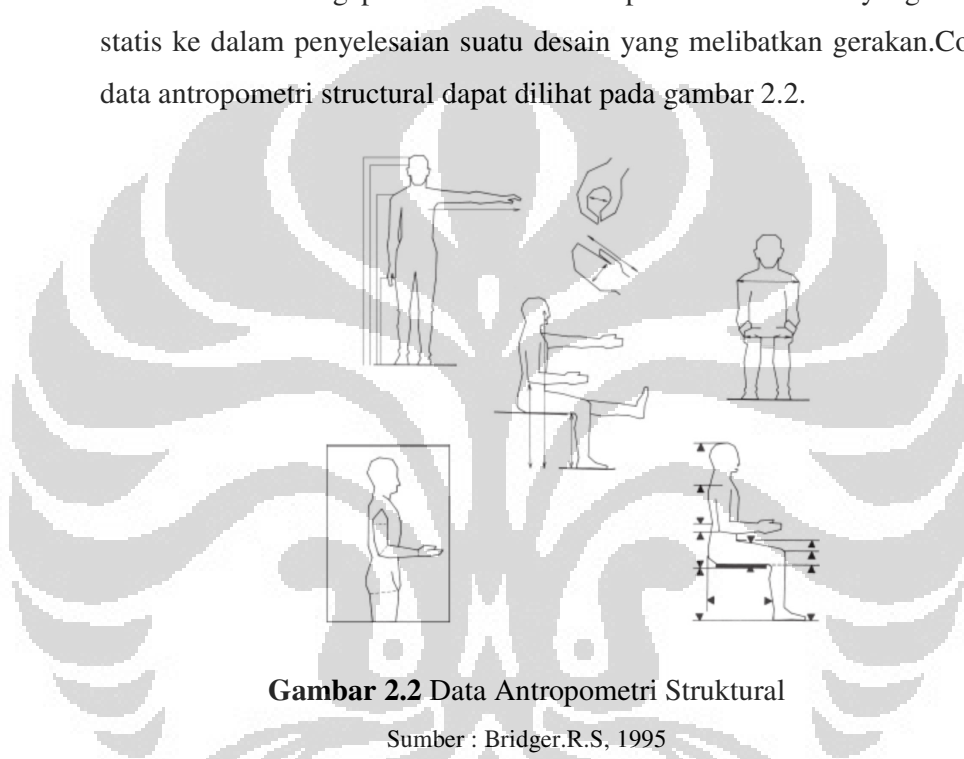
2.5 Antropometri

Antropometri, berasal dari tata bahasa Yunani “anthropos” yang berarti manusia dan “metron” yang berarti ukuran. Antropometri merupakan cabang ilmu pengetahuan manusia yang berhubungan dengan pengukuran tubuh, terutama pengukuran ukuran tubuh, bentuk tubuh, kekuatan, dan kapasitas kerja. Antropometri merupakan bagian dari ergonomi kognitif (yang berhubungan dengan proses informasi), ergonomi lingkungan, dan subdisiplin lainnya yang berhubungan secara paralel (Pheasant, 2003). Dalam merancang sebuah fasilitas kerja yang ergonomis, tentunya diperlukan pengetahuan mengenai manusia yang akan menggunakan hasil rancangan yang dibuat. Salah satu data yang dibutuhkan adalah data ukuran tubuh manusia. Data antropometri, menurut Bridger (1995), memiliki tiga tipe yaitu:

- **Data Antropometri Struktural**

Data antropometri structural merupakan data antropometri yang didapatkan melalui pengukuran ketika subjek yang diukur berada dalam posisi diam (statis). Pengukuran dimensi tubuh manusia pada data antropometri structural dilakukan dengan cara menghitung jarak dari suatu titik dalam anatomi tubuh manusia terhadap satu titik yang berada dalam permukaan

yang tetap. Pengukuran data antropometri structural dapat dilakukan ketika subjek berdiri maupun duduk, asalkan subjek berada dalam posisi yang statis yidak bergerak. Hasil rekapitulasi pengukuran ini berupa data antropometri yang diklasifikasikan dalam persentil tertentu. Lazimnya, persentil yang digunakan adalah persentil 5, persentil 50 dan persentil 95. Data antropometri structural memiliki beberapa kekurangan, salah satunya adalah ketika mengaplikasikan data antropometri structural yang bersifat statis ke dalam penyelesaian suatu desain yang melibatkan gerakan. Contoh data antropometri structural dapat dilihat pada gambar 2.2.

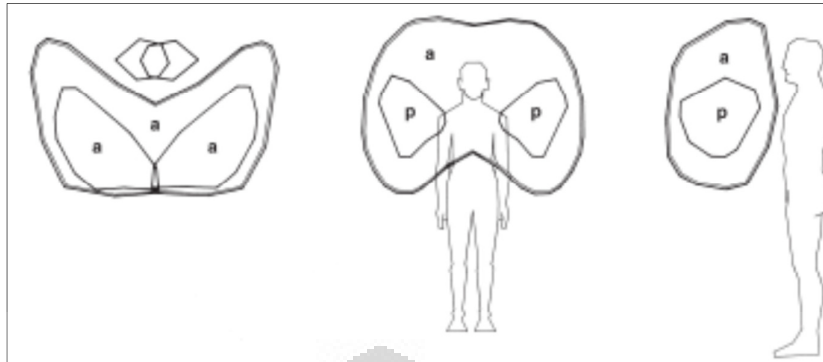


Gambar 2.2 Data Antropometri Struktural

Sumber : Bridger.R.S, 1995

- **Data Antropometri Fungsional**

Data antropometri fungsional dikumpulkan untuk menggambarkan gerakan bagian tubuh terhadap titik posisi yang tetap, seperti misalnya area jangkauan tangan. Daerah yang berada dalam jangkauan tangan disebut zona jangkauan maksimum, atau dalam hal ini menggunakan istilah “working envelopes”. Berbeda dengan data antropometri structural yang diukur dalam keadaan statis, data antropometri fungsional diukur ketika subjek yang diukur melakukan gerakan – gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus dilakukan. Contoh data antropometri fungsional dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Data Antropometri Fungsional

Sumber: Bridger.R.S, 1995

- Data Antropometri Newtonian

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

2.5.1 Penggunaan Data Antropometri

Sebuah stasiun kerja atau produk yang baik harus bisa mengakomodasi populasi pengguna yang terdiri dari besar ukuran tubuh yang berbeda – beda. Agar dapat memenuhi hal ini diperlukan penggunaan data antropometri secara tepat, pada produk yang tepat dan memberikan hasil akhir berupa produk atau stasiun kerja yang dengan tepat dapat mengakomodasi manusia dari berbagai macam ukuran. Lazimnya, data antropometri manusia diklasifikasikan ke dalam tiga ukuran besar, yaitu persentil 5, persentil 50 dan persentil 95. Persentil 5 mewakili sebagian kecil dari populasi, yaitu di dalam sebuah populasi hanya 5 persen saja yang memiliki ukuran tubuh berada di bawah nilai terendah. Persentil 50 adalah nilai tengah, dimana 50 persen dari populasi berada di atas median, dan sisanya berada di bawah median. Terakhir, persentil 95 mewakili sebagian besar

populasi, yaitu mengindikasikan bahwa 95 persen dari populasi memiliki ukuran tubuh dibawah batas nilai tertinggi.

Sebelum menentukan persentil manusia yang akan dijadikan standar dalam pembuatan suatu produk atau stasiun kerja, diperlukan analisa yang mendalam mengenai penggunaan data antropometri, apakah data yang digunakan sebagai dasar dari perancangan adalah data yang tepat untuk ukuran dimensi benda yang tepat pula. Jika tidak tepat akan terjadi ketidakcocokan ukuran, misalkan ukuran ketinggian kursi seharusnya digunakan data *popliteal height* dari wanita dengan persentil 5 namun data yang digunakan adalah data antropometri pria dengan persentil 50. Hal ini akan berakibat wanita dengan persentil 5 tidak cocok dengan desain yang dibuat, karena tidak dapat duduk dengan menapakkan kaki secara sempurna. Setelah dilakukan analisis, barulah dapat diputuskan data antropometri apa yang akan digunakan sebagai acuan desain. Berikut adalah prosedur dalam mengaplikasikan data antropometri terhadap suatu desain (Helander, 2003).

1. Membuat karakteristik data antropometri yang dibutuhkan dari suatu populasi.
2. Menentukan persentil – persentil yang berpotensi menggunakan hasil dari perancangan yang dibuat.
3. Mengkondisikan agar pengguna dengan ukuran kecil dapat mencapai (menentukan reach dimensions) dan pengguna dengan ukuran besar dapat berada dalam kondisi tepat ukuran (menentukan clearance dimensions).
4. Menentukan data antropometri yang memiliki korespondensi dengan ukuran – ukuran yang terdapat dalam rancangan desain.
5. Membuat benda "dummy" untuk mengevaluasi hasil perancangan sebelum dibuat benda yang sebenarnya.

Perlu diperhatikan, dalam perancangan terdapat tiga buah prinsip umum pengaplikasian data antropometri. Ketiga prinsip tersebut adalah sebagai berikut:

1. Desain untuk individu dengan ukuran ekstrim

Dalam beberapa kondisi, dimensi desain yang spesifik dapat menjadi faktor yang membatasi penggunaan suatu fasilitas oleh individu. Untuk mengatasi keterbatasan penggunaan oleh individu yang memiliki ukuran

tubuh yang ekstrim (terlalu besar ataupun terlalu kecil dibandingkan rata-rata), maka perlu digunakan nilai parameter maksimum dan minimum yang mampu mengakomodasi ukuran yang ekstrim tersebut.

Parameter pengukuran yang digunakan untuk dimensi maksimum adalah dengan menggunakan persentil 95 dari ukuran tubuh laki-laki, sedangkan parameter pengukuran untuk dimensi minimum menggunakan persentil 5 dari ukuran tubuh perempuan. Penggunaan kedua persentil ini dapat mengakomodasi keseluruhan populasi

2. Desain untuk jarak yang dapat diubah sesuai kebutuhan (*adjustable range*)
Beberapa peralatan seperti bangku mobil dan kursi kantor dapat didesain sedemikian rupa sehingga dapat disesuaikan pada individu yang menggunakannya. Desain untuk peralatan jenis ini menggunakan rentang ukuran persentil antara persentil 5 dari tubuh perempuan dan persentil 95 dari ukuran tubuh laki-laki. Desain dengan jarak yang dapat disesuaikan merupakan metode desain yang ideal, namun tidak selalu memungkinkan untuk menerapkan hal tersebut pada sebuah desain.
3. Desain untuk ukuran rata-rata
Seorang individu mungkin memiliki ukuran rata-rata pada beberapa ukuran dimensi tubuhnya, namun hampir mustahil untuk menentukan ukuran rata-rata manusia. Namun, seringkali ukuran rata-rata diambil untuk mengatasi kompleksitas dari ukuran antropometri. Suatu ukuran rata-rata dapat diterima apabila situasinya tidak meliputi pekerjaan yang bersifat kritis dan dilakukan setelah melalui pertimbangan yang hati-hati, serta bukan sebagai jalan keluar desain yang bersifat praktis.

2.6 Postur Duduk

Teori tentang postur duduk pertama kali dikeluarkan pada tahun 1884. Teori tersebut bernama "*hygienic sitting postures*". Staffel (1884) merekomendasikan postur duduk yang tegak pada bagian leher, punggung dan kepala, dengan kondisi *lordosis* yang normal pada bagian *lumbar* dan *cervic*, serta

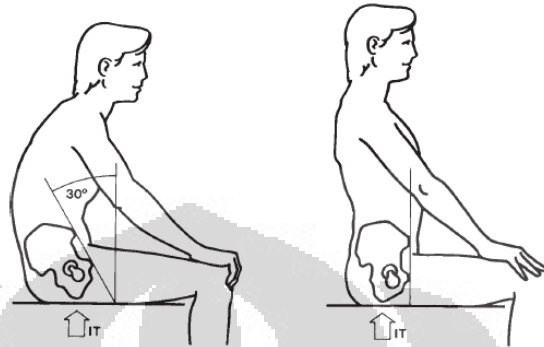
kondisi *kyphosis* yang ringan pada bagian *thoracic spine*, yang menyerupai postur tulang belakang pada saat berdiri tegak.

Selama satu abad, sudah menjadi kepercayaan banyak orang bahwa cara duduk dengan postur tegak lurus merupakan postur duduk yang terbaik. Memang tidak ada yang salah dengan postur duduk tegak dalam jangka waktu yang pendek, namun postur duduk tersebut akan menjadi masalah jika terjadi dalam waktu yang lama. Postur duduk tegak merupakan postur duduk yang statis, berlawanan dengan karakteristik tubuh manusia yang selalu berubah – ubah. Postur duduk tegak dalam waktu yang lama dapat menyebabkan ketidaknyamanan pada bagian tulang punggung, berisiko menekan bagian lunak dan rawan dari tulang punggung, reduksi metabolisme, defisiensi dalam sirkulasi darah, serta akumulasi dari cairan ekstraselular di kaki bagian bawah (Kroemer *et al.*, 2001)

Postur duduk sangat berkaitan dengan kondisi punggung manusia, terutama kondisi punggung bagian bawah, yang memiliki ruas L4 dan L5. Posisi duduk memang memiliki lebih banyak keunggulan jika dibandingkan dengan posisi berdiri dalam melakukan pekerjaan. Pekerjaan dalam posisi berdiri menyebabkan aliran darah yang bergerak dari bagian kaki menuju keatas harus melawan energi gravitasi, sehingga volume darah menuju bagian tubuh atas menjadi sedikit berkurang, dan volume darah di bagian bawah tubuh berada dalam jumlah yang lebih banyak. Hal ini menyebabkan adanya pembengkakan pada bagian kaki, khususnya pergelangan kaki (R.S. Bridger, 2003).

Namun, meskipun postur kerja dalam keadaan duduk memiliki keunggulan dibandingkan postur kerja berdiri, postur duduk yang lama dalam sehari, berisiko menyebabkan terjadinya *low back pain* (Hogendoorn *et al.*, 2000). Postur duduk yang baik seringkali dikaitkan dengan postur duduk tegak dengan derajat kemiringan antara batang tubuh dengan paha sebesar 90 derajat. Namun, postur duduk seperti ini berpeluang besar membuat tulang punggung merosot ke depan (Mandal, 1981,1991). Posisi merosot ini dikarenakan oleh beban statis yang diberikan oleh leher dan kepala kearah bawah. Posisi ini menyebabkan tingkat deformasi yang cukup tinggi dari diskus intervertebralis,

yaitu bantalan *fibrocartilage* yang bersifat rawan, yang menghubungkan antara ruas – ruas tulang belakang.



Gambar 2.4 Efek Posisi Duduk Terhadap Pelvis

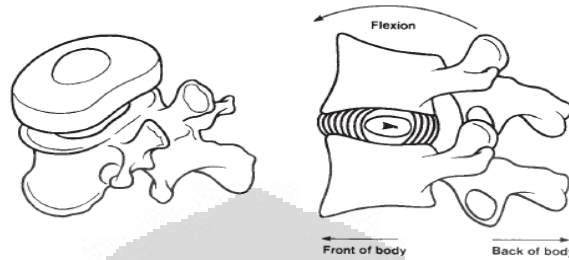
Sumber : Pheasant.S, 2003

Agar dapat meminimalisasi gangguan pada bagian ruas – ruas tulang belakang, kursi perlu dibuat sedemikian rupa sehingga membuat pemakainya berada dalam posisi netral tanpa menimbulkan beban yang berlebihan pada ruas – ruas tulang punggung, yang juga memungkinkan pengguna dapat mengadopsi posisi yang baik secara fisiologis dan nyaman. Keadaan seperti ini dapat dicapai dengan tiga cara, yaitu:

1. Posisi duduk setengah berbaring (jika pekerjaan mengharuskan atau cenderung dapat dilakukan dengan posisi seperti ini).
2. Tempat duduk yang tidak lebih rendah atau tidak lebih tinggi dari ketinggian dudukan kursi yang dibutuhkan.
3. Sandaran yang membentuk sudut tumpul ke permukaan kursi (berfungsi mengurangi flexi pada bagian pinggang) dan memiliki kontur yang menyerupai bentuk tulang belakang penggunanya.

Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Andersson (1974) dengan cara mengukur tekanan hidrostatis dari *nucleus pulposus* menggunakan jarum *mount – transducer*. Andersson mengemukakan bahwa besarnya tekanan intra-discal yang dihasilkan memiliki nilai yang kurang mencolok pada sudut kemiringan sandaran

tertentu, dan akan semakin lebih baik jika bentuk sandaran mengadopsi kontur tulang belakang manusia (lumbar).



Gambar 2.5 Bagian Lumbar Vertebrata (kiri) Deformasi Pada Diskus Invertebralis (kanan)

Sumber : Pheasant.S, 2003

2.7 Virtual Environment

Virtual environment (VE) adalah representasi dari sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer, yaitu suatu representasi yang memungkinkan penggunaanya untuk berinteraksi dengan lingkungan sintesis sesuai dengan keadaan lingkungan nyata (Kalawsky, 1993). Menurut Wilson *et al.* (1995), *Virtual environment* memiliki atribut sebagai berikut:

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

Simulasi lingkungan virtual yang baik harus dapat mewakili model manusia virtual dengan lingkungan baru yang diciptakan dalam lingkungan virtual. *Virtual human* adalah model biomekanis yang akurat dari sosok manusia. Model

ini, sepenuhnya meniru gerakan manusia sehingga memungkinkan bagi para peneliti untuk melakukan simulasi aliran proses kerja, dan melihat bagaimana beban kerja yang diterima model ketika melakukan suatu rangkaian pekerjaan tertentu. Manusia virtual harus dapat berinteraksi dengan objek, lingkungan, dan mendapatkan respon balik dari objek yang dimanipulasi. Manipulasi. (Wilson, 1999). Seiring perkembangan teknologi yang semakin maju, penggunaan virtual environment semakin bertambah. Virtual environment banyak digunakan untuk berbagai jenis keperluan, dalam berbagai bidang. Berikut adalah penggunaan VE di dalam bidang – bidang tertentu (Määttä, 2003):

- Arsitektur : mengevaluasi desain dari struktur baru.
- Pendidikan dan pelatihan : digunakan untuk keperluan pelatihan sumber daya manusia (contoh pada pilot dan pengendara.)
- Hiburan : membuat dan mengembangkan tampilan dalam pembuatan game, video dan film animasi.
- Kesehatan : perencanaan terapi radiasi dan simulasi bedah untuk keperluan pelatihan.
- Informasi: menyajikan set data yang rumit dalam bentuk yang mudah dimengerti.
- IPTEK: memodelkan dan mengkaji sebuah fenomena yang rumit di computer.
- *Telepresence* : pengembangan alat kontrol dari robot (*telerobot*).

Dalam bidang ergonomi VE lazim digunakan untuk membuat lingkungan kerja yang optimal sesuai dengan faktor – faktor yang dimiliki pekerja. Selain itu, VE juga digunakan untuk menganalisa dan meningkatkan kesehatan, performa dan keselamatan kerja.

- Penilaian ergonomis tempat kerja, pembagian tugas, seperti dalam perancangan untuk perakitan dan tata letak ruang kerja.
- Pelatihan teknisi pemeliharaan.
- Perbaikan perencanaan dan pengawasan operasi
- Pelatihan umum untuk industry.
- Diagnosa kesalahan (*error*) dan perbaikan yang dibutuhkan

2.7.1 *Software* Auto Cad

AutoCad merupakan *software* yang berfungsi untuk membuat suatu benda berdasarkan ukuran benda yang sebenarnya. *Software* AutoCad merupakan *software* yang sejenis dengan Catia, UGS NX6, ataupun 3D Max. *Software* AutoCad memungkinkan untuk membuat *prototype* dari sebuah benda dalam bentuk visual, baik 2 dimensi maupun 3 dimensi. Modul – modul yang ada dalam *software* ini telah distandarisasi dengan standar – standar ISO yang berlaku dalam dunia *engineering*.

2.7.2 *Software* NX 6

NX 6 merupakan *software* berbasis *computer aided design* yang digunakan sebagai *tools* untuk mendesain benda atau produk dan simulasi manufaktur. Sama dengan *software* Auto Cad memungkinkan untuk membuat *prototype* dari sebuah benda dalam bentuk visual, baik 2 dimensi maupun 3 dimensi. *Software* NX 6 merupakan *software* yang diciptakan oleh perusahaan yang sama dengan pembuat *software* Jack 6.1 sehingga memungkinkan *prototype* yang dibuat dengan menggunakan *software* NX 6 dapat diterjemahkan ke dalam format yang dapat dijalankan pada *software* Jack 6.1.

2.7.3 *Software* Jack 6.1

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

Jack, seperti telah dibahas sebelumnya merupakan *software* permodelan dalam bidang ergonomi. Oleh karena itu, *software* Jack memungkinkan penggunaanya untuk membuat model manusia virtual. Kemudian, model manusia virtual tersebut dibuat sedemikian rupa agar dapat memiliki postur dan rangkaian pekerjaan seperti dalam kondisi di dunia nyata. Dengan modul *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang berfungsi untuk menganalisa kondisi model manusia virtual dari sisi

ergonomi, dapat diketahui estimasi risiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi; kemudian TAT dapat memberikan intervensi untuk mengurangi risiko – risiko tersebut. Selain itu, modul TAT dapat menunjukkan batasan maksimal kemampuan pekerja dalam mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan ketika melakukan pekerjaan. Pada *Software Jack 6.1* terdapat 9 tools analisa ergonomi yang dapat digunakan, yaitu:

1. *low-back spinal force analysis tool*, untuk mengevaluasi gaya yang diterima oleh tulang belakang manusia pada postur dan kondisi tertentu
2. *static strength prediction tool*, untuk mengevaluasi persentase dari suatu populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan suatu pekerjaan berdasarkan postur tubuh, jumlah energi yang dibutuhkan dan antropometri
3. *NIOSH lifting analysis tool*, untuk mengevaluasi, berdasarkan standard NIOSH, pekerjaan-pekerjaan yang membuat seseorang harus mengangkat sesuatu
4. *predetermined time analysis tool*, untuk memprediksi waktu yang dibutuhkan seseorang ketika mengerjakan suatu pekerjaan berdasarkan metode *time measurement (MTM-1) system*
5. *Rapid Upper limb Assessment (RULA) tool*, untuk mengevaluasi kemungkinan pekerja mengalami kelainan pada tubuh bagian atas
6. *manual handling limits tool*, untuk mengevaluasi dan mendesain pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan secara manual seperti mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa dengan tujuan untuk mengurangi risiko penyakit tulang belakang
7. *working posture analysis (OWAS) tool*, menyajikan metode sederhana yang dapat memeriksa tingkat kenyamanan suatu operasi kerja
8. *metabolic energy expenditure tool*, memprediksi kebutuhan energy yang dibutuhkan seseorang untuk melaksanakan suatu pekerjaan berdasarkan karakteristik pekerja dan sub-pekerjaan dari sebuah pekerjaan

9. *fatigue and recovery time analysis tool*, memperkirakan kecukupan waktu pemulihan yang tersedia untuk suatu pekerjaan sehingga dapat menghindari kelelahan pekerja

Dalam menggunakan *software Jack*, agar menghasilkan hasil yang benar – benar dapat merepresentasikan keadaan di dunia nyata, pengerjaan model harus dilakukan secara berurutan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

1. Membangun sebuah *virtual environment*

Lingkungan kerja, termasuk semua peralatan yang digunakan dalam suatu rangkaian pekerjaan dimasukkan ke dalam *software Jack* untuk membentuk *virtual environment* yang menyerupai kondisi di dunia nyata. Proses ini dapat dilakukan dengan cara mengimpor file benda – benda kerja dengan format file *.dwg* ke dalam *software Jack 6.1*.

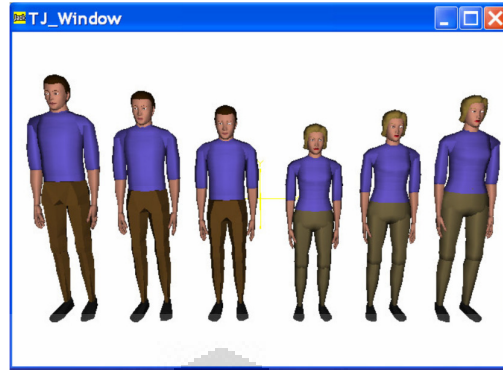


Gambar 2.6 Lingkungan (*Environment*) pada *Software Jack*

Sumber: Siemens PLM *Software Inc.*, 2008, hal.15

2. Menciptakan manusia *virtual*.

Proses pembuatan model manusia *virtual* dalam *software Jack 6.1* hanya diperlukan data antropometri tinggi badan saat berdiri dan berat badan saja. *Software Jack* akan dengan sendirinya membuat ukuran – ukuran tubuh lainnya yang kemudian menghasilkan model manusia yang proporsional sesuai dengan database antropometri yang dimiliki oleh *software Jack*.



Gambar 2.7 Model Manusia Jack 6.0 pada Persentil 95%, 50% dan 5%

Sumber: Siemens PLM *Software* Inc., 2008, hal.65

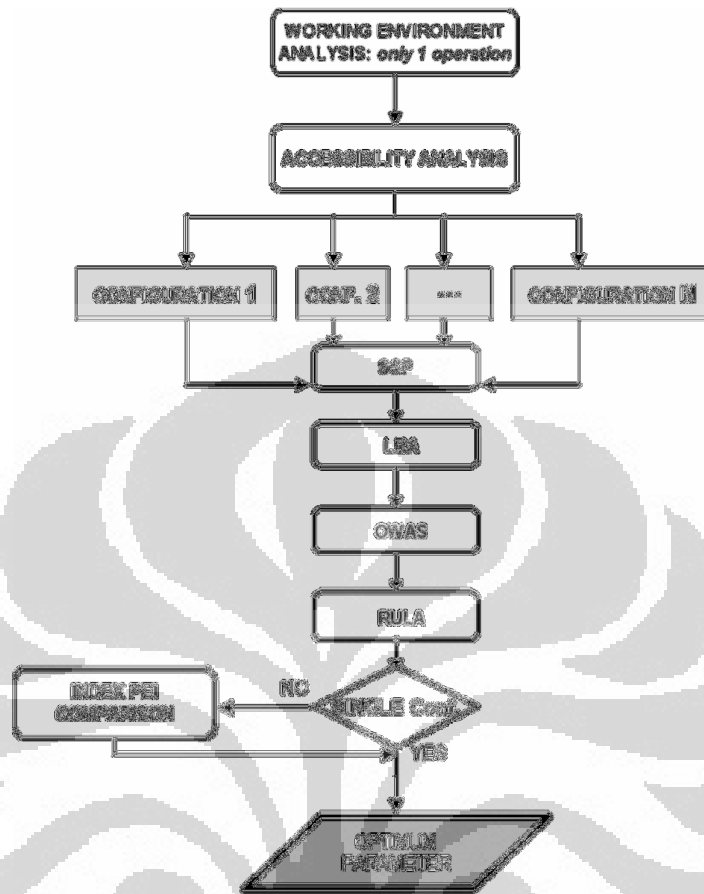
3. Memposisikan manusia *virtual* di dalam *virtual* environment tersebut.
Untuk memposisikan manusia *virtual* dalam *virtual* environment dapat dilakukan dengan mudah, karena *software* Jack dilengkapi dengan modul *move*, sesuai dengan garis kordinat awal (x,y) ataupun sesuai dengan garis sumbu kordinat tubuh. dengan modul *human control* beserta *adjust joint*, model manusia *virtual* dapat dikondisikan agar memiliki rupa postur yang menyerupai aslinya.
4. Memberikan tugas kepada manusia *virtual* tersebut.
Manusia tersebut dapat diberikan tugas dengan merubah posisi pada saat melakukan tugas sesuai dengan yang diinginkan. Dengan modul *animation*, model manusia *virtual* dapat melakukan serangkaian pekerjaan yang sistematis, dalam satuan waktu.
5. Menganalisa performa manusia *virtual* tersebut. Analisa performa dilakukan setelah model selesai dibuat, dan analisis dilakukan oleh modul TAT.

Penggunaan Jack sebagai *software* yang dapat menganalisis kondisi ergonomis dari suatu rangkaian dan lingkungan kerja, dapat membawa manfaat dan keuntungan, terutama bagi perusahaan atau pabrik yang menggunakan *software* ini. berikut adalah keuntungan yang dapat diberikan oleh *software* Jack.

- Mempersingkat waktu untuk mendesain suatu usulan lingkungan kerja
- Menekan biaya pengembangan produk
- Meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan.
- Meningkatkan produktivitas.
- Meningkatkan keamanan dan keselamatan kerja.
- Mengurangi risiko cedera yang mungkin terjadi pada pekerja

2.8 Metode Posture Evaluation Index (PEI)

Seperti telah dibahas sebelumnya, lingkungan kerja yang baik adalah lingkungan kerja yang dapat mengakomodasi kenyamanan dan keamanan operator yang memiliki ukuran tubuh beragam. Optimasi dapat dilakukan pada lingkungan kerja dengan cara meninjau lingkungan kerja pada saat operator melakukan kerja, atau melakukan simulasi pada virtual environment. Dengan berdasarkan kepada alat ukur penilaian *Task Analysis Toolkit* yang dimiliki *software Jack 6.1*, dikembangkanlah metode *Posture Evaluation Index* (Caputo, Di Gironimo, Marzano, 2006)



Gambar 2.8 Diagram Alir Metode PEI

Metode PEI merupakan metode yang mengintegrasikan antara skor penilaian *Lower Back Analysis*, dengan dua metode penilaian postur tubuh, yaitu OWAS dan RULA. Hasil integrasi antar ketiga metode tersebut memberikan suatu penilaian yang menyeluruh terhadap sebuah operasi kerja dalam suatu lingkungan kerja. Metode PEI digunakan untuk menetapkan optimasi terhadap suatu operasi dalam lingkungan kerja ditinjau dari sisi keilmuan ergonomi. Namun, secara umum PEI tidak dapat digunakan apabila terdapat lebih dari satu operasi pada area kerja yang ada. Gambar 2.11 menunjukkan diagram alir dari pendekatan yang menggunakan metode PEI.

Postur Evaluation Index (PEI) bertujuan untuk memberikan sebuah penilaian optimal diantara solusi perbaikan berupa kombinasi-kombinasi postur pada sebuah operasi di stasiun kerja. Dengan bantuan *software* Jack yang lebih

memudahkan dalam membuat kemungkinan model perbaikan yang akan dibuat, kondisi kerja aktual dapat dikomparasikan dengan model perbaikan yang akan dibuat tersebut, sehingga dapat diketahui risiko – risiko cedera apa saja yang dapat terjadi pada operator kerja. Secara garis besar, tahapan dalam membuat model evaluasi operasi kerja dengan metode PEI terdiri dari 7 fase.

1. Analisis lingkungan Kerja

Fase pertama terdiri dari analisis terhadap lingkungan kerja. Pada tahapan ini dilakukan tinjauan terhadap lingkungan kerja, termasuk gerakan – gerakan kerja yang terjadi selama pekerjaan berlangsung. Pada fase ini peneliti harus mencoba untuk memahami faktor-faktor yang akan berkontribusi terhadap kesimpulan yang akan diambil. Perlu dipikirkan pula alternatif – alternatif gerakan yang mungkin terjadi dalam rangkaian operasi kerja.

2. Analisis jangkauan dan aksesibilitas

Perancangan dari sebuah stasiun kerja selalu memerlukan studi pendahuluan untuk mengevaluasi aksesibilitas dari titik-titik kritis (*critical points*). Permasalahan yang muncul adalah apakah seluruh metode gerakan yang telah dirancang memungkinkan untuk dimasukkan ke sebuah operasi dan apakah semua titik kritis dapat dijangkau oleh pekerja agar dapat dipastikan bahwa titik kritis jangkauan benda-benda kerja dapat terjangkau oleh operator. Dari analisa lingkungan kerja, serta keterjangkauan dan aksesibilitas, konfigurasi yang akan dianalisa pada fase berikutnya dapat ditentukan. Jika jumlah konfigurasi yang dilaksanakan terlalu banyak, maka prosedur *Design of Experiment* (DOE) dapat diterapkan.

3. Analisis *Static Strength Prediction* (SSP)

Pada tahapan ini maka akan dinilai apakah pekerjaan yang dilakukan dapat dipertimbangkan dalam analisis selanjutnya. Pekerjaan tersebut dipertimbangkan untuk tahap analisis selanjutnya jika nilai skor SSP yang dikeluarkan *software* Jack minimal 90%. Pekerjaan yang memiliki skor SSP di bawah 90% tidak akan dianalisa lebih lanjut.

4. Penilaian *Low Back Analysis* (LBA)

Low Back Analysis (LBA) merupakan modul analisa untuk mengevaluasi beban yang diterima oleh ruas – ruas tulang punggung. Evaluasi dilakukan secara real time, seiring perubahan *flexion* yang terjadi pada ruas – ruas tulang punggung model manusia virtual yang diujikan. Nilai tekanan yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan batasan tekanan yang ada pada standard NIOSH yaitu sebesar 3400 N.

5. Penilaian *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS)

Dalam tahapan penilaian OWAS, tingkat kenyamanan pekerja ketika melakukan suatu pekerjaan dinilai dengan tingkat standar tingkat kenyamanan yang terdiri dari 4 tingkatan indeks kenyamanan. Metode ini juga memberikan rekomendasi apakah tindakan perbaikan dari postur kerja diperlukan atau tidak. Dalam metode PEI, indeks nilai tingkat kenyamanan yang dihasilkan akan dibandingkan dengan tingkat kenyamanan maksimum dalam metode OWAS, yaitu 4.

6. Penilaian *Rapid Upper limb Assessment* (RULA)

Pada Tahap ini akan dievaluasi kualitas postur tubuh bagian atas serta diidentifikasi risiko kerusakan atau gangguan pada tubuh bagian atas. Indeks RULA yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan indeks maksimum RULA yaitu 7.

7. Perhitungan skor PEI

PEI merupakan metode pengukuran postur yang merupakan hasil integrasi dari hasil penilaian menggunakan metode *Low Back Analysis*, OWAS, dan RULA yang dirangkum ke dalam tiga variabel adimensional I_1 , I_2 dan I_3 . Variabel I_1 menunjukkan evaluasi dari nilai LBA dibandingkan dengan nilai maksimal aman *compression strength* yang mengikuti standar NIOSH (3400 N). Variabel I_2 dan I_3 menunjukkan index OWAS yang dibagi dengan nilai kritisnya ("4") dan index RULA yang dibagi dengan nilai kritisnya ("7"). Berikut persamaan dari metode PEI:

$$PEI = I_1 + I_2 + m_r \cdot I_3 \quad (2.1)$$

dimana:

$$I_1 = LBA/3400 \text{ N}$$

$$I_2 = OWAS/4$$

$$I_3 = RULA/7$$

$$m_r = \text{amplification factor} = 1,42$$

Definisi PEI dan hasil penggunaan dari LBA, OWAS, dan RULA bergantung kepada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Prinsip faktor risiko untuk pekerjaan yang membutuhkan pengangkutan beban.
- Postur tubuh yang ekstrim

Variabel – variabel yang berkontribusi dalam menghasilkan nilai PEI, sangatlah bergantung dari postur yang memiliki beragam tingkat ketidaknyamanan. Semakin besar nilai variabel tersebut, semakin besar pengaruhnya untuk memperbesar nilai PEI. Hal ini mengindikasikan, semakin kecil nilai PEI, semakin kecil pula variabel – variabel yang menyusun nilai PEI, yang berarti semakin baik pula postur tubuh manusia ketika melakukan pekerjaan. Untuk menjamin kesesuaian kerja dengan standard keselamatan dan kesehatan, postur dengan nilai index I_1 melebihi atau sama dengan 1 dianggap tidak berlaku. Postur yang memiliki nilai tersebut memiliki *compression strength* pada ruas L4 dan L5 tulang belakang yang melebihi standar NIOSH yaitu 3400 N.

2.8.1 Static Strength Prediction

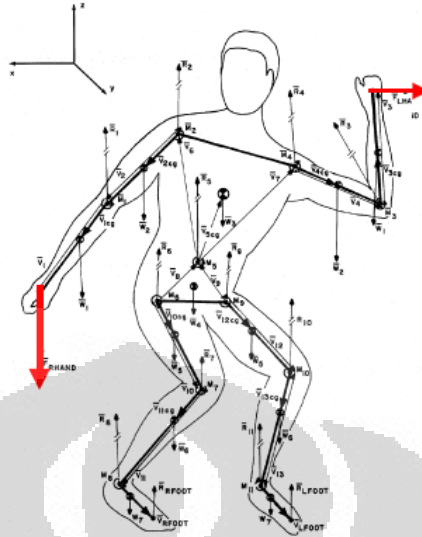
Static Stregth Prediction adalah metode analisis ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi kapabilitas sebuah populasi dalam mengerjakan suatu tugas. Analisis kapabilitas ini didasarkan pada kualitas postur tubuh manusia beserta tenaga yang dibutuhkan. Selain itu, data antropometri tubuh dari populasi juga dibutuhkan. Menurut Choffin *et al.* (2003), Prinsip dasar yang digunakan SSP adalah:

$$\frac{[\text{Each Joint Load Moment}]}{(\text{Predicted from model})} < \frac{[\text{Population Strength Moments}]}{(\text{Statistically defined norms})} \quad (2.2)$$

Metode SSP dibuat berdasarkan konsep biomekanika yang diaplikasikan dengan melihat sistem kerja muskuloskeletal yang memungkinkan tubuh untuk bergerak. Sendi tubuh manusia cenderung akan aktif, dimana keaktifan gerakan dari otot akan membuat tulang bergerak dan berotasi. Besar kecenderungan rotasi ini disebut momen rotasi pada 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.

Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, maka data tersebut diolah dengan mekanika Newton. Gaya yang didapatkan tubuh dari luar akan dikalikan dengan jarak antara titik tempat tubuh menerima gaya luar tersebut dengan persendian. Yang perlu diperhatikan dalam perhitungan ini adalah penentuan populasi sendi yang terkena dampak dari gaya luar tersebut. Gambar 2.12 adalah model biomekanikal manusia yang digunakan untuk menghitung gaya pada sendi ketika melakukan sebuah aktivitas. Metode SSP dapat digunakan untuk membantu:

- Menganalisis tugas dan kerja yang berkaitan dengan operasi *manual handling*.
- Memprediksi persentase pekerja pria dan wanita yang memiliki kemampuan statis untuk melaksanakan sebuah tugas.
- Memberikan informasi apakah kebutuhan dari postur kerja yang digunakan melebihi batasan dalam standar NIOSH atau batasan kemampuan yang ditentukan sendiri.



Gambar 2.9 Model Biomekanika untuk Memprediksi Beban dan Gaya pada Persendian

Sumber: Chaffin, Don B., G Lawton, & Louise G. Johnson, 2003

Di dalam fase perancangan, sebuah kegiatan yang memiliki nilai dibawah batas kapabilitas tidak dapat dilanjutkan ke fase analisis selanjutnya. Dengan informasi yang diberikan SSP, seorang perancang dapat mendesain sebuah kerja yang mampu dilaksanakan oleh sebanyak mungkin orang dalam suatu populasi.

2.8.2 Low Back Analysis(LBA)

Low Back Analysis (LBA) merupakan metode untuk mengevaluasi gaya-gaya yang bekerja di tulang belakang manusia pada kondisi beban dan postur tertentu (Siemens PLM Software, Op Cit, hal. 2 – 3). Metode LBA bertujuan untuk:

- Menentukan apabila posisi kerja yang ada telah sesuai dengan batasan beban yang ideal ataupun menyebabkan pekerja rentan terkena cedera pada tulang belakang.
- Memberikan informasi terjadinya peningkatan risiko cedera pada bagian tulang belakang manusia.

- Memperbaiki tata letak sebuah stasiun kerja beserta tugas-tugas yang akan dilakukan di dalamnya sehingga risiko cedera pada bagian tulang belakang pekerja dapat dikurangi.
- Memprioritaskan jenis-jenis kerja yang membutuhkan perhatian lebih untuk dilakukan perbaikan ergonomi di dalamnya.

Metode ini menggunakan sebuah model biomekanika kompleks dari tulang belakang manusia yang menggabungkan anatomi terbaru dan data-data fisiologis yang didapatkan dari literatur-literatur ilmiah yang ada. Selanjutnya, metode ini akan mengkalkulasi gaya tekan dan tegangan yang terjadi pada ruas lumbar 4 (L4) dan lumbar 5 (L5) dari tulang belakang manusia dan membandingkan gaya tersebut dengan batas nilai beban ideal yang dikeluarkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH).

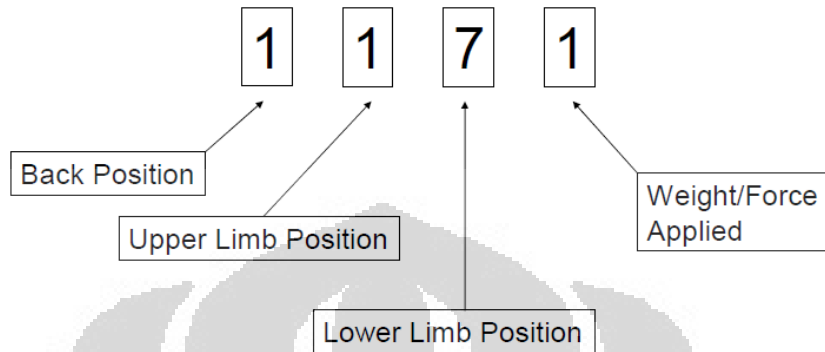
2.8.3 Ovako Working Posture Analysis (OWAS)

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

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

Metode ini menilai empat bagian tubuh yang dirangkum dalam 4 digit kode (Gambar 2.13). Angka pertama dalam kode untuk menjelaskan postur kerja bagian *back* (tulang punggung), digit kedua adalah bagian *upper limb*, digit ketiga

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

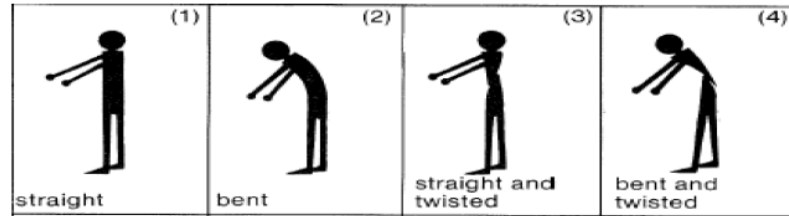


Gambar 2.10 Model Kode OWAS

Sumber : Raemy, *Ergonomics Assessments Methods*

1. Postur Bagian Punggung

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

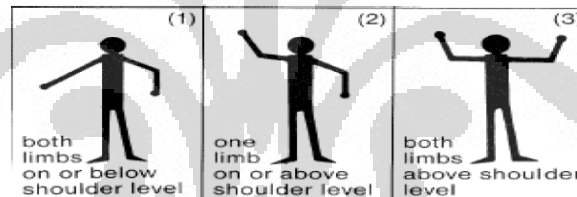


Gambar 2.11 Klasifikasi Postur Punggung dalam Metode OWAS

Sumber : Raemy, *Ergonomics Assessments Methods*

2. Posisi Tungkai Bagian Tubuh Atas

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



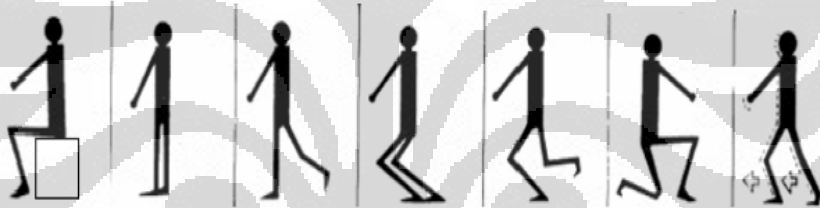
Gambar 2.12 Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Atas dalam Metode OWAS

Sumber : Raemy, *Ergonomics Assessments Methods*

Kemudian posisi kedua adalah posisi tangan dan lengan yang salah satunya (kanan atau kiri) berada di atas level ketinggian bahu. Dan yang terakhir adalah posisi yang memiliki nilai 3, dimana lengan dan tangan berada di atas level ketinggian bahu. Keterangan gambar mengenai posisi *upper limb* ini dapat dilihat pada gambar 2.15.

3. Posisi Tungkai Tubuh Bagian Bawah

Angka ketiga dari sistem 4 angka dari kode OWAS merupakan angka yang mendefinisikan posisi tungkai dari bagian tubuh bawah (kaki). Posisi kaki dalam metode OWAS diklasifikasikan ke dalam 7 jenis posisi, yang memiliki kode 1 hingga 7. Posisi pertama yaitu posisi kaki yang berada dalam kondisi duduk, dimana kaki (legs) berada di bawah level ketinggian dudukan kursi. Kemudian posisi kedua adalah posisi berdiri dengan dua kaki menapak sempurna di tanah. Ketiga, posisi berdiri dengan satu kaki terangkat. Keempat, posisi berdiri dengan kedua kaki tertekuk di bagian lutut dan pergelangan kaki. Kelima, posisi berdiri dengan satu kaki terangkat sekaligus tertekuk. Keenam, posisi berlutut, dan terakhir posisi tubuh yang sedang berjalan. Keterangan gambar mengenai posisi *lower limb* ini dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2.13 Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Bawah dalam Metode OWAS

Sumber : Raemy, *Ergonomics Assessments Methods*

4. Beban Ditanggung / Gaya yang Dikerjakan

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

Setelah mendapatkan nilai – nilai dari keempat parameter diatas, dilakukan perhitungan untuk menghasilkan skor akhir OWAS. Skor akhir ini memiliki range nilai dari 1 hingga 4, dengan keterangan dari masing – masing skor dapat dilihat dari tabel 2.

Tabel 2.1 Detail Usulan Berdasarkan Skor OWAS

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

Sumber: *Benchmarking of the Manual Handling Assessment Charts, 2002*

2.8.4 Rapid Upper limb Assessment (RULA)

Rapid *Upper limb* Assessment (RULA) adalah metode survey yang dikembangkan untuk melakukan investigasi tempat kerja serta memeriksa akan adanya pembebanan biomekanik dan postur. Menurut Mc Atamney dan Corlett (1993), RULA memfokuskan investigasi pada tubuh bagian atas. Metode RULA mengalami perkembangan seiring berjalannya waktu. Bahkan RULA telah dikembangkan untuk dapat diterapkan pada pengguna Komputer (Lueder, 1996). Gambar – gambar RULA dalam pengembangan tersebut dibuat berdasarkan gambar – gambar RULA yang dibuat oleh Dr. Lynn Mc Atamney dan Dr. Nigel Corlett. Hal ini membuktikan bahwa metode RULA dapat diadaptasikan untuk jenis – jenis pekerjaan yang ada. Untuk penilaian dan perhitungan grand score RULA digunakan metode penilaian yang dikembangkan oleh Profesor Alan Hedge (2001).

Penilaian RULA pada bagian tubuh manusia pada dasarnya dibagi menjadi 2 bagian besar. Bagian – bagian tersebut adalah kelompok A dan kelompok B. masing – masing kelompok memiliki anggota tubuh yang menjadi objek penilaian. Kelompok A terdiri dari bagian lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Sedangkan kelompok B terdiri dari bagian leher, punggung, dan kaki. Masing – masing anggota tubuh pada kedua kelompok tersebut akan mendapatkan skor berdasarkan postur tubuh yang terbentuk selama pekerjaan berlangsung. Kemudian dengan sistem penilaian standar RULA, skor masing – masing anggota tubuh tersebut dikombinasikan untuk mendapatkan nilai kelompok, dan kemudian menghasilkan nilai *grand score* RULA.

Untuk *grand score* RULA, nilai skor yang didapat berada dalam *range* 1 hingga 7. Jika mendapatkan skor final 1 atau 2, artinya postur kerja dianggap dapat diterima. Skor final 3 atau 4 berarti investigasi diperlukan. Skor final 5-6 berarti investigasi diperlukan dan sistem kerja segera dirubah. Skor final 7 berarti harus melakukan investigasi dan langsung dilakukan perubahan secepatnya.

2.9 Kursi

Pekerjaan manusia dilakukan dalam berbagai posisi. Ada pekerjaan yang mengharuskan manusia mengerjakannya dalam posisi duduk, juga ada yang harus dikerjakan dalam posisi berdiri. Postur kerja duduk membutuhkan kursi yang menunjang performa kerja manusia dan juga menyokong tubuh manusia agar menghasilkan postur kerja yang stabil, nyaman dalam jangka waktu tertentu, memuaskan secara fisiologis dan sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan.

Tabel 2.2 Determinansi Kenyamanan Kursi

Seat Characteristics	User Characteristics	Task Characteristic
Seat Dimensions	Body Dimensions	Duration
Seat Angles	Body Aches and <i>Pain</i>	Visual Demand
Seat Profile	Circulation	Physical Demands
Upholstery	States of Mind	Mental Demands

(Sumber : Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition, 2003)

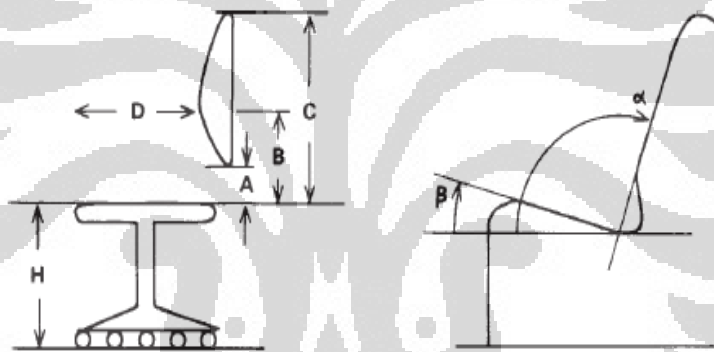
Pemakaian kursi dalam waktu yang lama akan menyebabkan ketidaknyamanan, untuk jenis kursi apapun. Namun, waktu yang dibutuhkan untuk merasakan ketidaknyamanan tersebut berbeda untuk setiap jenis kursi, individu dan jenis pekerjaan yang dikerjakan. Sehingga, parameter kenyamanan sebuah kursi bergantung kepada interaksi tiga buah elemen, yaitu karakteristik kursi, karakteristik individu pengguna dan karakteristik pekerjaan yang dilakukan.

Sebuah kursi yang mendukung kenyamanan penggunanya adalah kursi yang dibuat berdasarkan data antropometri manusia. Kebanyakan kursi dibuat untuk dapat memuat ukuran tubuh manusia dengan ukuran persentil 95. Namun,

sebuah kursi yang baik akan lebih optimal pemakaiannya jika dibuat berdasarkan kombinasi ukuran dari setiap jenis kelamin dan persentil yang ada.

2.9.1 Aspek Antropometri Pada Desain Kursi

Sebuah kursi memiliki fungsi untuk menyokong tubuh untuk melakukan kerja dalam postur duduk. Sebuah kursi juga harus dapat menunjang performa operator dalam mengerjakan pekerjaan dalam kondisi duduk. Oleh karena itu, sebuah kursi harus dapat memenuhi kebutuhan manusia yang bekerja di atasnya dalam hal kesehatan, keselamatan dan kenyamanan. Untuk bisa menunjang ketiga hal tersebut, sebuah kursi perlu didesain dengan berdasarkan kepada data antropometri manusia. Menurut Bridger (1995), sebuah kursi memiliki ukuran – ukuran penyusun sebagai berikut.



Gambar 2.14 Penampang Kursi

2.9.1.1 Ketinggian Dudukan Kursi

Ketinggian kursi sangat berpengaruh dalam tekanan yang dirasakan oleh individu, terutama pada bagian paha. Bagian ketinggian kursi ditentukan dari besarnya ketinggian dari dasar lantai hingga bagian popliteal dalam posisi duduk. Jika ketinggian kursi terlampau pendek, maka akan berpeluang lebih besar dalam menyebabkan terjadinya flexion pada bagian ruas – ruas batang tubuh, kesulitan dalam mengubah posisi duduk – berdiri karena adanya beban gravitasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan duduk dalam ketinggian yang optimal serta membutuhkan ruang yang lebih besar untuk bagian kaki, karena kaki akan lebih

cenderung memanjang ke arah depan seiring dengan berkurangnya ketinggian kursi. Bagian ketinggian kursi ini idealnya dibuat berdasarkan pada data antropometri wanita dengan persentil 5. Data yang digunakan adalah data ketinggian popliteal.

2.9.1.2 Kedalaman Dudukan Kursi

Bagian kedalaman kursi harus benar – benar diperhatikan ketika membuat sebuah kursi. Data yang ideal untuk bagian kursi ini adalah data antropometri bagian buttock – popliteal length dengan karakteristik wanita persentil 5. Hal ini dikarenakan jika kedalaman kursi terlalu pendek, akan menyebabkan ketidakmampuan punggung untuk bersandar pada sandaran kursi secara efektif. Namun, ukuran kedalaman kursi yang terlalu panjang juga dapat menyebabkan permasalahan terutama pada wanita dengan persentil 5. Kedalaman kursi yang terlalu panjang selain dapat menyebabkan punggung tidak dapat bersandar dengan efektif, namun juga dapat menyebabkan ketidakmampuan kaki untuk secara alami menjuntai kebawah, karena diakibatkan bagian sendi lutut tidak berada di ujung dari dudukan kursi tersebut.

2.9.1.3 Lebar Dudukan Kursi

Bagian lebar dudukan kursi dapat dibuat dengan menggunakan bermacam – macam data antropometri. Normalnya, data antropometri yang digunakan adalah data antropometri bagian hip breadth wanita dengan persentil 95. Hal ini disebabkan karena bagian pinggang – pinggul wanita memiliki ukuran yang umumnya lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran yang dimiliki pria dengan persentil 95. Namun dapat juga digunakan data antropometri bagian elbow – elbow length pria dengan persentil 95, karena jarak antara siku kanan dan kiri memiliki ukuran yang sedikit lebih besar dibandingkan dengan ukuran lebar pinggul.

2.9.1.4 Dimensi Sandaran Punggung

Sandaran kursi, atau sandaran punggung memiliki fungsi untuk menyokong berat dari batang tubuh manusia. Semakin tinggi sandaran, semakin efektif dalam menyokong berat dari batang tubuh. Menurut ukuran, ada tiga macam jenis sandaran punggung yang digunakan pada kursi. Ketiga jenis sandaran tersebut adalah; *low-level backrest*, *medium-level backrest* dan *high-level backrest*. Berikut adalah penjelasan mengenai ketiga tipe sandaran punggung.

- *Low-level backrest*

Sandaran punggung tipe yang pertama ini memberikan sokongan yang baik pada bagian lumbar dan *lower-thoracic*. Selain itu, sandaran tipe ini memberikan keleluasaan bahu untuk bergerak ke segala arah. Kelemahan dari sandaran ini adalah tidak adanya sokongan yang memadai untuk punggung bagian atas bila kursi didesain memiliki kemiringan sandaran diatas 110 derajat.

- *Medium-level backrest*

Berbeda dengan *low-level backrest*, *medium level backrest* memberikan sokongan yang baik sampai bagian punggung atas dan bahu. Untuk membuat sandaran yang mencakup semua jenis persentil, digunakan data antropometri pria dengan persentil 95. Data antropometri yang digunakan adalah data bagian *sitting acrominal*.

- *High-level backrest*.

Dari seluruh jenis sandaran yang ada, *high-level backrest* adalah sandaran yang memberikan sokongan secara menyeluruh hingga leher dan kepala. Untuk jenis ini dibutuhkan data antropometri *sitting height* pria dengan persentil 95.

2.9.1.5 Kemiringan Sandaran Punggung (α) dan Kemiringan Dudukan Kursi (β)

Bagian sandaran punggung tentu sangat berguna untuk digunakan dalam posisi beristirahat. Semakin besar derajat kemiringan yang dimiliki oleh sandaran punggung, maka semakin besar pula proporsi berat batang tubuh yang disokong.

Besar derajat kemiringan dapat memengaruhi dan berkontribusi terhadap munculnya gejala lordosis. Derajat kemiringan yang semakin besar selain menyebabkan kesulitan bagi individu untuk melakukan perpindahan postur dari berdiri ke duduk dan sebaliknya, juga menjadikan gaya tekan pada sumbu x atau horizontal menjadi lebih besar, yang akan menyebabkan bagian pantat akan cenderung bergerak ke arah depan, sehingga postur duduk tidak stabil. Hal ini dapat diminimalisasi dengan menambahkan kemiringan dudukan kursi (*seat tilt*) atau dengan membuat dudukan kursi dari bahan yang memiliki gaya gesek yang tinggi.

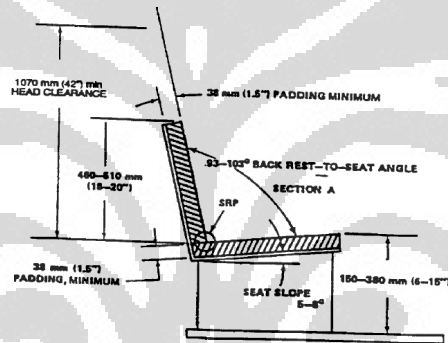
Menurut Grandjean (1973), kemiringan dudukan kursi yang direkomendasikan adalah sebesar 20 hingga 26 derajat, sedangkan untuk kemiringan sandaran yang direkomendasikan sebesar 105 hingga 110 derajat. Namun, besar kemiringan yang direkomendasikan oleh Grandjean tersebut menyebabkan kemiringan sandaran kursi menjadi 136 derajat, yang hanya cocok untuk beristirahat. Sedangkan menurut Le Carpentier (1969), kemiringan dudukan kursi 10 derajat dan kemiringan sandaran kursi 120 derajat merupakan ukuran kemiringan yang cocok untuk membaca. Namun, ia juga menemukan bila kemiringan lebih dari 110 derajat digunakan oleh orang lanjut usia akan lebih cenderung menimbulkan masalah. Oleh karena itu, kemiringan sandaran kursi yang baik untuk melakukan aktivitas adalah yang memiliki kemiringan diantara 100 hingga 110 derajat.

2.9.2 Standar Kursi dalam Bidang Militer

Department of Defense Design Criteria Standard adalah badan pertahanan Amerika yang membuat standard atau spesifikasi untuk peralatan-peralatan yang berkaitan dengan peralatan militer. Standard ini secara umum mengenai human engineering untuk desain dan pengembangan dari sistem, perlengkapan dan fasilitas militer. Standar ini dibuat untuk tujuan menerapkan teori serta disiplin dari human engineering dalam perancangan sistem, perlengkapan dan fasilitas militer, seperti.

- Mendapat standard kemampuan dari operator, kontrol dan perawatan personil
- Meminimalkan waktu pelatihan dari personil
- Mendapat standard dari peralatan personil
- Mendapat standard perancangan didalam dan seluruh sistem

Dalam standard tersebut terdapat bermacam-macam standard mengenai spesifikasi dari peralatan-peralatan militer. Salah satu standard yang dikeluarkan yaitu mengenai spesifikasi desain kursi untuk kendaraan tempur. Dalam standard tersebut terdapat dimensi-dimensi dari setiap bagian kursi yang telah disesuaikan untuk kendaraan militer.



Gambar 2.15 Dimensi Kursi Operator Kendaraan Tempur

Sumber : *Department Of Defense Design Criteria Standard*, Belvoir, 1999

Standard desain kursi pada kendaraan tempur harus memenuhi spesifikasi dari komponen-komponen dari kursi seperti kemiringan sandaran kemiringan dudukan, tinggi kursi serta komponen-komponen penunjang lainnya. Desain kursi kendaraan tempur harus dapat mengakomodasi ukuran tubuh personil tentara dalam persentil terbesar yaitu persentil 95.

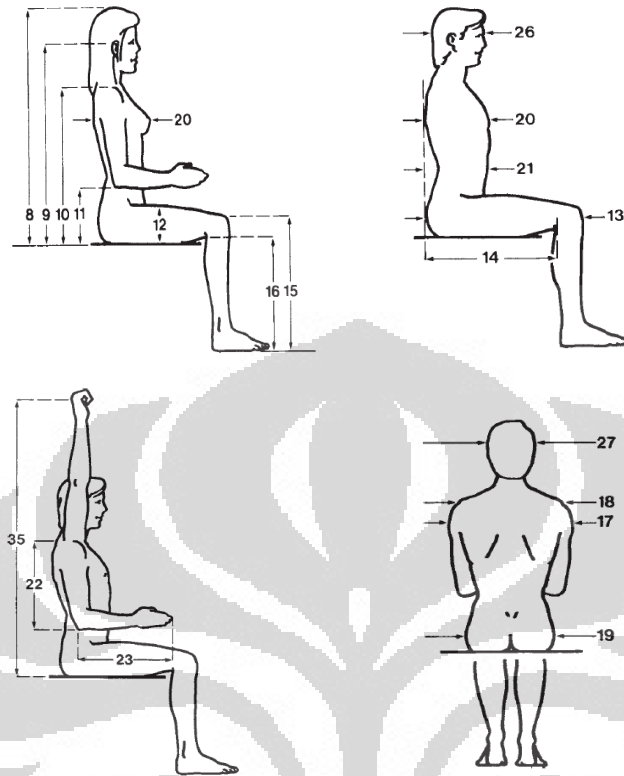
Tabel 2.3 Spesifikasi ukuran dari komponen-komponen kursi dalam standard militer Amerika

A. Elbow (dynamic)	91 cm (36 in)
B. Elbow (static)	71 cm (28 in)
C. Shoulder	58 cm (23 in)
D. Knee width (minimum)	46 cm (18 in)
E. Knee width (optimum)	61 cm (24 in)
F. Boot (provide adequate clearance to operate brake pedal without inadvertent acceleration operation)	15 cm (6 in)
G. Pedals (minimum)	5 cm (2 in)
H. Boot (provide adequate clearance to operate accelerator without interference by brake pedal)	15 cm (6 in)
1. Head (seat reference point (SRP) to roof line)	107 cm (42 in)
2. Abdominal (seat back to steering wheel)	41 cm (16 in)
3. Front of knee (seat back to manual controls on dash)	74 cm (29 in)
4. Seat depth (seat reference point to front edge of seat pan)	41 cm (16 in)
5. Thigh (under side of steering wheel to seat pan)	24 cm (9.5 in)
6. Seat pan height	38 cm (15 in)
7. Boot (front of seat pan to heel point of accelerator)	36 cm (14 in)
8. Minimum mitten clearance around steering wheel	8 cm (3 in)
9. Knee-leg-thigh (brake/clutch pedals to lower edge of steering wheel)	66 cm (26 in)

Sumber : *Departement Of Defense Design Criteria Standard, Belvoir, 1999*

2.9.3 Data Antropometri Struktural Posisi Duduk

Dalam pembuatan kursi diperlukan data antropometri manusia. Namun, data antropometri yang digunakan berbeda dengan data antropometri berdiri, dikarenakan pada saat kondisi manusia berada dalam posisi duduk, ada beberapa detail ukuran tubuh manusia yang berubah dikarenakan oleh mengembangnya bagian tubuh yang memiliki komposisi lemak lebih banyak, sehingga menyebabkan ukuran bagian tubuh akan menjadi lebih besar. Sebagai contoh bagian pinggul akan menjadi lebih besar ketika berada dalam posisi duduk. Oleh karena itu untuk mendapatkan data antropometri yang spesifik ketika duduk, pengukuran dilakukan dalam keadaan duduk, dengan dimensi – dimensi seperti yang tertera pada gambar 2.15 dengan keterangan ukuran pada tabel 2.3.



Gambar 2.16 Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia

Sumber : Pheasant.S, 2003

Tabel 2.4 Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia

No	Nomor Gambar	Keterangan Ukuran
1	8	<i>Sitting height</i>
2	9	<i>Sitting eye height</i>
3	10	<i>Sitting shoulder height</i>
4	11	<i>Sitting elbow height</i>
5	12	<i>Thigh thickness</i>
6	13	<i>Buttock-knee length</i>

Tabel 2.5 Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia (Lanjutan)

No	Nomor Gambar	Keterangan Ukuran
7	14	<i>Buttock-popliteal length</i>
8	15	<i>Knee height</i>
9	16	<i>Popliteal height</i>
10	17	<i>Shoulder breadth (bideltoid)</i>
11	18	<i>Shoulder breadth (biacromial)</i>
12	19	<i>Hip breadth</i>
13	20	<i>Chest (bust) depth</i>
14	21	<i>Abdominal depth</i>
15	22	<i>Shoulder-elbow length</i>
16	23	<i>Elbow-fingertip length</i>
17	26	<i>Head length</i>
18	27	<i>Head breadth</i>

Sumber : Pheasant.S, 2003

2.10 Kendaraan Tempur

Kendaraan tempur kanon merupakan pengembangan varian dari panser 6x6 yang telah ada sebelumnya. Terdapat beberapa jenis kendaraan tempur lapis baja yang merupakan pengembangan varian dari panser 6x6, diantaranya adalah:

2.10.1 Jenis Kendaraan Tempur

- Tank

Tank adalah kendaraan lapis baja, yang bergerak menggunakan ban berbentuk rantai. Ciri utama tank adalah pelindungnya yang biasanya adalah lapisan baja yang berat, senjatanya yang merupakan meriam besar, serta mobilitas yang tinggi untuk bergerak dengan lancar di segala medan. Meskipun tank adalah kendaraan yang mahal dan membutuhkan persediaan logistik yang banyak, tank adalah senjata paling tangguh dan serba-bisa pada medan perang modern, dikarenakan kemampuannya untuk menghancurkan target darat apapun, dan *shock value*-nya terhadap infanteri.



Gambar 2.17 Kendaraan Tempur Tank

- Pengangkut Personil Lapis Baja

Pengangkut personel lapis baja (bahasa Inggris: *Armoured personnel carrier* atau APC) adalah kendaraan tempur lapis baja ringan yang dibuat untuk mentransportasikan infanteri di medan perang. APC biasanya hanya dipersenjatai senapan mesin, tapi varian-variannya bisa saja dipersenjatai meriam, peluru kendali anti-tank, atau mortir. Kendaraan ini sebenarnya tidak dirancang untuk melakukan pertarungan langsung, melainkan untuk membawa tentara secara aman dilindungi dari senjata ringan dan pecahan-pecahan ledakan. APC bisa menggunakan roda biasa maupun roda rantai.



Gambar 2.18 Kendaraan Tempur Pengangkut Personil Lapis Baja

- Panser Komando

Panser komando memiliki sedikit perbedaan pada body bagian belakang bila dibandingkan dengan panser APC. Hal ini dikarenakan panser komando memiliki beberapa peralatan-peralatan penting didalamnya yang ukurannya tidaklah kecil. Seperti namanya, panser komando merupakan tempat memberikan komando kepada panser lainnya. Panser komando selalu berada di depan untuk selalu berada di depan untuk selalu memberitahukan situasi dan kondisi medan perang yang dilalui kesatuan infantri didalamnya.



Gambar 2.19 Panser Komando

- Panser *Recovery*

Panser *recovery* merupakan kendaraan militer lapis baja yang digunakan untuk memperbaiki ataupun menderek tipe panser lainnya. Seperti yang kita ketahui sebelumnya, panser merupakan termasuk kendaraan yang berat sehingga tidak sembarang mobil derek bisa menderek tipe panser lainnya. Dikarenakan didalam suatu meda perang dibutuhkan tingkat mobilitas yang tinggi maka dari itu dikembangkanlah varian panser tipe ini dalam membantu pembentulan tipe panser lainnya.



Gambar 2.20 Kendaraan Tempur Panser Komando

- Penghancur Tank

Meriam anti-tank gerak sendiri, disebut penghancur tank (bahasa Inggris: *Tank destroyer*), digunakan untuk memberikan dukungan melawan tank pada operasi bertahan atau mundur. Kendaraan ini bisa dipersenjatai meriam anti-tank atau peluru kendali anti-tank.

Penghancur tank ini tidak bisa menggantikan tank, karena penghancur tank tidak fleksibel seperti tank, karena antara lain kendaraan ini tidak memiliki perlindungan terhadap infanteri yang baik. Tetapi kendaraan ini lebih murah untuk diproduksi dan dirawat dibandingkan dengan tank.



Gambar 2.21 Kendaraan Tempur Penghancur Tank

- Artileri Gerak Sendiri dan Meriam Serbu

Artileri gerak sendiri adalah meriam artileri yang diberikan alat transportasi terintegrasi, yang bisa merupakan badan kendaraan lapis baja dengan roda rantai maupun roda biasa. Ini membuat artileri bisa berjalan dengan cepat, mengikuti kecepatan peperangan lapis baja, membuatnya bisa bergerak dan mencapai jarak jangkauan dengan cepat, serta menghindari serangan artileri balasan dan serangan senjata ringan.

Meriam serbu adalah artileri gerak sendiri yang fungsinya mendukung pasukan infanteri. Kendaraan ini biasanya dipersenjatai meriam otomatis yang bisa menembakkan peluru berdaya ledak tinggi, cocok untuk melawan tentara yang bersembunyi di parit atau pertahanan.



Gambar 2.22 Kendaraan Tempur Artileri Gerak Sendiri dan Meriam Serbu

BAB III

PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dibahas mengenai tahap-tahap pengumpulan data dan perancangan *virtual environment*. Data-data tersebut adalah spesifikasi kabin dari operator *crane* panser tipe *recovery*, data antropometri personel TNI sebagai penggunaanya. Seluruh data dan perancangan model akan ditampilkan pada bab ini.

3.1 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dibutuhkan data-data masukan untuk membangun *virtual environment* dan *virtual human modeling* dalam software Jack 6.1. Data masukan yang dibutuhkan tersebut didapatkan berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran secara langsung. Dalam pembuatan *virtual environment*, diperlukan data-data yang berhubungan dengan lingkungan tempat objek penelitian berlangsung, dalam hal ini lingkungan tempat penelitian mengenai postur duduk penumpang panser adalah kabin operator *crane* panser tipe *recovery*. Dalam kabin operator *crane* panser tipe *recovery*, dilihat hal-hal yang berinteraksi langsung dengan operator (tentara) yang sedang duduk dalam kendaraan panser. Objek yang berinteraksi langsung dengan penumpang (tentara) ketika berada dalam kendaraan adalah kursi operator dan . Oleh karena itu, untuk membuat sebuah *virtual environment* dibutuhkan data dimensi ruang kabin penumpang dan dimensi ukuran dari kursi operator bersama dengan tuas panel.

3.1.1 Pengumpulan Data Tentara

Untuk pengumpulan data tentara, haruslah mendapatkan data antropometri terlebih dahulu. Data antropometri yang diperlukan untuk dapat melakukan rekonstruksi model manusia dalam lingkungan *virtual*. Adapun antropometri yang diukur adalah antropometri dari tentara Indonesia. Ukuran-ukuran yang harus dimiliki untuk dijadikan antropometri adalah sebagai berikut:

- Tinggi badan
- Berat badan
- Tinggi lutu saat duduk dengan kaki tegak
- Jarak antara lantai sampai bagian bawah paha
- Panjang telapak kaki
- Jarak bokong ke lutut bagian depa
- Jarak bokong ke lutut bagian belakang
- Tinggi bahu dari bantalan duduk
- Tinggi mata dari bantalan duduk
- Tinggi ujung kepala dari bantalan duduk
- Jarak bahu ke siku tangan
- Jarak siku tangan ke ujung jari tangan
- Lebar bahu
- Lebar pelana (diukur setinggi pusar)
- Lebar bokong
- Lebar perut (diukur dari samping)

Data antropometri yang akan digunakan penelitian ini adalah antropometri orang Indonesia yang berasal dari jurnal *Anthropometry of The Singaporean and Indonesian Population* (Tay Kay Chuan, Markus Hartono, Naresh Kumar. 2010) Penulis menggunakan data antropometri dari jurnal ini karena data dari jurnal ini telah valid dan jurnal ini sudah bersifat interasional. Berikut adalah data antropometri dari orang Indonesia:

Tabel 3.1 Data Antropometri Indonesia

Anthropometric data for Indonesian males and females (all dimension)

Dimension	Male citizens			
	5th	50th	95th	SD
1. Stature	162	172	183	6.23
2. Eye height	151	160	172	6.3
3. Shoulder height	134	143	155	6.41
4. Elbow height	99	107	114	5.12
5. Hip height	83	95	105	6.76
6. Knuckle height	68	75	82	4.75
7. Fingertip height	58	64	71	4.82
8. Sitting height	80	89	96	5.24
9. Sitting eye height	69	76	84	4.58
10. Sitting shoulder height	52	59	67	6.27
11. Sitting elbow height	19	24	30	4.74
12. Thigh thickness	12	16	22	3.59
13. Buttock-knee length	48	56	64	4.89
14. Buttock-popliteal length	40	46	54	4.82
15. Knee height	46	54	62	5.21
16. Popliteal height	38	44	49	3.78
17. Shoulder breadth (bideltoid)	36	45	52	4.66
18. Shoulder breadth (biacromial)	31	37	43	3.61
19. Hip breadth	28	35	43	4.41
20. Chest (bust) depth	16	21	27	3.5
21. Abdominal depth	15	21	29	4.46
22. Shoulder-elbow length	NA	NA	NA	NA
23. Elbow-fingertip length	42	47	56	4.55
24. Upper limb length	68	76	84	6.39
25. Shoulder-grip length	56	65	73	6.29
26. Head length	17	20	24	2.21
27. Head breadth	15	18	22	2.06
28. Hand length	17	19	22	1.64
29. Hand breadth	7	9	11	1.09
30. Foot length	22	25	29	2.58
31. Foot breadth	8	10	12	3.96
32. Span	158	172	186	8.5
33. Elbow span	78	86	96	5.97
34. Vertical grip reach (standing)	192	206	221	10.54
35. Vertical grip reach (sitting)	112	122	136	7.9
36. Forward grip reach	64	73	81	5.89
37. Body weight (kg)	50	63	89.25	13.19

3.1.2 Pengumpulan Data Kendaraan

Kendaraan tempur yang menjadi objek penelitian adalah kendaraan tempur panser tipe *recovery*. Paanser tipe *recovery* ini digunakan untuk menderek kendaraan tempur lainnya jika kendaraan lain mengalami kerusakan. Berikut ini adalah detail spesifikasi kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* berdasarkan ukuran pada desain tersedia:

- Tinggi kabin : 263 cm
- Lebar kabin : 137 cm
- Jarak bantalan kursi ke lantai kabin : 28 cm
- Jarak bantalan kursi ke atap kabin : 109 cm
- Kemiringan sandaran kursi : 100 °

- Ukuran bantalan kursi : 34 cm x 28,5 cm
- Ukuran sandaran kursi : 41 cm x 28,5 cm
- Jarak panel ke lantai : 84 cm
- Tinggi tuas panel : 21 cm
- Tebal bantalan kursi : 5 cm

Spesifikasi diatas diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung menggunakan meteran dan alat pengukur sudut. Dari hasil pengukuran dan pengamatan dari kabin operator beserta perlengkapan dan instrumen kendali yang terdapat didalamnya, terlihat bahwa kabin pengemudi kendaraan tempur memiliki ruang yang terbatas. Berikut adalah penampakan dari kabin operator.



Gambar 3.2 Kabin Operator *crane* Panser Tipe *recovery*

Kursi dari operator panser ini memiliki ukuran relatif lebih kecil dibandingkan dengan kursi-kursi pada umumnya. Kursi operator sama sekali tidak dapat diubah posisi ketinggian maupun jarak kursi ke panel.

Hal yang membedakan kendaraan ini dengan kendaraan yang lain adalah kendaraan ini dirancang untuk dapat menjamin keamanan personil yang ada didalamnya dalam kondisi ekstrim yaitu pertempuran. Material yang dipakai pada kendaraan ini adalah dari pelat baja yang disusun miring untuk dapat menahan terjangan peluru. Hal ini membuat ruang bagian dalam kabin kendaraan ini tampak lebih kecil dari kendaraan lain. Selain itu terdapat jendela yang terbuat

dari kaca yang sangat kuat bertujuan untuk meminimalisir bahaya serangan peluru dan juga jendela ini berfungsi untuk operator melihat pergerakan dari *crane* yang sedang dioperasikan .

3.1.3 Observasi Perilaku Operator

Pengamatan terhadap perilaku operator saat mengoperasikan *crane* panser tipe *recovery* dilakukan untuk melihat kebiasaan serta postur kerja operator saat ketika berinteraksi dengan instrument yang terdapat dalam kabin operator kendaraan tempur. Hal ini penting karena hasil dari pengamatan digunakan untuk membantu rekonstruksi postur kerja manusia dalam model *virtua environment*. Dengan membuat postur *virtual human* sesuai dengan kondisi postur actual, dapat diperoleh hasil analisis dalam kabin operator terhadap postur kerja yang terbentuk. Gambar 3.1 menunjukkan postur pengemudi saat mengoperasikan *crane*.



Gambar 3.2 Postur Operator dalam mengoperasikan *crane*

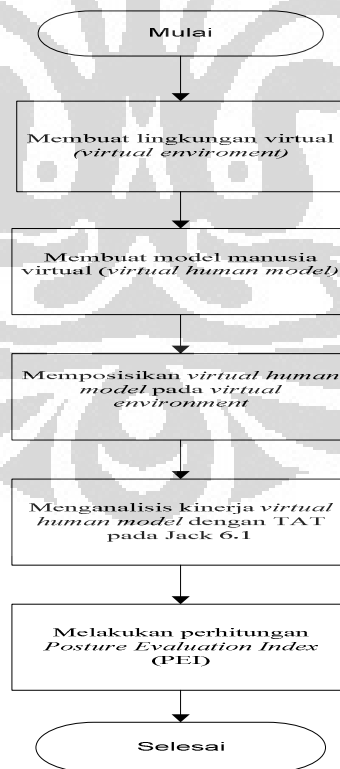
Dari observasi yang dilakukan, diperoleh beberapa kondisi postur operator dalam megoperasikan *crane*. Posisi tangan menggenggam tuas panel *crane* dibagian kengah ke atas. Posisi punggung operator condong mengarah kedepan yang akan membuat postur operator menjadi membungkuk dikarenakan letak sandaran kursi yang salah sehingga operator tidak dapat bersandar dengan semestinya. Posisi kepala cenderung maju kedepan sedemikian hingga bagian leher dan kepala relative agak lurus terhadap permukaan horizontal. Posisi kedua lutut menekuk menyentuh lantai kabin.

3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahapan selanjutnya yang dilakukan setelah data-data yang dibutuhkan terkumpul. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* NX6 dan Jack 6.1. Tahapan yang dilakukan dalam pembuatan model penelitian dengan menggunakan *software* Jack 6.1, yaitu:

1. Membuat lingkungan virtual (*virtual environment*)
2. Membuat model manusia virtual (*virtual human model*)
3. Memposisikan *virtual human model* pada *virtual environment* sesuai dengan postur yang telah ditentukan
4. Menganalisis kinerja *virtual human model* dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack 6.1
5. Melakukan perhitungan *Posture Evaluation Index* (PEI)

Berikut adalah diagram alir pengolahan data seperti yang dijelaskan pada poin-poin diatas:

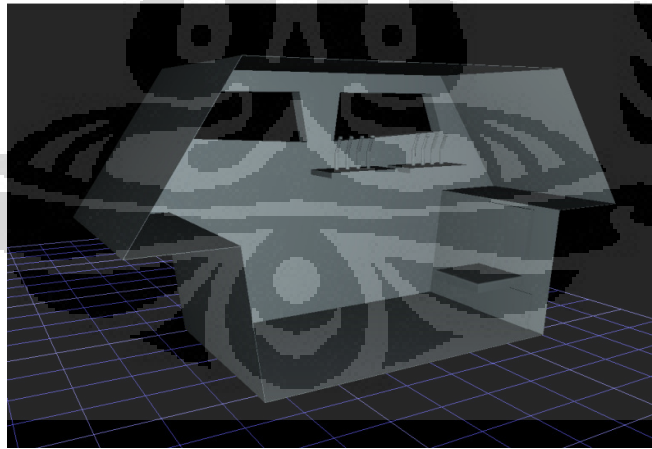


Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data

3.2.1 Pembuatan Virtual Environment

Tahapan awal dari pengolahan data adalah membuat lingkungan virtual (*virtual environment*). Pada tahapan membuat *virtual environment* terlebih dahulu membentuk model dari lingkungan kerja tersebut dengan menggunakan *software* NX6. Lingkungan kerja yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery*. Pembuatan model *virtual* kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* dikerjakan dalam *software* NX6 dengan ukuran dimensi sebenarnya yang telah diukur saat pengambilan data.

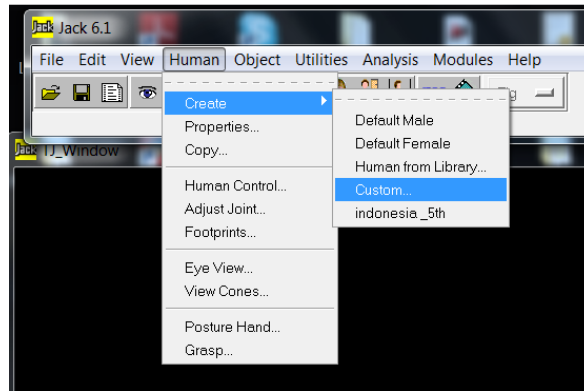
Setelah membuat model dalam *software* NX 6.0, model kabin pengemudi yang dihasilkan memiliki format standar yaitu (.prt). Kemudian model kabin operator yang dihasilkan dikonversi kedalam format (.igs) agar dapat diterjemahkan oleh *software* Jack 6.1. Setelah perubahan format, file langsung bisa diimport ke dalam *software* Jack 6.1 untuk kemudian digabungkan dengan model manusia virtual (*virtual human model*) untuk dilakukan langkah selanjutnya. Berikut adalah hasil pembuatan model kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* dengan menggunakan *software* NX 6.0 yang sudah diimport ke *software* Jack 6.1.



Gambar 3.4 Model Kabin Operator Panser Tipe *Recovery*

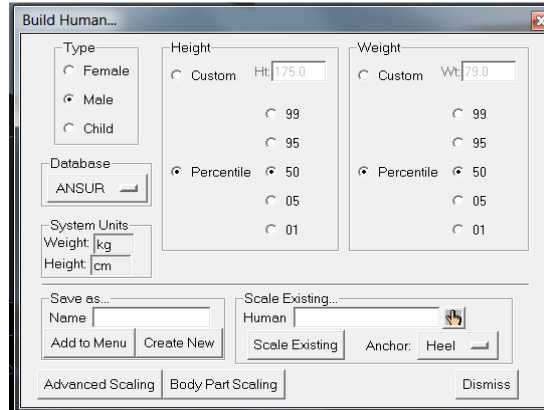
3.2.2 Pembuatan Virtual Human Modeling

Model manusia virtual dalam, penelitian ini adalah model personil TNI berdasarkan data dimensi-dimensi tubuh yang dibutuhkan yang telah didapat dari jurnal dengan menggunakan data antropometri orang Indonesia. Dari data-data dimensi-dimensi tubuh yang didapat tersebut kemudian dimasukkan kedalam fitur *Build Human* yang ada dalam *software* Jack 6.1.

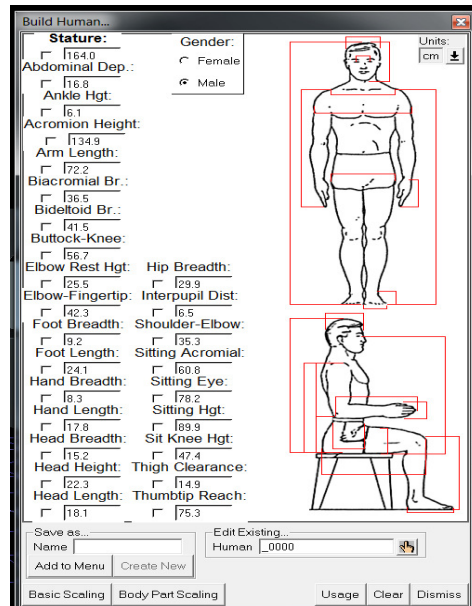


Gambar 3.5 Command unuk Pembuatan Model Mnausia Virtual

Pembuatan model manusia virtual dilakukan secara *customize*. Dalam pembuatan secara *customize* dibutuhkan informasi-informasi pendukung berdasarkan ukuran antropometri yang sebenarnya, informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan model manusia virtual adalah jenis kelamin, tinggi badan, berat badan, serta persentil model manusia virtual yang akan dibuat. Selain itu harus ditetapkan standar antropometri yang digunakan. Data-data tersebut diatas diasukkan dalam tampilan modul *build human* serta *advance scalling* pada *build human* seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 3.6 Tampilan Modul *Build Human*



Gambar 3.7 Tampilan Modul *Advance Scalling Build Human*

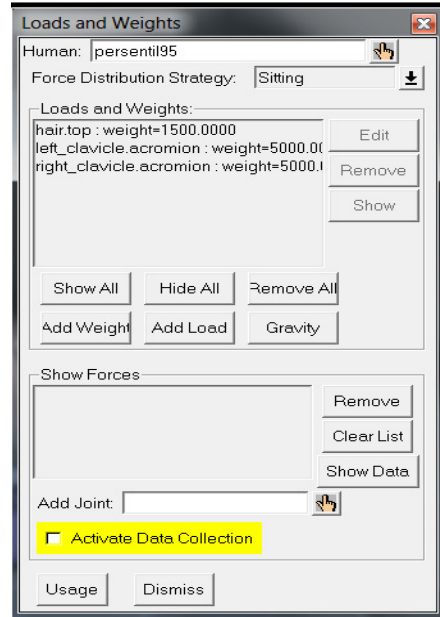
Data antropometri yang telah dimasukkan ke dalam dialog box kemudian pada *software* Jack 6.1 akan dengan sendirinya membuat model manusia yang mendekati ukuran aslinya untuk masing-masing spesifikasi dimensi tubuh yang dimiliki. *Software* Jack 6.1 juga dapat memunculkan ukuran-ukuran spesifikasi tubuh yang telah dibuat dengan scalling, dimana dari data tinggi dan berat badan manusia yang telah dimasukkan sebelumnya, dapat dibuat estimasi ukuran-ukuran spesifikasi tubuh manusia yang diinginkan, seperti panjang lengan, panjang kaki, tinggi duduk, dan ukuran spesifikasi tubuh lainnya. Kemudian data-data spesifikasi dimensi tubuh yang diinginkan dimasukkan pada mode scalling

sehingga model manusia virtual yang akan dibuat menjadi seperti yang dibutuhkan dalam objek penelitian ini.

3.2.3 Pembuatan Postur Operator *Crane*

Memposisikan virtual human model pada virtual environment merupakan tahap selanjutnya pada pengolahan data ini sehingga membentuk postur duduk pada kabin operator secara virtual. Pembentukan postur duduk dilakukan setelah pembentukan model manusia (virtual human modeling) selesai dilakukan. Postur operator yang disimulasikan disesuaikan dengan model-model yang saling berinteraksi dalam kabin operator, yaitu kursi operator dan tuas panel penggerak *crane* yang dibatasi oleh ruang kabin yang tersedia.

Seperti telah dibahas sebelumnya, model manusia yang akan dipakai dalam analisis penelitian ini adalah model manusia berdasarkan antropometri orang Indonesia dengan persentil 5 dan persentil 95. Jenis kelamin pada model semuanya adalah laki-laki. Pembuatan postur duduk dalam *software* Jack 6.1 harus dilakukan dengan seksama agar postur duduk dalam keadaan yang sesuai dengan rancangan awal. Postur duduk dibuat pertama-tama dengan mengkondisikan posisi model manusia virtual agar berada dalam kondisi duduk dengan kemudian model diberikan beban kerja yang dialami sesuai yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.8 Tampilan Modul Loads and Weights

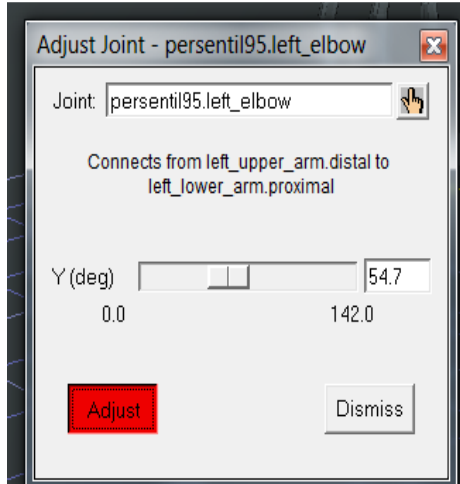
Kemudian, model manusia virtual yang sudah dalam kondisi duduk tersebut disesuaikan dengan posisi kursi pengemudi yang tersedia, dan disesuaikan kondisinya agar sesuai dengan keadaan sebenarnya.



Gambar 3.9 Tampilan Modul *Human Control*

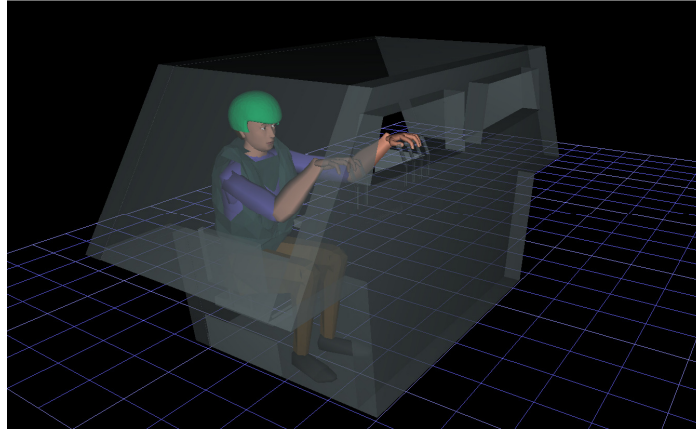
Untuk menyesuaikan postur duduk dalam model agar sesuai dengan seandainya dapat digunakan beberapa command yang ada di dalam *software* Jack 6.1. Penyesuaian postur dilakukan dengan menggunakan *command human*

control. Perintah *human control* ini berfungsi untuk memodifikasi bentuk postur tubuh model manusia virtual dengan menyesuaikan sekelompok persendian tubuh manusia sesuai dengan yang kita inginkan.



Gambar 3.10 Tampilan Modul Adjust Joint

Sekelompok persendian yang diubah dalam pembentukan model manusia ketika duduk adalah tangan, kaki, kepala, mata, leher, bahu dan tulang belakang. Untuk bagian tubuh tertentu ada yang hanya bisa di modifikasi sendiri saja, dengan kata lain bukan berubah saja, dengan kata lain bukan merubah sekelompok sendi, namun hanya merubah satu persendian saja. Untuk melakukan hal ini, dapat digunakan *adjust joint* agar perubahan yang dilakukan lebih spesifik dan lebih detail. Penggunaan *adjust joint* mampu membuat persendian berubah sesuai sumbu x, y, dan z. Perubahan ini disebut dengan translasi. Selain itu persendian dapat diputar, karena *software* Jack 6.1 dapat membedakan secara spesifik bagian tubuh atau sendi mana saja dalam tubuh manusia yang dapat diputar atau dirotasikan. Berikut adalah hasil pembuatan model duduk pada kabin operator crane.



Gambar 3.11 Hasil Pembuatan Model Duduk Pada Kabin Operator *Crane*

Selain itu ada bagian tubuh yang tidak hanya dapat dirotasi namun juga dapat ditranslasikan. Perubahan-perubahan dapat dilakukan dengan bebas sesuai dengan batasan-batasan perubahan yang berlaku pada tiap masing-masing persendian tubuh manusia. Pada gambar 3.12 dapat dilihat hasil pembuatan model manusia dengan menggunakan *software* Jack 6.1 dalam *virtual environment*. Setelah selesai dibuat model manusia dan diposisikan di dalam *virtual environment*, dilakukan analisis dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang dimiliki oleh *software* Jack 6.1.

3.2.4 Menganalisis Kinerja *Virtual Human Modeling*

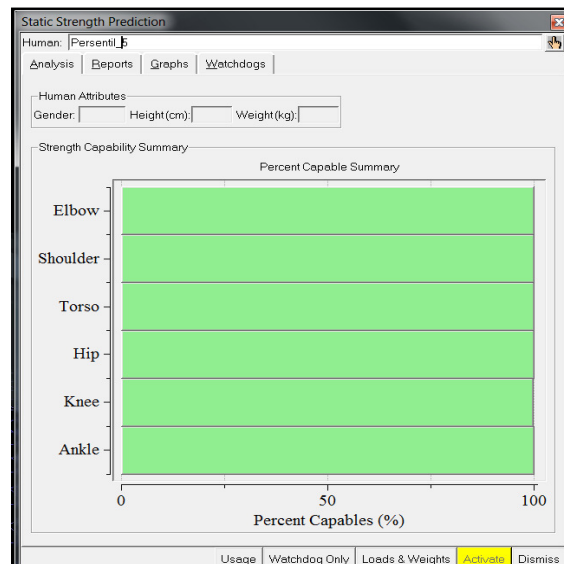
Dalam menganalisa pengaruh postur duduk terhadap tubuh, khususnya tubuh bagian atas, digunakanlah beberapa *tools* yang tersedia di dalam *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack 6.1. *Tools* yang digunakan untuk menganalisis kinerja model manusia dalam penelitian ini berjumlah empat buah *tools*. Berikut adalah *tools-tools* yang digunakan:

- *Static Strength Prediction* (SSP)
- *Low Back Analysis* (LBA)
- *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS)
- *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA)

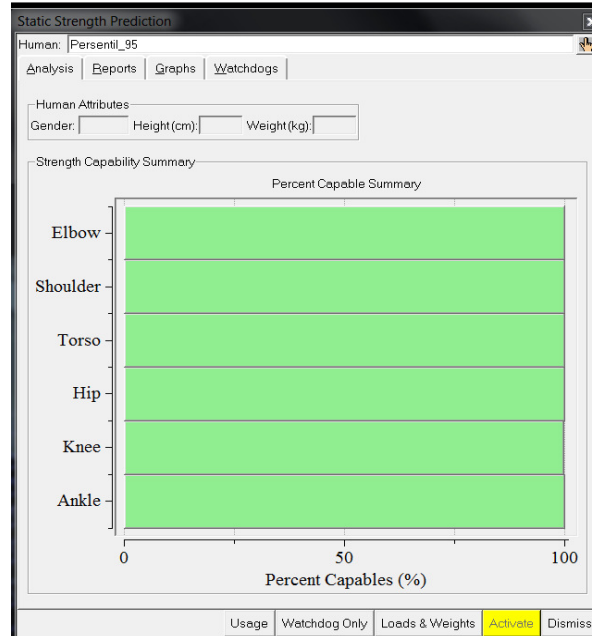
Model manusia akan dianalisis dengan keempat *tools* diatas, yang kemudian akan dikombinasikan dengan perhitungan khusus untuk mendapatkan nilai postur tubuh secara keseluruhan. Nilai postur tubuh unu dinamakan dengan *Posture Evaluation Index* (PEI). Analisis yang dilakukan dengan menggunakan keempat *tools* ini dapat menunjukkan postur duduk yang paling besar pengaruhnya terhadap tubuh pada model manusia virtual. Hasil analisis dampak postur duduk terhadap tubuh manusia ini kemudian akan dibandingkan antar satu konfigurasi dengan konfigurasi lainnya. Hasil ini diharapkan nantinya akan dapat mamberikan usulan bagaimana rancangan kabin pengemudi pada kendaraan tempur panser tipe *recovery* yang memiliki kecenderungan menyebabkan beban teerkecil teradap tubuh pengguna. Berikut adalah hasil penilaian dari keempat *tools* yang terdapat pada *Task Analysis Toolkit* terhadap postur duduk personel TNI dalam konfigurasi rencana awal rancangan kabin operator.

3.2.4.1 Static Strenght Prediction

Static Strenght Prediction digunakan untuk memvalidasi apakah postur yang dibuat dapat dikerjakan atau dilakukan oleh populasi lainnya. Besaran kapabilitas dapat diatur sesuai keinginan kita.



Gambar 3.12 Hasil Analisis SSP Keadaan Aktual Persentil 5

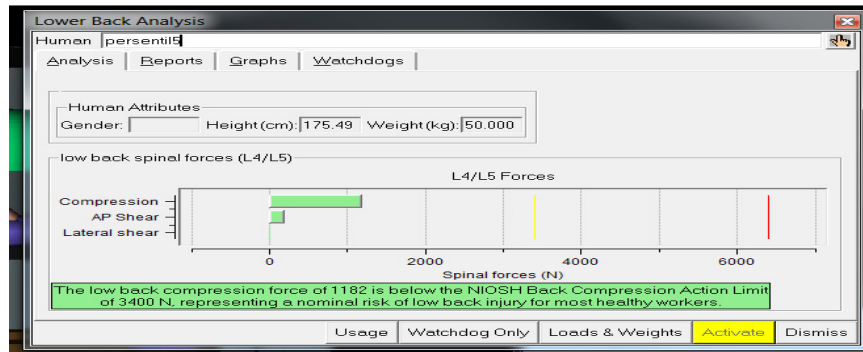


Gambar 3.13 Hasil Analisis SSP Kondisi Aktual Persentil 95

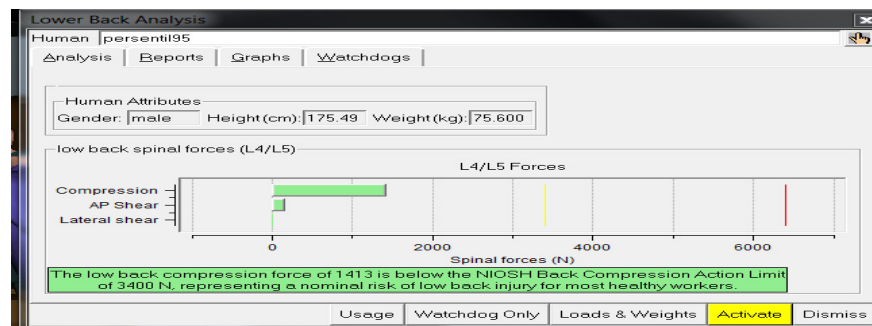
Dalam hasil SSP pada Jack TAT (*Task Analysis Toolkit*) untuk kondisi aktual persentil 5 dan persentil 95, terlihat bahwa postur yang diujikan mampu dilakukan oleh 80% populasi yang memiliki usia, gender dan tinggi badan yang berbeda.

3.2.4.2 Low Back Analyssis (LBA)

Low Back Analysis digunakan untuk melihat seberapa besar beban yang dikenakan atau ditanggung oleh punggung bagian bawah, yaitu bagian punggung L4 dan L5. Berikut adalah hasil analisis LBA kondisi aktual.



Gambar 3.14 Hasil Analisis LBA Kondisi Aktual Persentil 5

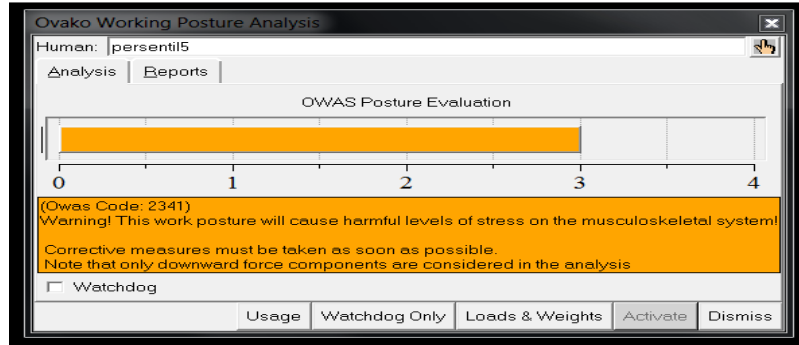


Gambar 3.15 Hasil Analisis LBA Kondisi Aktual Persentil 95

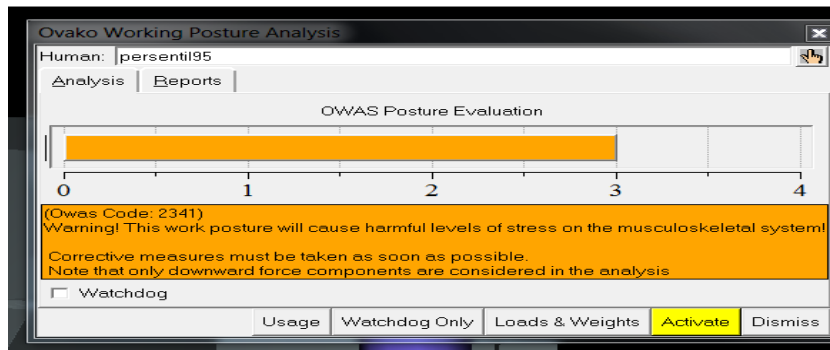
Berdasarkan hasil analisis RULA pada Jack TAT (*Task Anaysis Toolkit*) untuk kondisi aktual pada persentil 5 dan persentil 95, besar gaya yang diterima oleh punggung bagian bawah adalah sebesar 1182 pada persentil 5 dan 1413 N pada persentil 95. Nilai LBA yang dihasilkan pada kondisi aktual masih dibawah batas normal yang diperbolehkan yaitu 3400 N.

3.2.4.3 Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)

Sistem penilaian dengan skor OWAS digunakan ketika sistem yang diteliti mudah untuk diamati dan dipelajari. OWAS meninjau postur standar untuk trunk, arms, lower body dan neck. Berikut adalah hasil analisis OWAS pada saat kondisi aktual persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 3.16 Hasil Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 5



Gambar 3.17 Hasil Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 95

Dari hasil analisis modul OWAS dalam Jack TAT (*Task Analysis Toolkit*) untuk kondisi aktual persentil 5 dan persentil 95 didapatkan kode OWAS 2341. Kemudian kode OWAS tersebut dikalkulasikan dan menghasilkan skor OWAS sebesar poin 3 pada persentil 5 dan juga persentil 95.

3.2.4.4 Rapid Upper Limb Assesment

RULA merupakan alat untuk mengevaluasi faktor-faktor risiko postur, kontraksi otot statis, gerakan repetitif, dan gaya yang digunakan untuk suatu pekerjaan tertentu. Setiap faktor memiliki kontribusi masing-masing terhadap suatu nilai yang dihitung. Nilai-nilai tersebut dijumlah dan diterapkan pada tabel untuk menentukan *Grand Score*. Berikut adalah hasil analisis dari OWAS pada kondisi aktual persentil 5 dan persentil 95.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating
 Upper arm: 5
 Lower arm: 2
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 2
 Total: 7

Body Group B Posture Rating
 Neck: 1
 Trunk: 2
 Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating
 Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 5
 Action: Investigation and changes are required soon.

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar 3.18 Hasil Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 5

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating
 Upper arm: 4
 Lower arm: 2
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 2
 Total: 5

Body Group B Posture Rating
 Neck: 4
 Trunk: 2
 Total: 5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating
 Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 6
 Action: Investigation and changes are required soon.

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar 3.19 Hasil Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 95

Grand Score menunjukkan sejauh mana pekerja terpapar faktor-faktor risiko di atas dan berdasarkan nilai tersebut, dapat disarankan tindakan yang perlu diambil. Berdasarkan analisis RULA, *grand score* dari postur duduk kondisi aktual adalah sebesar 5 poin pada persentil 5 dan poin 6 pada persentil 95. Poin 5

dan 6 pada persentil 5 dan persentil 95 mengindikasikan bahwa postur duduk yang direncanakan pada rancangan awal kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* adalah postur yang membahayakan kesehatan, dibutuhkan investigasi dan perbaikan secepatnya.

3.2.5 Perhitungan Nilai *Posture Evaluation Index* (PEI)

Setelah didapat keluaran *Task Analysis Toolkit*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *poecture evaluation index* (PEI). *Posture Evaluation Index* (PEI) didapatkan dengan mengkombinasikan tiga *tools* dalam Jack TAT, yaitu *Low Back Analysis*, *Ovako Working Posture Analysis System*, *Rapid Upper Limb Assesment*. Setelah sebelumnya memerhatikan nilai dari *Static Strenght Prediction* dari postur duduk konfigurasi yang diujikan. Sebagai contoh, tahapan perhitungan nilai PEI untuk kondisi aktual pada manekin persentil 5 dan persentil 95, menurut persamaan yang telah disebutkan pada bab 2, dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Berdasarkan skor yang didapat melalui Jack TAT pada persentil 5 dimana:

Nilai LBA : 1182 N

Nilai RULA : 5

Nilai OWAS : 3

Maka nilai PEI pada kondisi aktual pada persentil 5 adalah

$$PEI = 1182 N / 3400 N + 3/4 + 5/7 = 2,111$$

- Berdasarkan skor yang didapat melalui Jack TAT pada persentil 95 dimana:

Nilai LBA : 1108 N

Nilai RULA : 6

Nilai OWAS : 3

Maka nilai PEI pada kondisi aktual pada persentil 95 adalah

$$PEI = 1108 N / 3400 N + 3/4 + 5/7 = 2,382$$

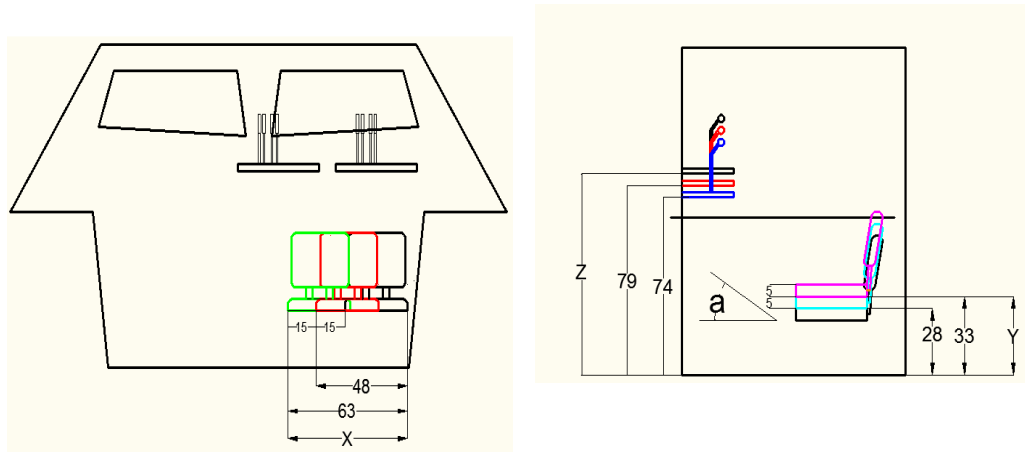
Nilai PEI ini selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai PEI untuk konfigurasi lainnya. Setelah itu akan diambil konfigurasi yang memiliki nilai PEI terkecil sebagai dasar pertimbangan dalam membuat rekomendasi rancangan kabin operator *crane* pada kendaraan tempur panser tipe *recovery* yang ergonomis.

3.3 Perancangan Konfigurasi Model

Setelah didapatkan nilai PEI, maka langkah selanjutnya dibutuhkan perancangan konfigurasi model dalam menentukan desain kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* yang lebih ergonomis. Penentuan nilai PEI menjadi dasar dalam menentukan desain yang lebih ergonomis. Nilai PEI dari masing-masing konfigurasi nantinya akan dibandingkan satu sama lain. Setelah dilakukan perbandingan maka didapat nilai PEI terkecil pada salah satu konfigurasi yang telah dibandingkan sebelumnya. Berikut adalah konfigurasi yang akan diujikan.

Tabel 3.2 Konfigurasi Desain yang Akan Dibuat

Konfigurasi	Kemiringan sudut kursi (a)	Pergeseran kursi (x)	Tinggi kursi dari lantai (y)	Tinggi panel (z)
1	5 °	48 cm	28 cm	79 cm
2	5 °	48 cm	28 cm	74 cm
3	5 °	48 cm	33 cm	79 cm
4	5 °	48 cm	33 cm	74 cm
5	5 °	63 cm	28 cm	79 cm
6	5 °	63 cm	28 cm	74 cm
7	5 °	63 cm	33 cm	79 cm
8	5 °	63 cm	33 cm	74 cm



Gambar 3.20 Dimensi Konfigurasi Kabin yang Akan Dibuat

Perancangan konfigurasi ini dilakukan berdasarkan variabel-variabel sudah ditentukan sebelumnya. Dalam penelitian ini terdapat satu variabel yang tidak berubah yaitu posisi sandaran kursi dimana dari awal letak dari posisi sandaran sudah tidak sesuai dan empat variabel yang berubah-ubah untuk perancangan konfigurasi yaitu sudut kemiringan kursi, pergeseran kursi, jarak kursi dari lantai kabin, dan jarak panel dari lantai yang kemudian akan dijelaskan dibawah ini.

3.3.1 Perancangan Konfigurasi Kemiringan Kursi

Perancangan konfigurasi pada kemiringan kursi mempunyai nilai kombinasi 5° . Besar kemiringan kursi alternatif ini didasarkan pada pedoman standar desain kursi pengemudi kendaraan militer yang dikeluarkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat, yaitu maksimal 15° diatas garis pandang horizontal.

3.3.2 Perancangan Konfigurasi Pergeseran Kursi

Perancangan konfigurasi pergeseran kursi ini mempunyai dua nilai, yaitu 48 cm dan 63 cm dari posisi semula. Besar nilai alternatif ini didasari oleh tidak seimbangya tangan operator saat memegang panel yang kanan dan kiri.

3.3.3 Perancangan Konfigurasi Tinggi Kursi

Perancangan konfigurasi tinggi kursi dari lantai kabin memiliki dua nilai kombinasi, yaitu 28 cm dan 33 cm. Besar nilai alternatif ini didasari oleh tidak sesuainya postur kaki saat menapak ke lantai kabin yang mengakibatkan lutut operator harus menekuk.

3.3.4 Perancangan Konfigurasi Tinggi Panel

Perancangan konfigurasi tinggi panel dari lantai memiliki dua nilai kombinasi, yaitu 79 cm dan 74 cm dari lantai kabin. Besar nilai ini didasari oleh tinggi panel yang tidak sesuai pada kondisi aktual yang menyebabkan panel terlalu tinggi untuk diraih oleh operator.

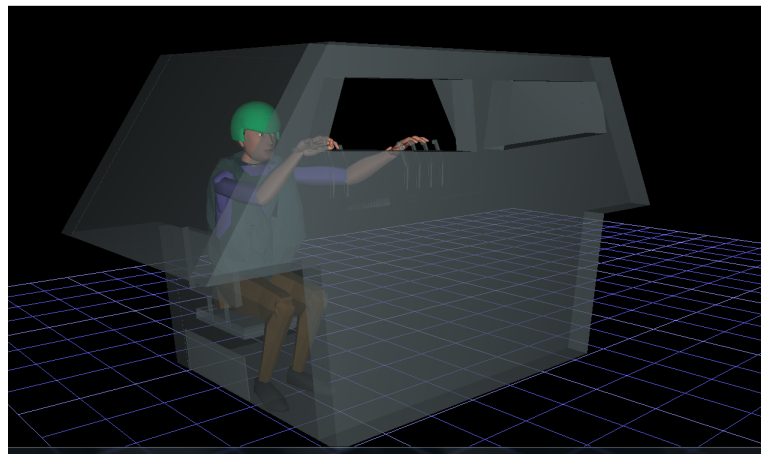
BAB IV

ANALISIS

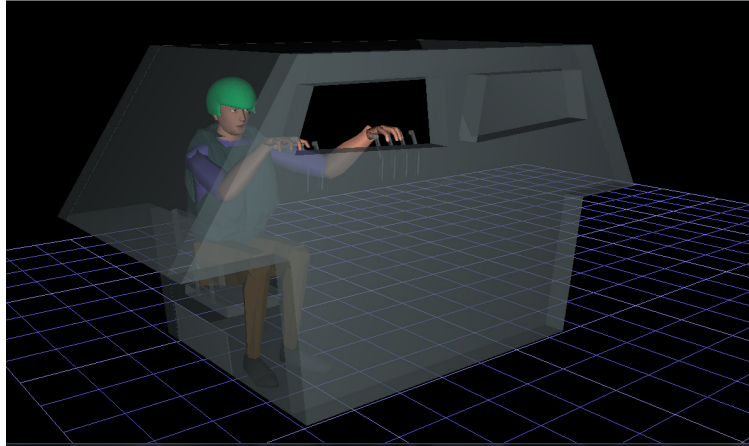
Bab ini akan membahas mengenai analisis ergonomi desain kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* yang digunakan saat ini (aktual) dan beberapa konfigurasi desain yang diusulkan dengan mengacu pada hasil dari *Task Analysis Toolkis* yang terdapat dalam *software* Jack 6.1. Semua konfigurasi desain yang ada akan dihitung besar nilai Posture Evaluation Index (PEI) dan dibandingkan satu sama lain untuk mendapatkan rekomendasi desain kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* yang paling ergonomis bagi tentara yang mengoperasikannya. Pada akhir bab ini, konfigurasi-konfigurasi yang paling optimal ditetapkan. Berdasarkan analisis tersebut, maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan.

4.1 Analisis Desain Aktual Kabin Operator *Crane* Panser Tipe *Recovery*

Model desain actual dibuat berdasarkan kondisi dan spesifikasi kabin dari kendaraan tempur yang telah dibuat menggunakan *software* NX 6.0. Desain aktual kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* menggunakan *software* Jack 6.1 terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Manekin Persentil 5 pada Desain Kabin Operator *Crane* Aktual

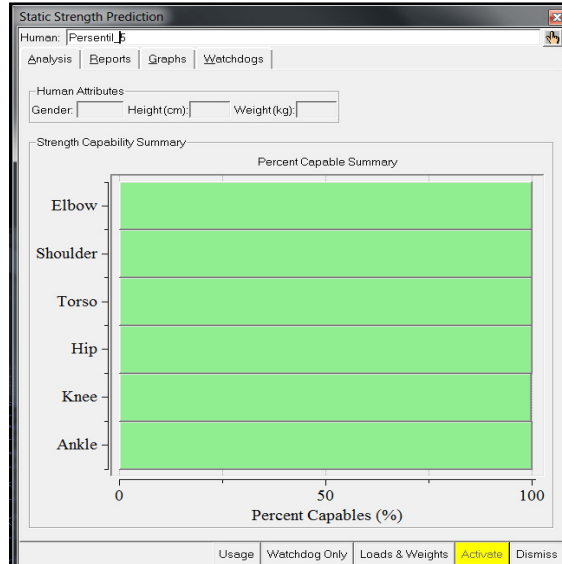


Gambar 4.2 Manekin Persentil 95 pada Desain Kabin Operator *Crane* Aktual

4.1.1 Hasil Static Strength Prediction (SPP)

Tahap awalyang dilakukan sebelum perhitungan *Posture Evaluation Index* (PEI) yang melakukan analisa *Static Strength Prediction* (SSP). Analisa SSP ini dilakukan untuk melihat berapa presentase populasi manusia yang memiliki kapabilitas untuk melakukan postur atau gerakan yang disimulasikan. Ada enam bagian tubuh yang diukur kapabilitasnya, yaitu siku (elbow), bahu (shoulder), batang tubuh (torso), pinggul (hip), lutu (knee), serta pergelangan kaki (ankle). Menurut Prof. Francesco Caputo dan Giuseppe Di Gironimo, Ph.D, peneliti dari Fakultas Teknik University of Naples Federico II yang mengembangkan metode PEI, batas minimal yang disarankan dalam pengujian SSP adalah persen kapabilitas sebesar 90%. Jika tingkat kapabilitas pada SSP ini di atas 90%, maka perhitungan PEI dapat dilanjutkan.

Berdasarkan hasil analisa *Static Strength Prediction*, terlihat bahwa postur kerja yang didapat dari konfigurasi 1 (aktual) pada persentil 5 maupun 95 memiliki tingkat kapabilitas di atas 95%, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. hal ini menunjukkan bahwa tingkat kapabilitas untuk konfigurasi actual ini masih dalam batas aman.

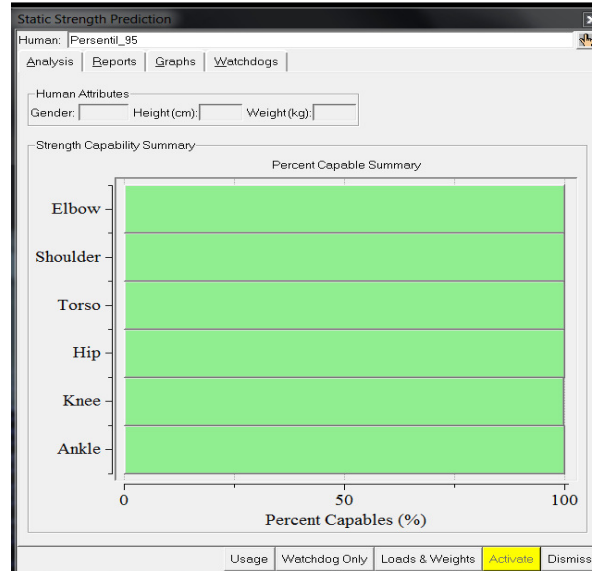


Gambar 4.3 Grafik SSP Konfigurasi1 Persentil 5

Tabel 4.1 Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi1 Persentil 5

Capability Summary Chart

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	-1	--	58	14	100	-0	--	67	16	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-5	ABDUCT	72	18	100	-4	ABDUCT	69	17	100
	Rotation Bk/Fd	0	--	61	18	100	-1	--	90	24	100
	Humeral Rot	-0	--	43	10	100	-0	--	47	11	100
Trunk	Flex/Ext	-31	EXTEN	436	137	100					
	Lateral Bending	-3	RIGHT	356	77	100					
	Rotation	-0	--	96	26	100					
	Hip	-0	--	233	94	99	0	--	153	42	100
	Knee	-0	--	142	50	100	-0	--	142	50	100
	Ankle	0	--	176	58	100	0	--	173	57	100



Gambar 4.4 Grafik SSP Konfigurasi1 Persentil 95

Tabel 4.2 Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi1 Persentil 95

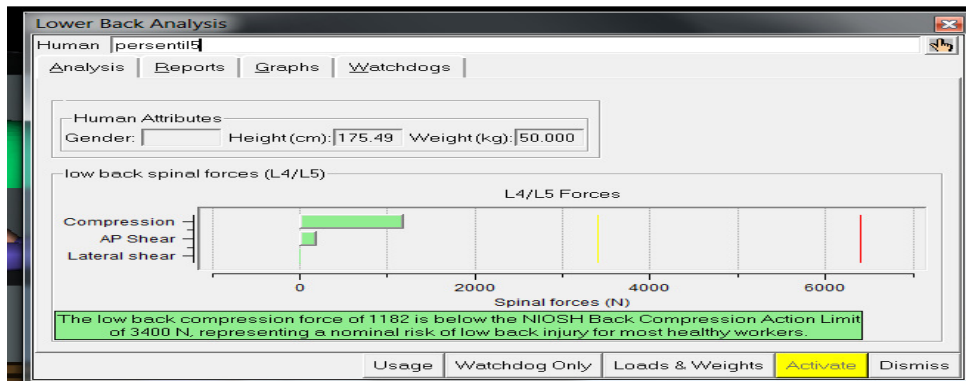
		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	-2	FLEXN	63	15	100	-1	FLEXN	69	17	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-10	ABDUCT	71	17	100	-9	ABDUCT	69	17	100
	Rotation Bk/Fd	-0	--	86	23	100	-1	FORWARD	92	25	100
	Humeral Rot	-0	--	45	10	100	-1	LATERAL	46	10	100
Trunk	Flex/Ext	-40	EXTEN	449	142	100					
	Lateral Bending	-5	RIGHT	317	69	100					
	Rotation	0	--	96	26	100					
	Hip	0	--	140	38	100	0	--	140	38	100
	Knee	0	--	145	51	100	0	--	143	50	100
	Ankle	0	--	159	53	100	0	--	161	53	100

Dari Tabel 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa hampir keenam bagian tubuh kanan maupun kiri memiliki tingkat kapabilitas 100%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa 99% populasi TNI memiliki kapabilitas untuk melakukan gerakan sesuai dengan postur pegoperasian *crane* pada kendaraan tempur panser tipe *recovery* dengan desain kabin operator *crane* aktual (Konfigurasi 1) ini, baik untuk persentil 5 maupun untuk persentil 95.

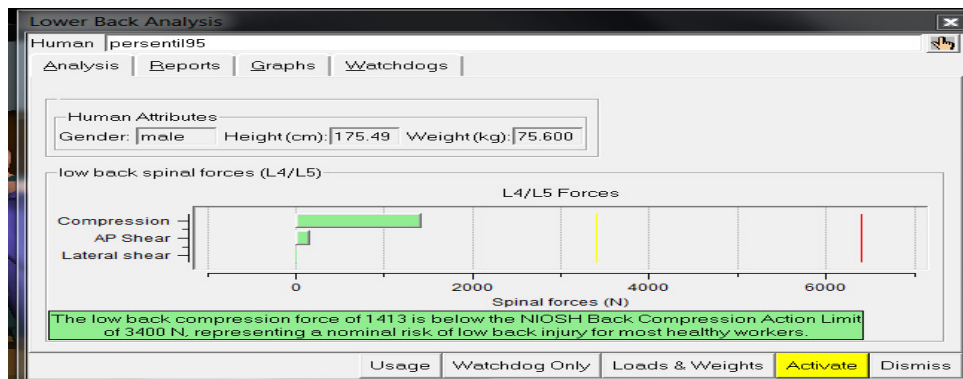
Setelah konfigurasi actual ini memenuhi persyaratan dari segi kapabilitas berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada analisis SSP ini, maka perhitungan PEI untuk konfigurasi ini bias dilanjutkan , untuk kemudian dijadikan sebagai pembandingan konfigurasi lainnya.

4.1.2 Hasil Lower Back Analysis (LBA)

Low Back Analysis merupakan suatu metode untuk menganalisis ergonomic yang digunakan untuk mengevaluasi tekanan (*compression*) yang terdapat pada bagian tulang belakang manusia, dalam berbagai macam postur kerja kondisi beban. Batasan tekanan berdasarkan pada standar NIOSH yaitu 3400 N. Selain menyediakan informasi mengenai tekanan pada vertebral disc L4/L5, hasil analisis metode LBA juga memberikan informasi mengenai momen reaksi (torsi) sagittal, lateral dan aksial yang terjadi pada *vertebral disc* L4/L5.



Gambar 4.5 Grafik LBA Konfigurasi1 Persentil 5



Gambar 4.6 Grafik LBA Konfigurasi1 Persentil 95

Pada Gambar 4.5 dan 4.6 ditampilkan hasil analisis LBA pada persentil 5 dan 95. Dari hasil tersebut diketahui bahwa *low back compression force* pada persentil 5 sebesar 1182 N dan pada persentil 95 sebesar 1413 N. Nilai ini didapat posisi badan operator yang menunduk ke depan untuk dapat memegang tuas kendali *crane*. Posisi membungkuk ini membebani operator karena daya dorong ke depan mengakibatkan tekanan pada punggung dan persebarannya lebih banyak pada bagian lumbar disk L4 dan L5 dari ruas tulang belakang. Selain itu, posisi yang tegak dan agak membungkuk juga membuat posisi garis gaya dari beban rompi anti peluru mengarah ke tulang belakang bagian bawah sehingga ikut terbebani. Nilai ini *Low Back Compression Force* yang didapat masih berada dibawah nilai *Compression Action Limit* berdasarkan standar NIOSH, yaitu 3400 N.

4.1.3 Hasil Ovako Working Analysis System (OWAS)

OWAS merupakan suatu metode untuk mengetahui segi kenyamanan suatu postur kerja dan dapat digunakan untuk merekomendasikan tingkat urgensi 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 nilai yang menunjukkan tingkat urgensi dari perlunya pengambilan suatu aksi perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera pada pekerja.

Evaluasi ketidaknyamanan postur kerja dinyatakan dalam bentuk kode OWAS. Kode OWAS terdiri dari 4 digit angka yang masing-masing angka menggambarkan tingkat kenyamanan punggung (*back*), lengan (*arm*), kaki (*leg*), dan beban angkut (*load handle*).

Tabel 4.3 Deskripsi Kode OWAS

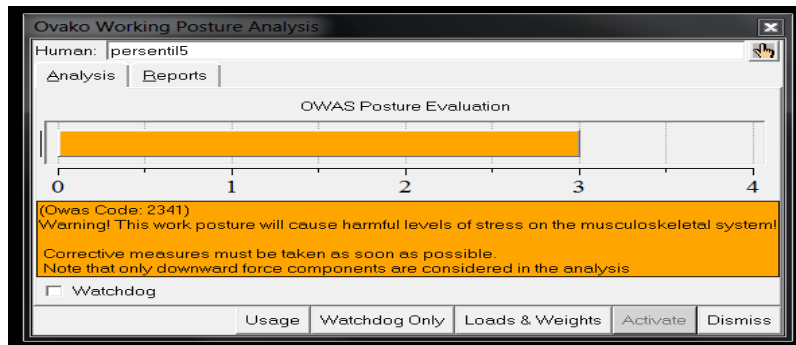
Body parts	OWAS code	Description of position
Back	1	Back straight
	2	Back bent
	3	Back Twisted
	4	Back bent and twisted
Arm	1	Both arms below shoulder level
	2	One arm at or above shoulder level
	3	Both arms at or above shoulder level
Leg	1	Sitting
	2	Standing on both straight legs
	3	Standing on one straight legs
	4	Standing or squatting on both feet, knees bent
	5	Standing or squatting on one foot, knee bent
	6	Kneeling on one or both knee
	7	Walking or moving
Load Handle	1	Load < 10kg
	2	10 < Load < 20kg
	3	Load > 20kg

Selanjutnya kombinasi dari kode OWAS tersebut akan menghasilkan suatu nilai total yang menunjukkan tingkat urgensi pengambilan suatu aksi perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera pada pekerja. Adapun kategori nilai OWAS total yang menunjukkan tingkat urgensi perlunya dilakukan perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.4 di bawah.

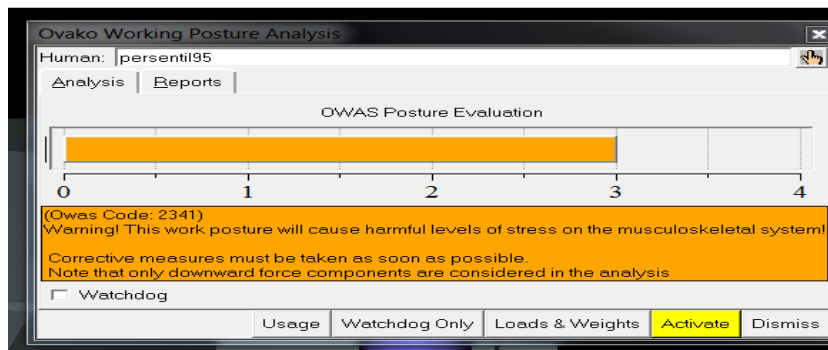
Tabel 4.4 Kategori Tingkat Urgensi Perbaikan pada OWAS

OWAS Category	Description
Action category I	Work postures are considered usually with no particular harmful effect on musculoskeletal system. No actions are needed to change work postures
Action category II	Work postures have some harmful effect on the musculoskeletal system Light stress, no immediate action is necessary, but changes should be considered in future planning
Action category III	Work postures have a distinctly harmful effect on the musculoskeletal system The working methods involved should be changed as soon as possible
Action category IV	Work postures with an extremely harmful effect on the musculoskeletal system. Immediate solutions should be found to change these postures

Hasil penggunaan analisis OWAS dari postur kerja yang terbentuk pada konfigurasi kondisi actual menunjukkan kode 2341 pada persentil 5 dan 95. Kode OWAS ini dikalkulasikan sehingga diketahui bahwa postur kerja yang didapat jatuh pada kategori 3. Berdasarkan kategori tingkat urgensi perlunya dilakukan perbaikan, angka ini menunjukkan bahwa postur kerja saat ini secara nyata membahayakan sistem muskuloskeletal manusia. Tindakan perbaikan perlu dilakukan sesegera mungkin.



Gambar 4.7 Hasil Analisis OWAS Konfigurasi 1 Persentil 5



Gambar 4.8 Hasil Analisis OWAS Konfigurasi 1 Persentil 95

4.1.4 Hasil Rapid Upper Limb Assesment (RULA)

Rapid Upper Limb Assessment digunakan untuk mengevaluasi tingkat resiko cedera dan gangguan musculoskeletal pada tubuh bagian atas. Analisis dibuat berdasarkan kualitas postur, penggunaan otot, berat badan yang diterima, durasi kerja, dan frekuensinya. Setiap factor memiliki kontribusi masing-masing terhadap suatu nilai yang dihitung RULA menilai sebuah kegiatan dengan mengindikasikan tingkat intervensi yang harus dilakukan untuk mengurangi resiko cedera pada tubuh bagian atas.

Sama seperti analisis OWAS, RULA juga memiliki kode yang menunjukkan tingkat kenyamanan oada postur pada bagian-bagian tubuh tertentu. RULA membagi kelompok tubuh yang dievaluasi menjadi dua bagian, yaitu *body Group A* yang meliputi lengan atas (upper arm), kengan bawah (lower arm), pergelangan tangan (wrist), dan puntiran pergelangan tangan (wrist twist) serta *Body Group B* yang terdiri dari leher (neck) dan batang tubuh (trunk). Kombinasi nilai dan perhitungan khusus yang dihasilkan pada *Body Group A* dan *Body Group B* akan menghasilkan *Grand Score*, yaitu suatu angka yang menunjukkan tingkat intervensi yang harus dilakukan untuk mengurangi resiko cedera pada tubuh bagian atas.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 5
 Lower arm: 2
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 2
 Total: 7

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
 Trunk: 2
 Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated. Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 5
 Action: Investigation and changes are required soon.

Update Analysis

Usage | Dismiss

Gambar 4.9 Hasil Analisis RULA Konfigurasi 1 Persentil 5

The screenshot shows the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software window. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Analysis Summary' tab is active. The interface includes several input fields for job details (Job Title, Location, Comments, Job Number, Analyst, Date). Below these are two 'Body Group Posture Rating' sections. 'Body Group A Posture Rating' lists: Upper arm: 4, Lower arm: 2, Wrist: 3, Wrist Twist: 2, Total: 5. 'Body Group B Posture Rating' lists: Neck: 4, Trunk: 2, Total: 5. Both sections also indicate 'Muscle Use: Normal, no extreme use' and 'Force/Load: < 2 kg intermittent load'. A 'Legs and Feet Rating' section shows 'Seated, Legs and feet well supported. Weight even.' At the bottom, a red box displays 'Grand Score: 6' and the action 'Investigation and changes are required soon.' There are 'Update Analysis', 'Usage', and 'Dismiss' buttons.

Gambar 4.10 Hasil Analisis RULA Konfigurasi1 Persentil 95

Hasil dari analisis RULA pada kondisi aktual untuk persentil 5 menunjukkan *Grand Score* 5 dan persentil 95 dengan *Grand Score* 6. Dari hasil *Grand Score* RULA ini diperoleh kesimpulan bahwa dibutuhkan tindakan penelitian untuk melakukan perubahan secepatnya terhadap kondisi postur kerja yang ada.

4.1.5 Rekapitulasi Perhitungan PEI Desain Aktual

Setelah mendapatkan nilai SSP, LBA, OWAS, dan RULA, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai PEI. Dari hasil perhitungan, nilai PEI untuk keadaan aktual (Konfigurasi 1) pada persentil 5 dan 95 berturut-turut yaitu 2,111 dan 2,382. Nilai PEI ini nantinya akan dibandingkan dengan nilai PEI pada konfigurasi lain, yang kemudian dicari konfigurasi desain yang memiliki nilai PEI terkecil. Nilai PEI yang makin kecil menunjukkan bahwa desain konfigurasi kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* makin ergonomis. Table 4.5 di bawah ini menunjukkan hasil rekapitulasi nilai SSP, LBA, OWAS, dan RULA serta perhitungan nilai PEI untuk konfigurasi keadaan aktual kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* untuk persentil 5 dan persentil 95.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 1

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
Konfigurasi 1 (actual)	Persentil 5	1182	3	5	2.111933
	Persentil 95	1413	3	6	2.382731

4.2 Analisis Rancangan Konfigurasi

Pembuatan konfigurasi desain kabin operator *crane* dilakukan dengan melakukan perubahan pada kursi dan tuas panel *crane*. Perubahan yang dilakukan pada kursi adalah dengan mengubah sedikit kemiringan sudut secara keseluruhan (bantalan duduk dan sandaran), mengubah ketinggian kursi, mengubah tinggi panel *crane*, dan mengubah posisi kursi. Setiap konfigurasi yang akan dibuat akan disimulasikan dalam ukuran tubu personil TNI, yaitu persentil 5 dan persentil 95. Berikut ini adalah perubahan desain yang dilakukan yaitu:

- Kemiringan sudut kursi
Perancangan konfigurasi pada kemiringan kursi mempunyai nilai kombinasi, yaitu 5 °. Besar kemiringan kursi alternatif ini didasarkan pada pedoman standar desain kursi pengemudi kendaraan militer yang dikeluarkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat, yaitu maksimal 15° diatas garis pandang horizontal
- Jarak panel dari lantai
Perancangan konfigurasi tinggi panel dari lantai memiliki dua nilai kombinasi, yaitu 79 cm dan 74 cm dari lantai kabin. Besar nilai ini didasari oleh tinggi panel yang tidak sesuai pada kondisi aktual yang menyebabkan panel terlalu tinggi untuk diraih oleh operator.
- Tinggi kursi
Perancangan konfigurasi tinggi kursi dari lantai kabin memiliki dua nilai kombinasi, yaitu 28 cm dan 33 cm. Besar nilai alternatif ini didasari oleh tidak sesuainya postur kaki saat menapak ke lantai kabin yang mengakibatkan lutut operator harus menekuk.
- Pergeseran kursi
Perancangan konfigurasi pergeseran kursi ini mempunyai dua nilai, yaitu 48 cm dan 63 cm dari posisi semula. Besar nilai alternatif ini

didasari oleh tidak seimbangnnya tangan operator saat memegang panel yang kanan dengan yang kiri.

Berikut ini adalah analisis setiap konfigurasi desain ulang kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery*.

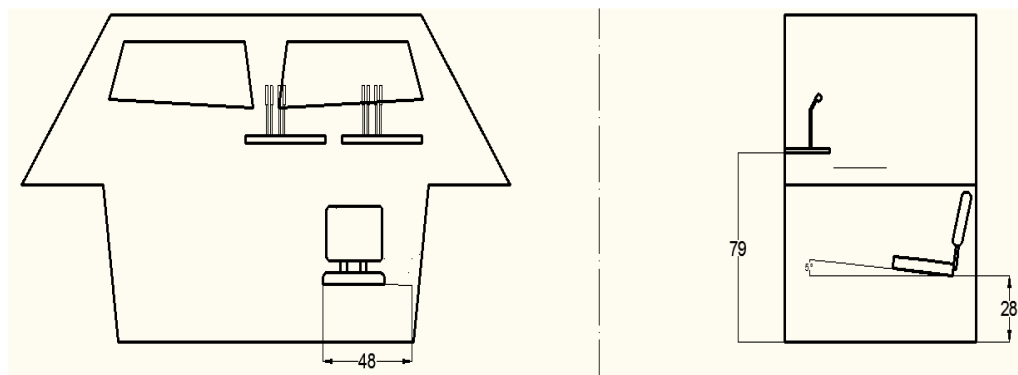
4.2.1 Analisis Rancangan Konfigurasi 2

Konfigurasi 2 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

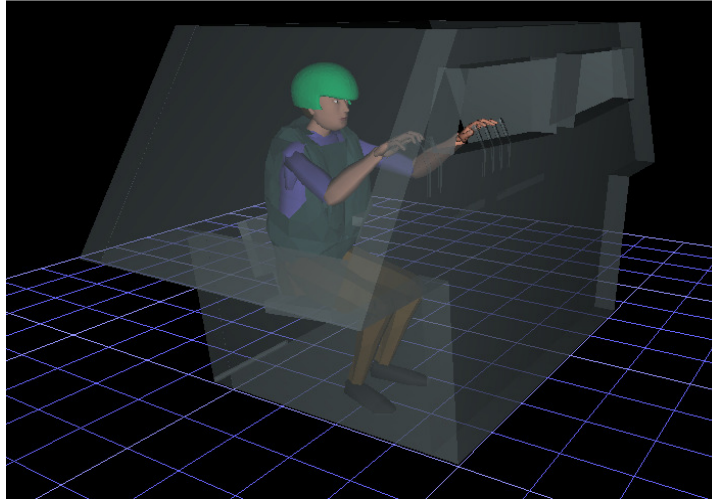
Tabel 4.6 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 2

Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
2	5 °	48 cm	28 cm	79 cm

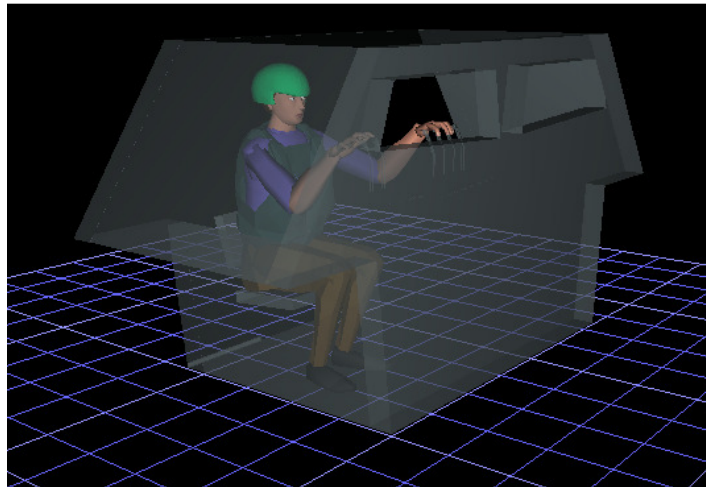
Dari tabel di atas pada konfigurasi 2, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 28 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 5 cm dari lantai kabin, besar 79 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 5 cm dari lantai kabin, dan besar 48 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 15 cm. Dengan demikian, kaki operator saat menepak di lantai dapat sedikit lebih diluruskan (tidak menekuk). Berikut ini adalah gambar dimensi konfigurasi 2 serta rancangan konfigurasi 2 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.11 Dimensi Konfigurasi 2



Gambar 4.12 Rancangan Konfigurasi 2 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.13 Rancangan Konfigurasi 2 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 2 didapat nilai LBA 1017 N untuk persentil 5 dan 1337 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai masih sama dengan kondisi aktualnya yaitu 3 pada persentil 5 dan 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai yang sama dengan kondisi aktual, yaitu nilai 5 untuk persentil 5 dan nilai 6 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 2 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Sperti terlihat pada tabel 4.7 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 2 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 2,063 dan 2,360. Hal ini menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 2 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 2

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
2	Persentil 5	1017	3	5	2.063403
	Persentil 95	1337	3	6	2.360378

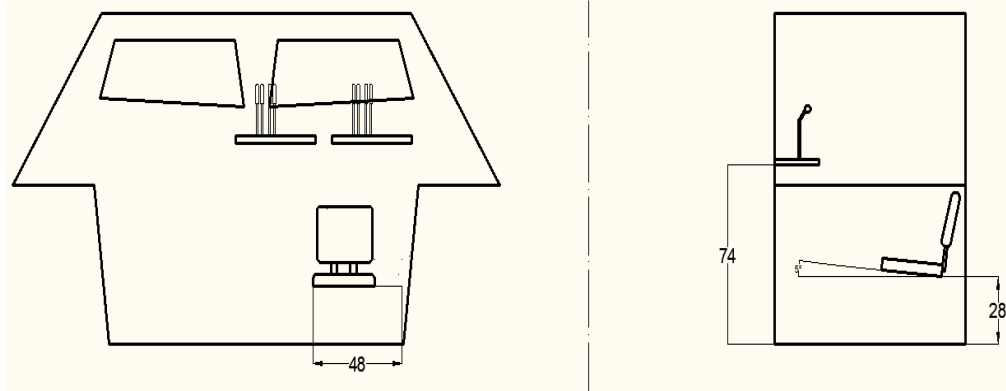
4.2.2 Analisis Rancangan Konfigurasi 3

Konfigurasi 3 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

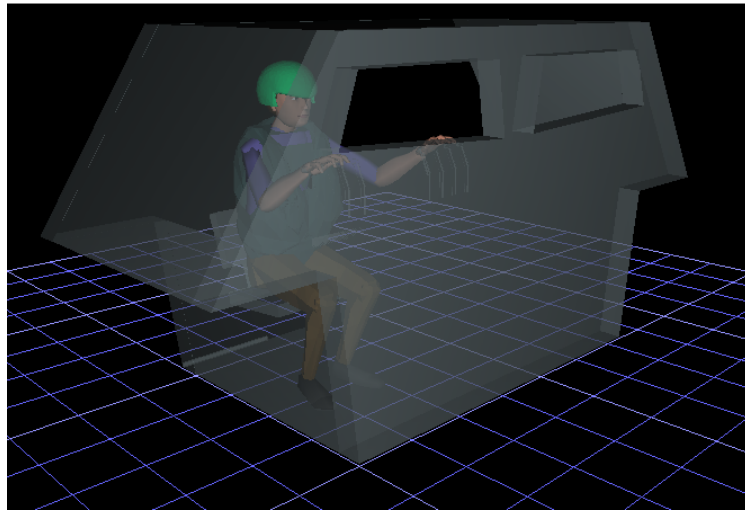
Tabel 4.8 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 3

Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
3	5 °	48 cm	28 cm	74 cm

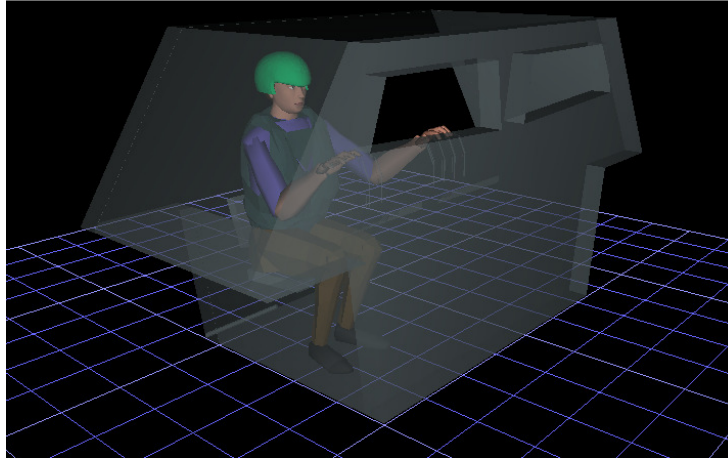
Dari tabel di atas pada konfigurasi 3, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 28 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 5 cm dari lantai kabin, besar 74 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 10 cm dari lantai kabin, dan besar 48 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 15 cm. Berikut ini adalah gambar dimensi konfigurasi 3 serta rancangan konfigurasi 3 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.14 Dimensi Konfigurasi 3



Gambar 4.15 Rancangan Konfigurasi 3 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.16 Rancangan Konfigurasi 3 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 3 didapat nilai LBA 1008 N untuk persentil 5 dan 1327 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai masih sama dengan kondisi aktualnya yaitu 3 pada persentil 5 dan 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai 4 untuk persentil 5, dimana nilai ini lebih rendah dibandingkan pada kondisi aktual dan nilai 6 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 3 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Sperti terlihat pada tabel 4.9 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 3 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,857 dan 2,357. Hal ini menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 3 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 3

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
3	Persentil 5	1008	3	4	1.857899
	Persentil 95	1327	3	6	2.357437

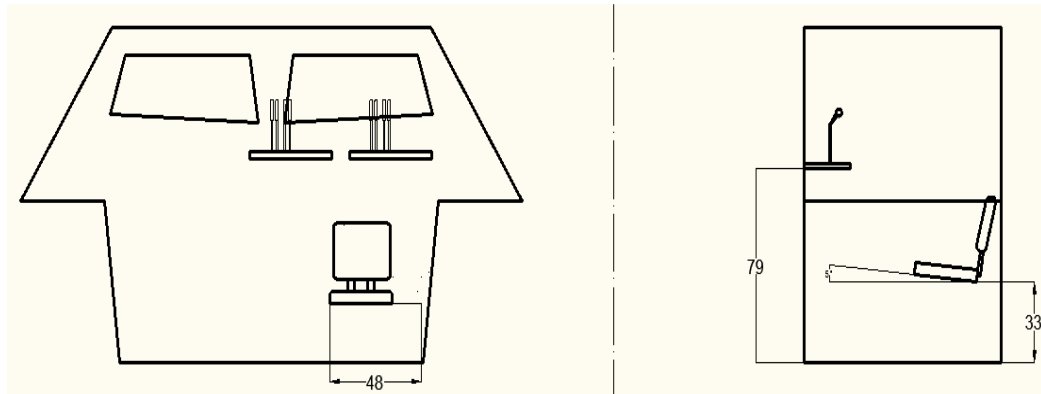
4.2.3 Analisis Rancangan Konfigurasi 4

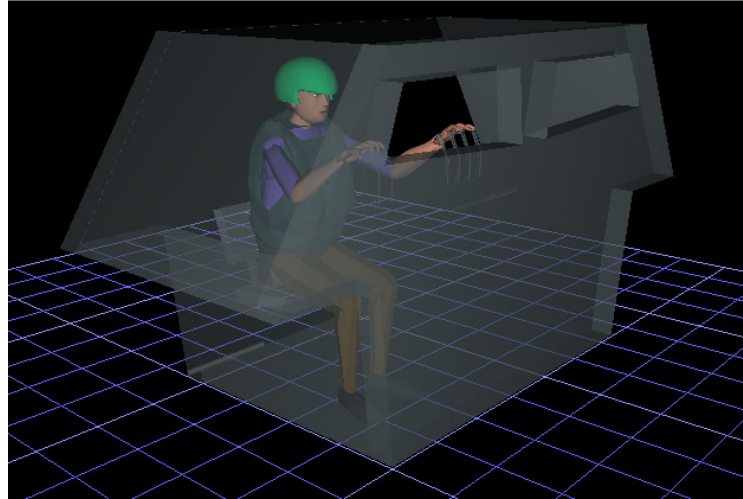
Konfigurasi 4 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

Tabel 4.10 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 4

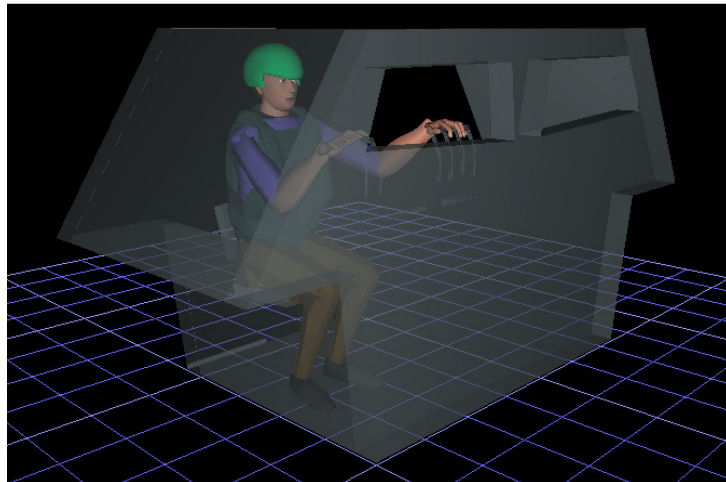
Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
4	5 °	48 cm	33 cm	79 cm

Dari tabel di atas pada konfigurasi 4, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 33 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 10 cm dari lantai kabin, besar 79 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 5 cm dari lantai kabin, dan besar 48 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 15 cm. Berikut ini adalah gambar dimensi konfigurasi 4 serta rancangan konfigurasi 4 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.

**Gambar 4.17** Dimensi Konfigurasi 4



Gambar 4.18 Rancangan Konfigurasi 4 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.19 Rancangan Konfigurasi 4 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 4 didapat nilai LBA 1013 N untuk persentil 5 dan 1290 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai 3 untuk persentil 5 dan nilai 2 untuk persentil 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai 4 untuk persentil 5 dan nilai 6 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 4 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Sperti terlihat pada tabel 4.11 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 4 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,859 dan 2,096. Hal ini

menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 4 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 4

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
4	Persentil 5	1013	3	4	1.85937
	Persentil 95	1290	2	6	2.096555

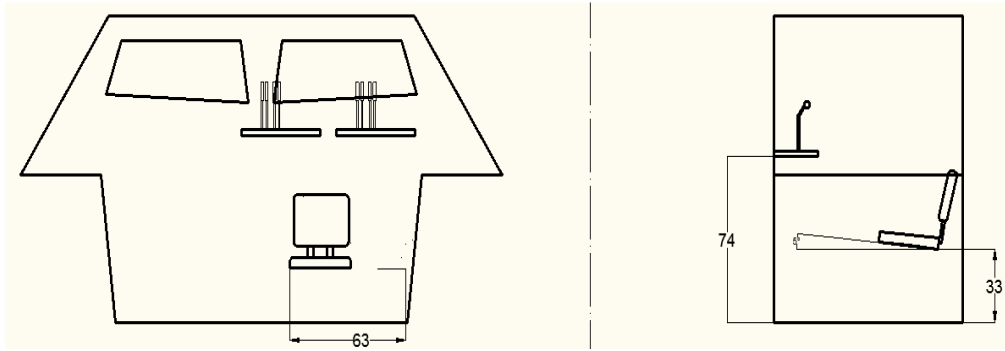
4.2.4 Analisis Rancangan Konfigurasi 5

Konfigurasi 5 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

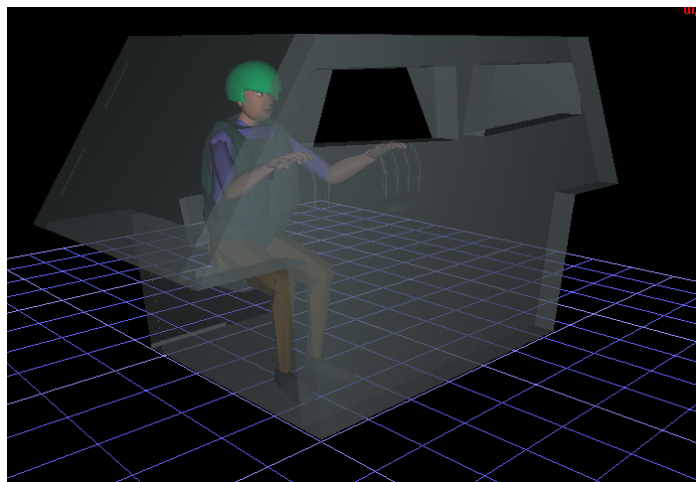
Tabel 4.12 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 5

Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
5	5 °	48 cm	33 cm	74 cm

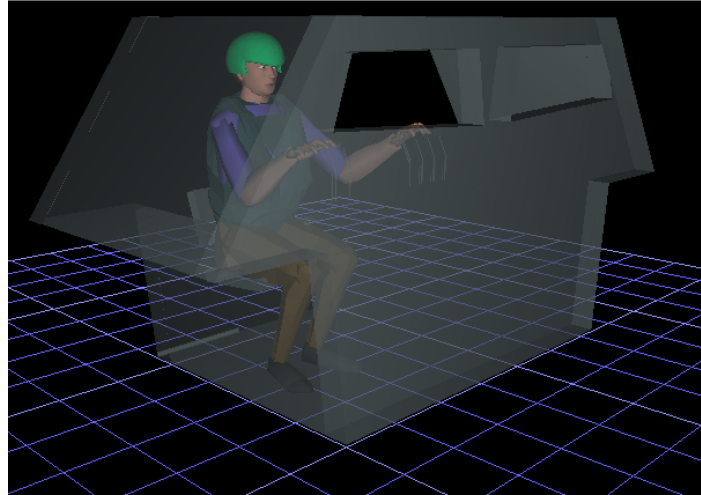
Dari tabel di atas pada konfigurasi 5, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 33 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 10 cm dari lantai kabin, besar 74 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 10 cm dari lantai kabin, dan besar 48 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 15 cm. Berikut ini adalah gambar dimensi konfigurasi 5 serta rancangan konfigurasi 5 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.20 Dimensi Konfigurasi 5



Gambar 4.21 Rancangan Konfigurasi 5 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.22 Rancangan Konfigurasi 5 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 5 didapat nilai LBA 1002 N untuk persentil 5 dan 1201 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai 2 untuk persentil 5 dan persentil 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai 4 untuk persentil 5 dan nilai 5 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 5 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Seperti terlihat pada tabel 4.13 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 5 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,606 dan 1,867. Hal ini menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 5 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 5

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
5	Persentil 5	1002	2	4	1.606134
	Persentil 95	1201	2	5	1.867521

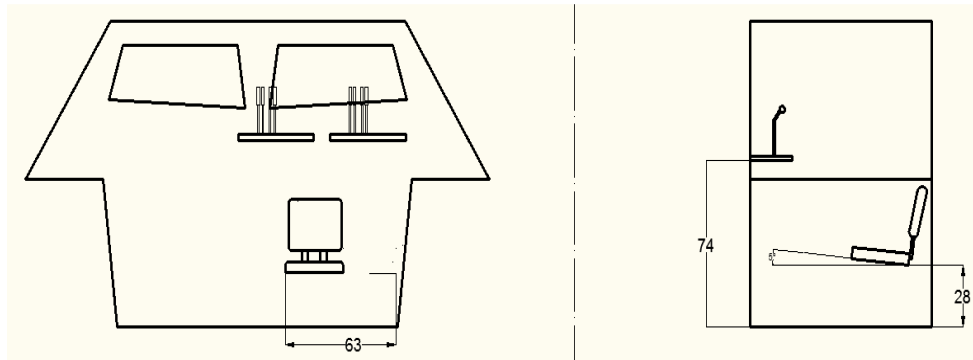
4.2.5 Analisis Rancangan Konfigurasi 6

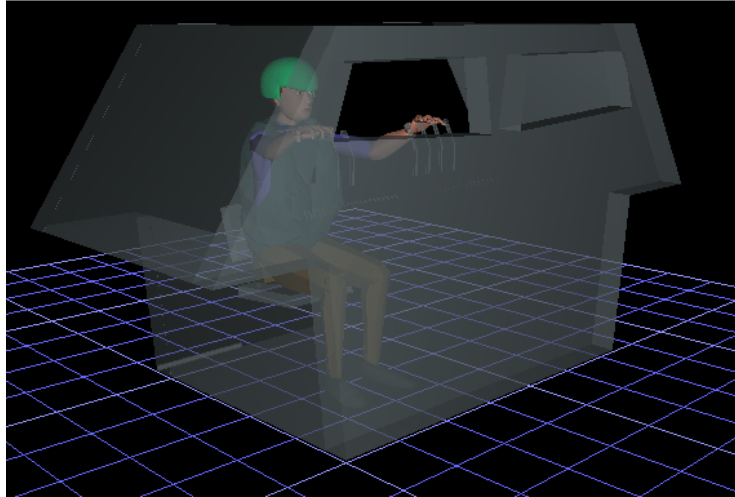
Konfigurasi 6 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

Tabel 4.14 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 6

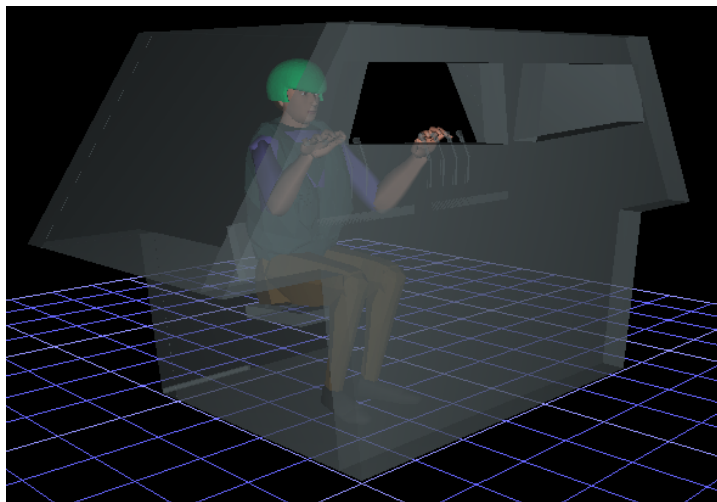
Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
6	5 °	63 cm	28 cm	79 cm

Dari tabel di atas pada konfigurasi 6, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 28 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 5 cm dari lantai kabin, besar 79 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 5 cm dari lantai kabin, dan besar 63 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 30 cm. Berikut ini adalah gambar dimensi konfigurasi 6 serta rancangan konfigurasi 6 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.

**Gambar 4.23** Dimensi Konfigurasi 6



Gambar 4.24 Rancangan Konfigurasi 6 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.25 Rancangan Konfigurasi 6 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 6 didapat nilai LBA 829 N untuk persentil 5 dan 1142 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai 2 untuk persentil 5 dan nilai 2 untuk persentil 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai 4 untuk persentil 5 dan nilai 3 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 6 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Sperti terlihat pada tabel 4.15 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 6 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,555 dan 1,444. Hal ini menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 6 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 6

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
6	Persentil 5	829	2	4	1.555252
	Persentil 95	1142	2	3	1.444454

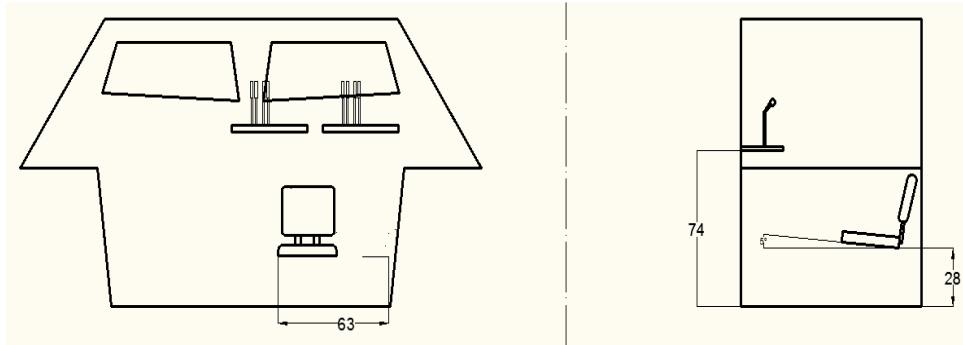
4.2.6 Analisis Perancangan Konfigurasi 7

Konfigurasi 7 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

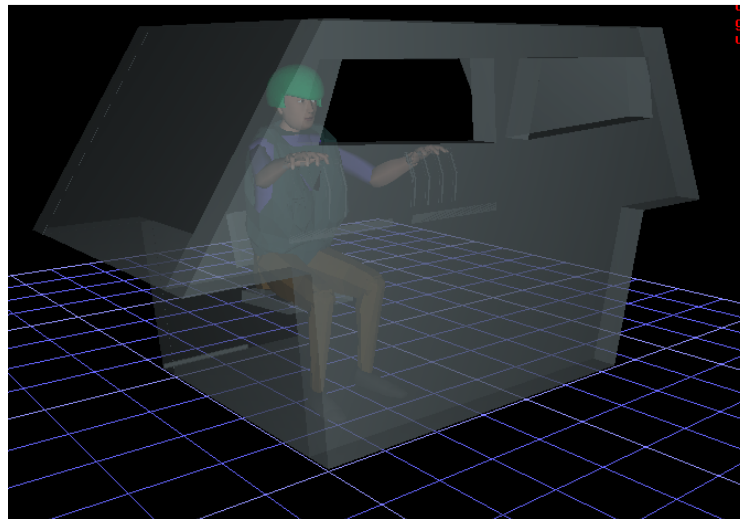
Tabel 4.16 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 7

Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
7	5 °	63 cm	28 cm	74 cm

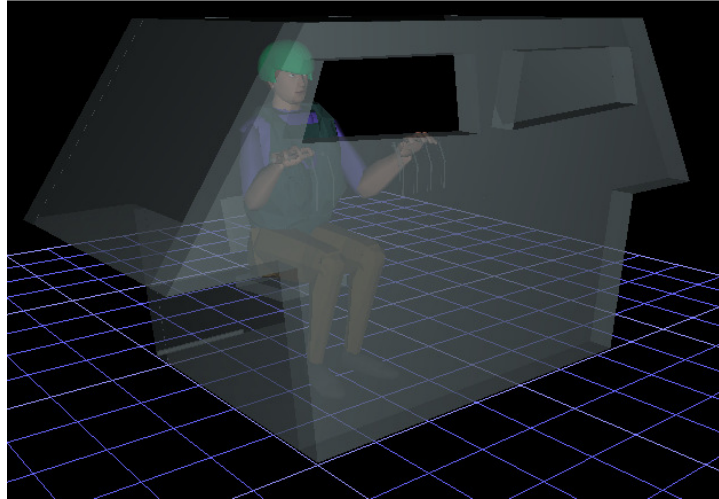
Dari tabel di atas pada konfigurasi 7, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 28 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 5 cm dari lantai kabin, besar 74 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 10 cm dari lantai kabin, dan besar 63 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 30 cm. Berikut ini adalah gambar dimesi konfigurasi 7 serta rancangan konfigurasi 7 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.26 Dimensi Konfigurasi 7



Gambar 4.27 Rancangan Konfigurasi 7 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.28 Rancangan Konfigurasi 7 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 7 didapat nilai LBA 890 N untuk persentil 5 dan 1189 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai 2 untuk persentil 5 dan persentil 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai 4 untuk persentil 5 dan nilai 3 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 7 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Sperti terlihat pada tabel 4.17 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 7 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,573 dan 1,458. Hal ini menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 7 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 7

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
7	Persentil 5	890	2	4	1.573193
	Persentil 95	1189	2	3	1.458277

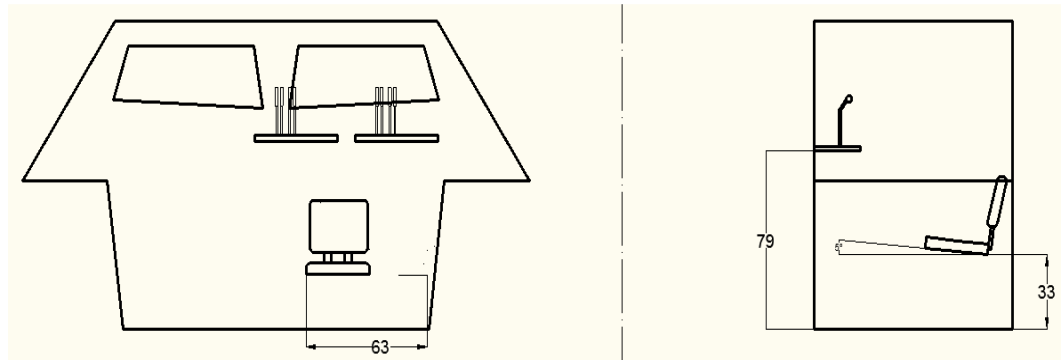
4.2.7 Analisis Perancangan Konfigurasi 8

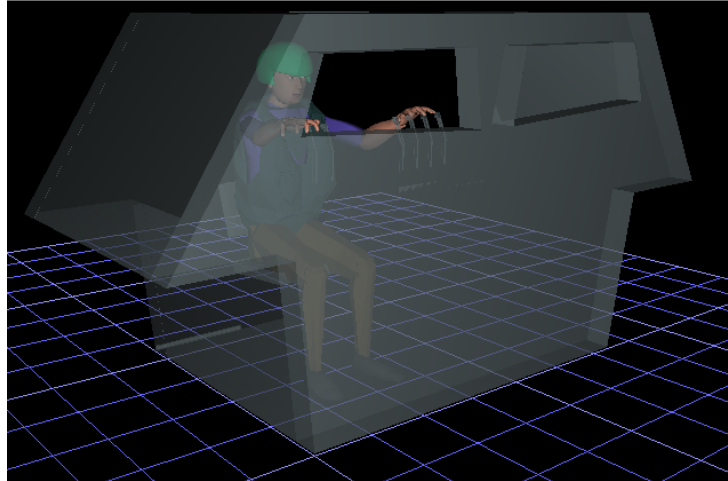
Konfigurasi 8 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

Tabel 4.18 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 8

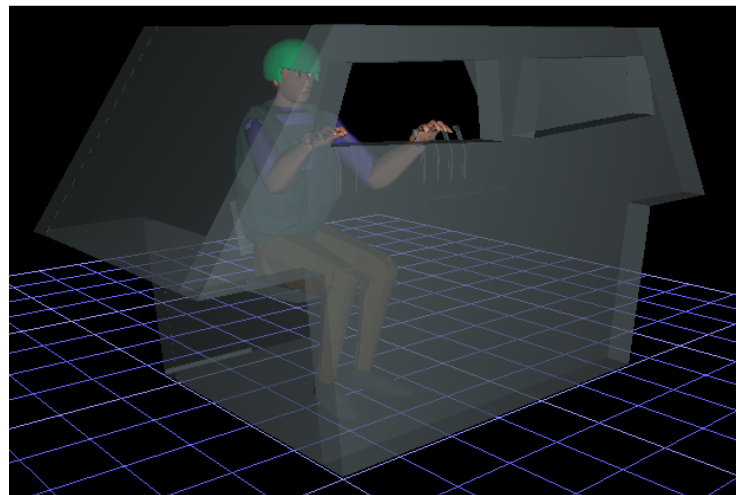
Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
8	5 °	63 cm	33 cm	79 cm

Dari tabel di atas pada konfigurasi 8, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 33 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 10 cm dari lantai kabin, besar 79 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 5 cm dari lantai kabin, dan besar 63 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 30 cm. Berikut ini adalah gambar dimensi konfigurasi 8 serta rancangan konfigurasi 8 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.

**Gambar 4.29** Dimensi Konfigurasi 8



Gambar 4.30 Rancangan Konfigurasi 8 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.31 Rancangan Konfigurasi 8 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 8 didapat nilai LBA 764 N untuk persentil 5 dan 998 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai 2 untuk persentil 5 dan persentil 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai 4 untuk persentil 5 dan nilai 3 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 8 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Sperti terlihat pada tabel 4.19 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 8 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,536 dan 1,402. Hal ini menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 8 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.19 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 8

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
8	Persentil 5	764	2	4	1.536134
	Persentil 95	998	2	3	1.402101

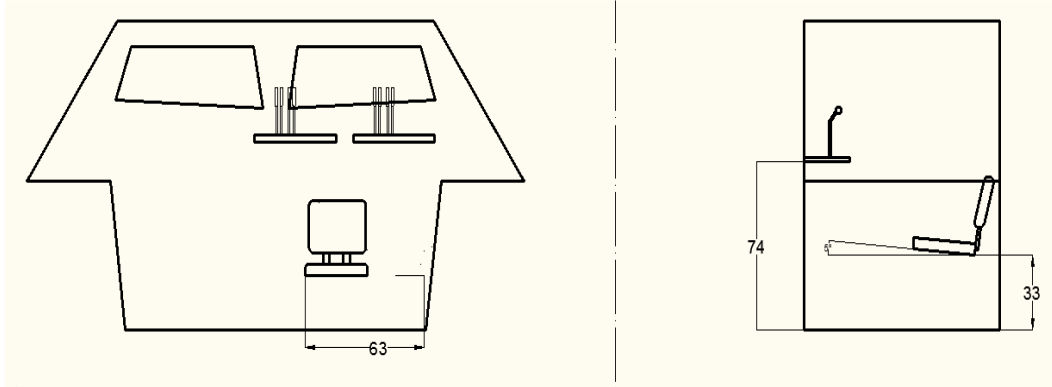
4.2.8 Analisis Perancangan Konfigurasi 9

Konfigurasi 8 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* kombinasinya sebagai berikut:

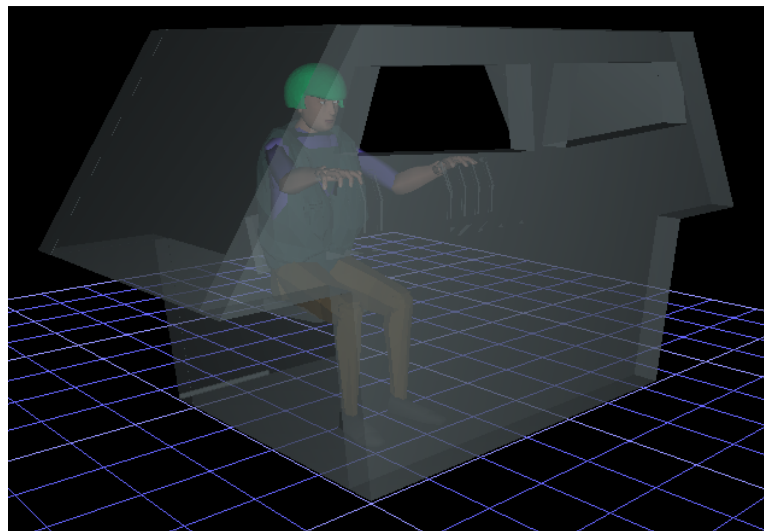
Tabel 4.20 Kombinasi Dimensi Konfigurasi 9

Konfigurasi	Kemiringan kursi	Pergeseran kursi	Tinggi kursi dari lantai	Tinggi panel
9	5 °	63 cm	33 cm	74 cm

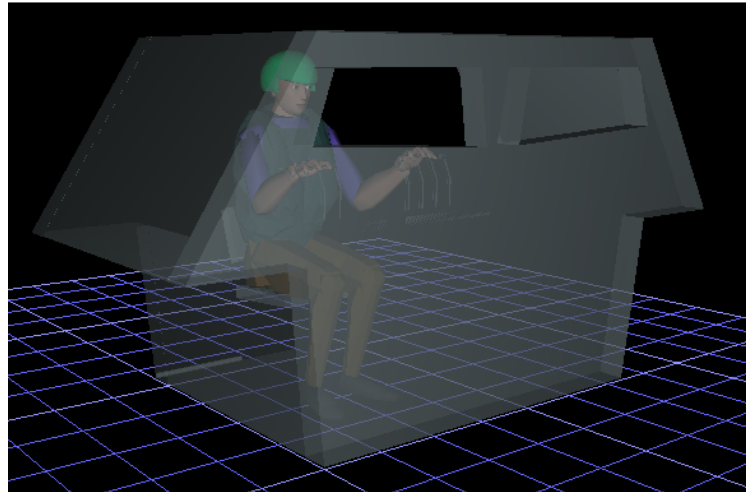
Dari tabel di atas pada konfigurasi 9, sudut kemiringan kursi menjadi 5 °, besar 33 cm merupakan tinggi kursi yang ditinggikan sebesar 10 cm dari lantai kabin, besar 74 cm merupakan tinggi panel yang direndahkan 10 cm dari lantai kabin, dan besar 63 cm merupakan pergeseran kursi operator sebesar 30 cm. Berikut ini adalah gambar dimesi konfigurasi 9 serta rancangan konfigurasi 9 pada manikin persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.32 Dimensi Konfigurasi 9



Gambar 4.33 Rancangan Konfigurasi 9 pada Manekin Persentil 5



Gambar 4.34 Rancangan Konfigurasi 9 pada Manekin Persentil 95

Desain kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 9 didapat nilai LBA 882 N untuk persentil 5 dan 1153 untuk persentil 95. Besar LBA ini lebih kecil dibandingkan dengan kondisi aktual. Pada nilai OWAS bernilai 2 untuk persentil 5 dan persentil 95. Sementara itu, nilai RULA memiliki nilai 4 untuk persentil 5 dan nilai 3 untuk persentil 95. Pada konfigurasi 9 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih di atas 90%, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI

Sperti terlihat pada tabel 4.21 dibawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 9 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,570 dan 1,447. Hal ini menunjukkan bahwa kabin operator *crane* kendaraan tempur konfigurasi 9 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual.

Tabel 4.21 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 9

Konfigurasi	Persentil	LBA	OWAS	RULA	PEI
9	Persentil 5	882	2	4	1.57084
	Persentil 95	1153	2	3	1.447689

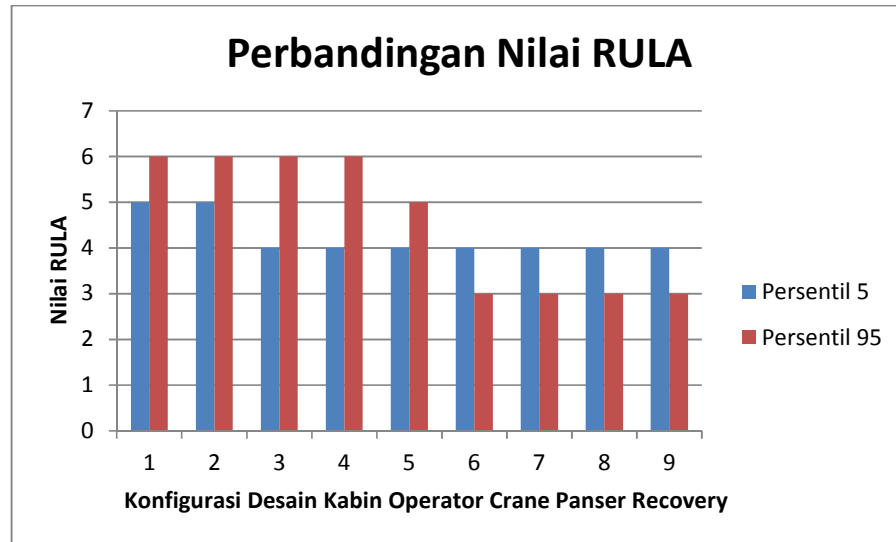
4.3 Analisis Perbandingan

Pada bagian ini akan dilakukan analisis perbandingan seputar hasil perhitungan PEI yang diperoleh. Perbandingan yang akan dilakukan adalah perbandingan rekapitulasi nilai PEI seluruh konfigurasi

4.3.1 Analisis Perbandingan Rekapitulasi Nilai PEI Seluruh Konfigurasi

Setelah dilakukan perhitungan nilai PEI dari konfigurasi 1 hingga usulan rancangan konfigurasi 8 pada kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery*, maka hasil yang diperoleh sebelumnya dapat dibandingkan satu sama lain. Perbandingan ini dilakukan untuk mencari konfigurasi manakah yang memiliki nilai PEI terendah, yang menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut merupakan nilai PEI terendah, yang menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut merupakan desain yang paling ergonomis bagi operator *crane* kendaraan tempur.

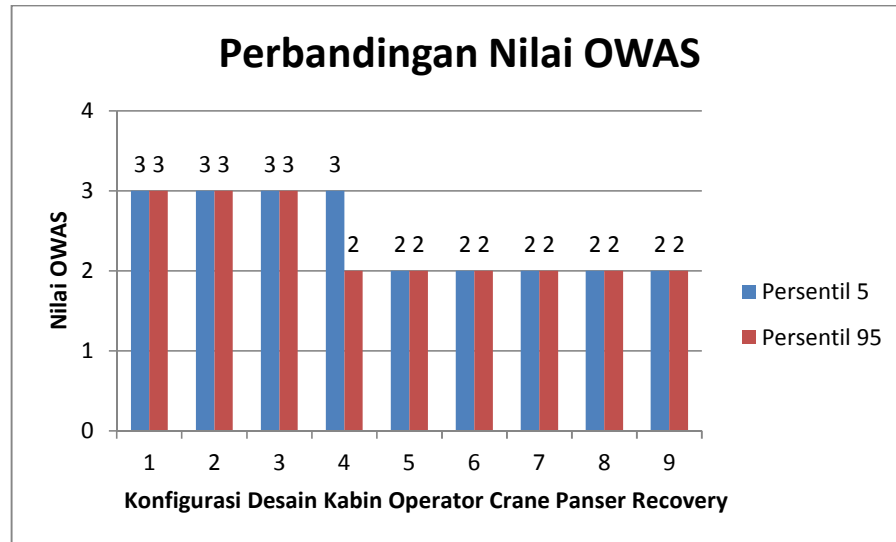
Berdasarkan perbandingan dari hasil SSP pada konfigurasi 1 hingga usulan rancangan konfigurasi 8 kabin operator *crane* kendaraan tempur tipe *recovery* pada persentil 5 dan 95 memiliki kecenderungan hasil yang sama. Dimana hasil SSP yang dihasilkan pada semua konfigurasi bernilai di atas 90%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai SSP telah melewati syarat yang disarankan dalam metode *Posture Evaluation Index* yang dikembangkan oleh peneliti dari Fakultas Teknik University of Naples Federico II Italia, Prof. Francesco Caputo dan Giuseppe Di Gironimo, Ph.D. Maka dari itu dapat ditarik kesimpulan bahwa semua konfigurasi populasi untuk melakukan aktivitas yang disimulasikan dengan postur yang ditunjukkan pada konfigurasi.



Gambar 4.35 Grafik Perbandingan Nilai RULA Seluruh Konfigurasi

Berdasarkan gambar 4.31 mengenai grafik perbandingan nilai RULA pada seluruh konfigurasi terlihat bahwa pada persentil 5 nilai RULA menurun pada konfigurasi 3 yang bernilai 4 dan ini merupakan nilai RULA yang terkecil yang didapat dari konfigurasi 3 hingga konfigurasi 9. Sedangkan pada persentil 95 nilai RULA turun pada konfigurasi 5 dengan nilai 3 yang didapat dari konfigurasi 5 hingga konfigurasi 9. Pada konfigurasi yang memiliki nilai RULA terkecil tersebut mempunyai kesamaan yang terletak pada usulan konfigurasi desain kursi yang di tinggikan dan tuas panel yang direndahkan.

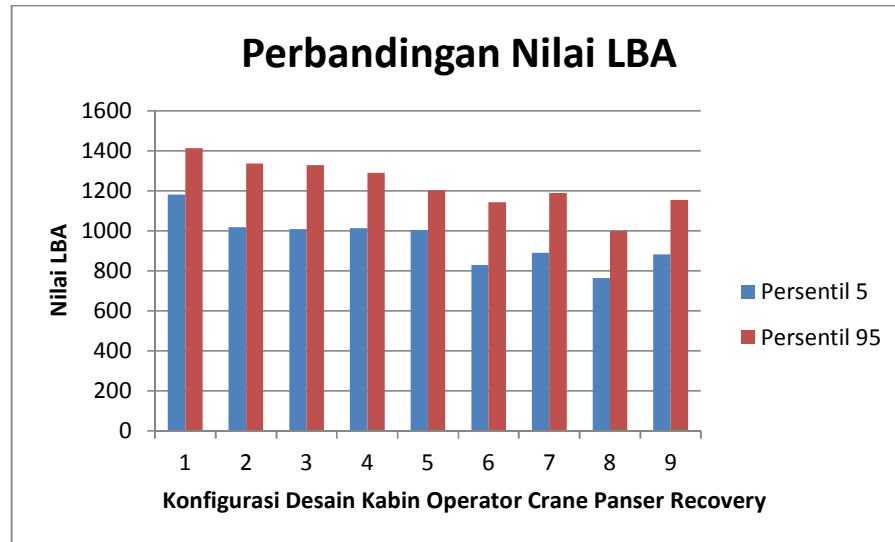
Sesuai dengan penjelasan sebelumnya mengenai RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) yang merupakan penilaian pada postur tubuh bagian atas. Bila merujuk pada desain kursi yang di tinggikan dan tuas panel yang direndahkan sebesar 5 cm dan 10 cm akan membuat operator lebih mudah untuk mengendalikan tuas panel *crane* karena pada kondisi actual tuas panel *crane* ini memiliki jangkauan yang sedikit tinggi sehingga tangan operator menjadi lurus kedepan dan menegang. Sehingga berdasarkan perbandingan nilai RULA konfigurasi desain kursi yang di tinggikan dan tuas panel yang direndahkan sebesar 5 cm dan 10 cm bersifat lebih ergonomis bila dibandingkan konfigurasi 1 (aktual).



Gambar 4.36 Grafik Perbandingan Nilai OWAS Seluruh Konfigurasi

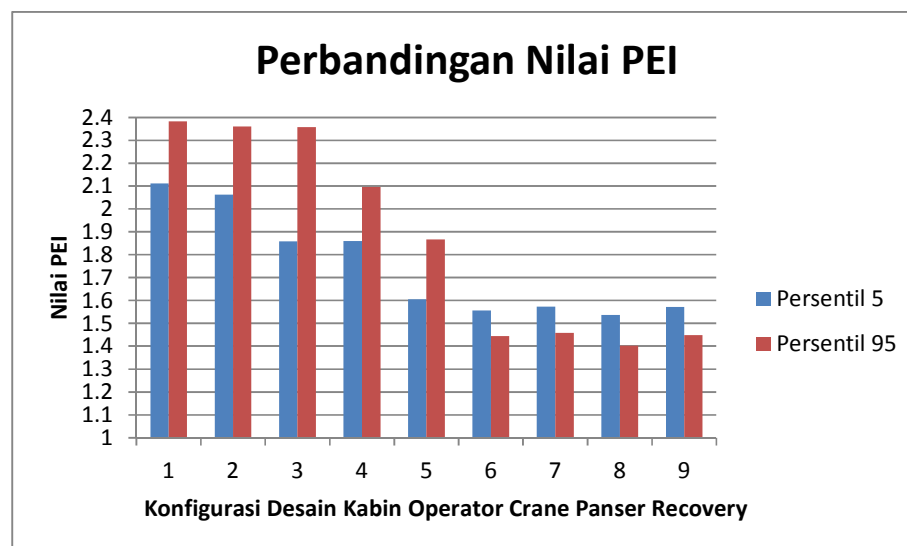
Berdasarkan gambar 4.32 mengenai grafik perbandingan nilai OWAS pada seluruh konfigurasi terlihat bahwa terdapat beberapa usulan konfigurasi yang mempunyai nilai OWAS berada dibawah konfigurasi 1 (rencana desain awal). Dapat dilihat pada persentil 5 dari konfigurasi 5 hingga konfigurasi 9 memiliki nilai terkecil, yaitu 2. Sedangkan pada persentil 95 dari konfigurasi 4 hingga konfigurasi 9 memiliki nilai terkecil, yaitu 2. Pada konfigurasi-konfigurasi tersebut memiliki nilai OWAS terkecil tersebut memiliki kesamaan yang terletak pada usulan konfigurasi desain kemiringan kursi operator sebesar 5 °.

Bila dilihat dari penjelasan mengenai OWAS (*Ovako Working Analysis System*) yang menilai kenyamanan suatu postur kerja, terlihat bahwa postur yang diberikan kursi pada konfigurasi 1 (actual) tidak meiliki kemiringan sudut kursi, dan postur tersebut tidaklah nyaman. Pada postur kerja yang kursinya tidak memiliki sudut kemiringan kan membuat badan menegang dan yang nantinya cenderung akan membungkuk.



Gambar 4.37 Grafik Perbandingan Nilai LBA Seluruh Konfigurasi

Berdasarkan gambar 4.33 mengenai grafik perbandingan nilai LBA pada seluruh konfigurasi terlihat bahwa semua usulan konfigurasi yang telah dibuat memiliki nilai LBA di bawah konfigurasi 1 (aktual). Dapat dilihat pada persentil 5 nilai LBA terkecil ditunjukkan pada konfigurasi 8, dan pada persentil 95 nilai terkecil ditunjukkan pada konfigurasi 8. Nilai LBA ini didapat dari intergrasi dari seluruh rancangan konfigurasi yang telah dibuat.



Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Nilai PEI Seluruh Konfigurasi

Nilai PEI yang besar pada konfigurasi 1 dipengaruhi oleh nilai RULA yang paling besar dengan nilai 6. Dengan demikian jika ditinjau dari nilai PEI, dapat dikatakan konfigurasi 1 sebagai rencana awal desain merupakan desain kabin operator *crane* kendaraan tempur panser tipe *recovery* yang paling tidak ergonomis.

Setelah dilakukan perhitungan nilai PEI untuk seluruh konfigurasi, kemudian dilanjutkan dengan membandingkan seluruh hasil nilai PEI yang didapat. Setelah dibandingkan ternyata nilai PEI yang terkecil atau konfigurasi yang paling ergonomis adalah konfigurasi 8 dengan nilai PEI 11,536 untuk persentil 5 dan 1,402 untuk persentil 95, yang dimana kombinasi dimensinya kemiringan sudut kursi sebesar 5 °, pergeseran kursi dengan jarak 63 cm, tinggi kursi dari lantai kabin 33 cm, dan tinggi panel dari lantai kabin 79 cm.

BAB 5

KESIMPULAN

Dalam Bab 5 ini akan dipaparkan hasil dari analisis yang telah dilakukan dalam Bab 4. Dari hasil analisis tersebut akan merupakan dibuat kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dibuat disertai dengan masukan dan saran berdasarkan hasil yang telah dicapai.

1.1 Kesimpulan

Dari penelitian “Perancangan Kabin Operator Crane Kendaraan Tempur Panser Tipe Recovery yang Ergonomis Dalam Model Virtual Environment” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain actual kabin operator *crane* kendaraan tempur saat ini memiliki nilai LBA sebesar 1182 N untuk persentil 5 dan 1413 untuk persentil 95. Nilai LBA ini masih dibawah *Compression Action Limit* berdasarkan standar NIOSH (3400 N) menunjukkan bahwa desain masih cukup aman dan memberikan resiko cedera pada tulang belakang yang relative kecil. Sementara itu, nilai OWAS yang diperoleh bernilai 3, ini menunjukkan bahwa postur kerja saat ini secara nyata membahayakan sistem muskuloskeletal manusia dan tindakan perbaikan perlu dilakukan sesegera mungkin. Nilai RULA yang diperoleh adalah 5 untuk persentil 5 dan nilai 6 untuk persentil 95, yang berarti perlu dilakukan penyelidikan dan tindakan secepatnya untuk memperbaiki kondisi postur kerja. Nilai PEI yang didapat adalah 2,111 untuk persentil 5 dan 2,382 untuk persentil 95. Nilai PEI ini bukan nilai yang terbaik dibandingkan nilai PEI konfigurasi lain, sehingga dilakukan perbaikan.
2. Terdapat beberapa factor yang mempengaruhi nilai PEI pada postur yang didapat dari setiap konfigurasi, diantaranya kemiringan sudut kursi, ketinggian posisi kursi, tinggi tuas panel *crane*, dan pergeseran posisi kursi.

3. Hasil perbandingan PEI kondisi aktual dan 8 konfigurasi usulan didapatkan nilai PEI terkecil yaitu pada konfigurasi 8 yaitu dengan nilai PEI sebesar 1,536 untuk persentil 5 dan 1,402 untuk persentil 95. Berdasarkan konfigurasi dengan nilai PEI terkecil tersebut, didapatkan bahwa dimensi yang terbaik dengan kemiringan sudut kursi sebesar 5 °, pergeseran kursi dengan jarak 63 cm, jarak tinggi kursi dari lantai kabin 33 cm, dan jarak tinggi panel dari lantai kabin 79 cm.

1.2 Saran

Dalam merancang kendaraan tempur sebaiknya tidak hanya mempertimbangkan dari segi spesifikasi militer saja tetapi juga didasarkan atas kajian ergonomi. Pertimbangan dari segi ergonomi khususnya dalam perancangan kabin operator *crane* yang berperan penting dalam menyelamatkan kendaraan tempur lainnya disaat pertempuran di medan perang.

Faktor ergonomi seharusnya menjadi suatu hal yang penting dalam mendesain kendaraan tempur. Dengan adanya factor ergonomis dalam ruang lingkup kerja dapat membuat pekerjaan menjadi lebih optimal.

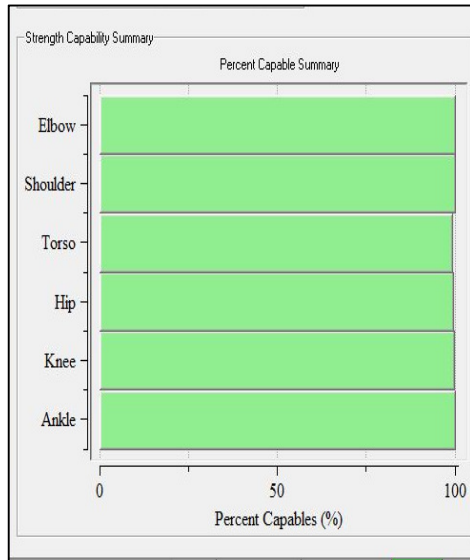
DAFTAR PUSTAKA

- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis. h.1.
- 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*.
- Chuan, Tan Kay., Hartono, Markus., Kumar, Naresh., (2010). *International Journal of Industrial Ergonomics. Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations*. National University of Singapore.
- 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*.
- Franco, G. dan Fusetti, L. (2004). Bernardino Ramazzini's early observation of the link between musculoskeletal disorders and ergonomic factors. *Applied Ergonomics* 35, 67-70.
- Kalawsky, R. (1993). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Gambridge: Addison-Wesley Publishing Company.
- Karwowski, Waldemar. (1991). Complexity, Fuzziness, and Ergonomic Incompability Issues in The Control of Dynamic Work Environment. *Ergonomics* 34, 671-686.
- 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 simulations*.
<http://www.ugs.com/>

United States Department of Defence (1999). *MIL-STD 1462F: Department of Defense Human Engineering Design Criteria Standard*.

Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 2 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	2
Wrist:	1
Wrist Twist:	2
Total:	4

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

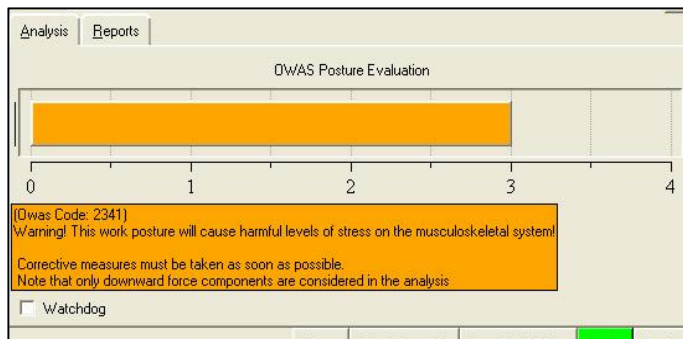
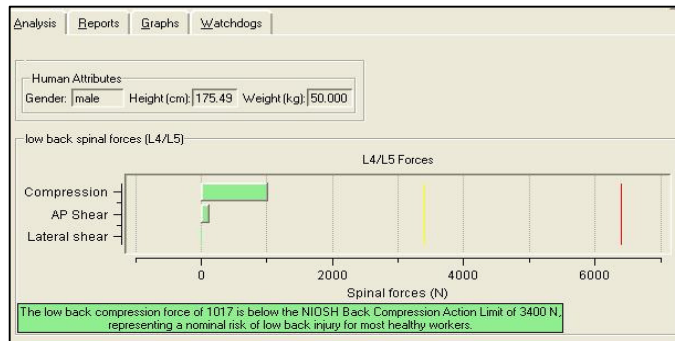
Neck:	4
Trunk:	1
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

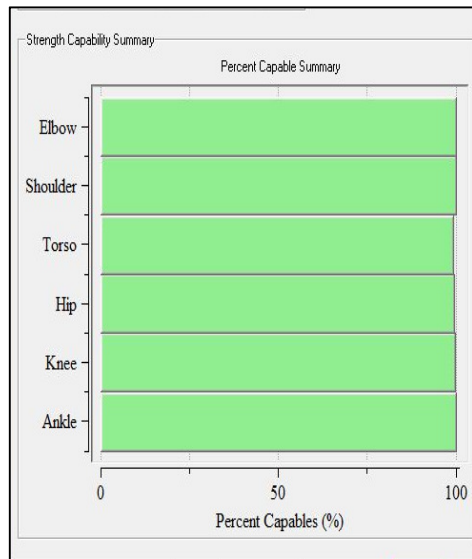
Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 5
 Action: Investigation and changes are required soon.



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 2 Persentil 95



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	2
Wrist:	3
Wrist Twist:	2
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

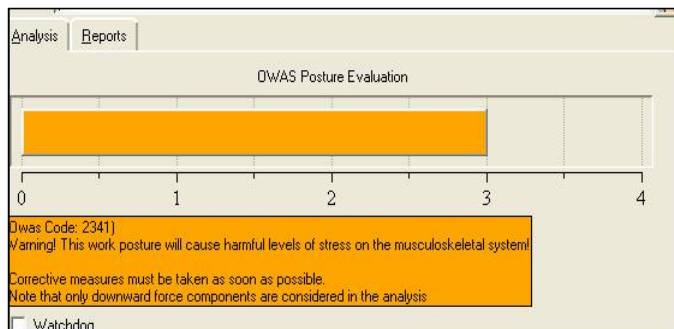
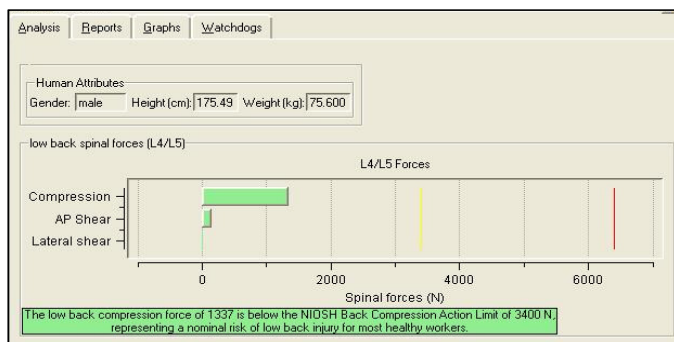
Neck:	4
Trunk:	2
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

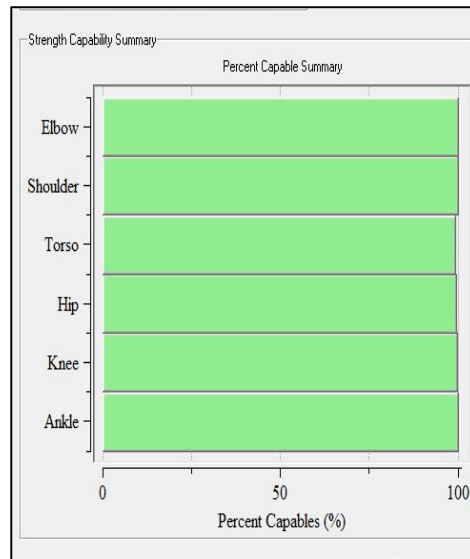
Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 6
 Action: Investigation and changes are required soon.



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 3 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating
 Upper arm: 4
 Lower arm: 3
 Wrist: 2
 Wrist Twist: 2
 Total: 5

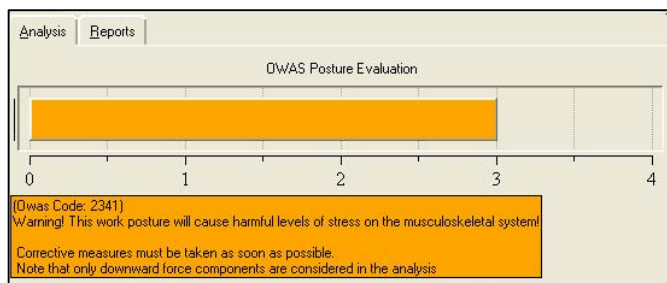
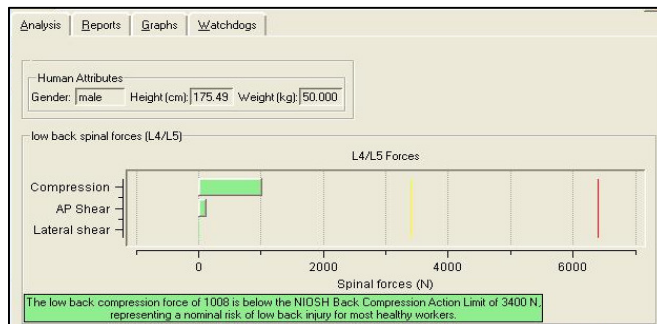
Body Group B Posture Rating
 Neck: 1
 Trunk: 2
 Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating
 Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

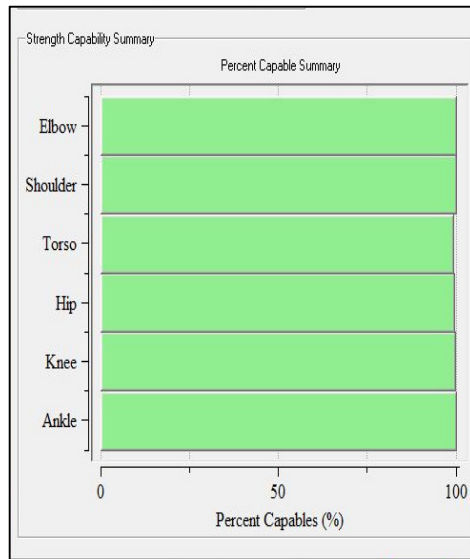
Grand Score: 4
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.



Lampiran 1

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 3 Persentil 95



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
Lower arm: 2
Wrist: 3
Wrist Twist: 2
Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 4
Trunk: 2
Total: 5

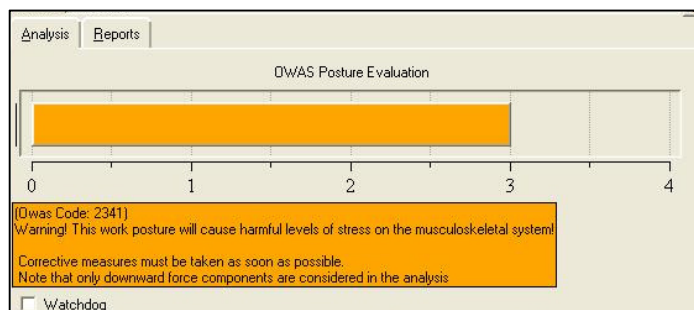
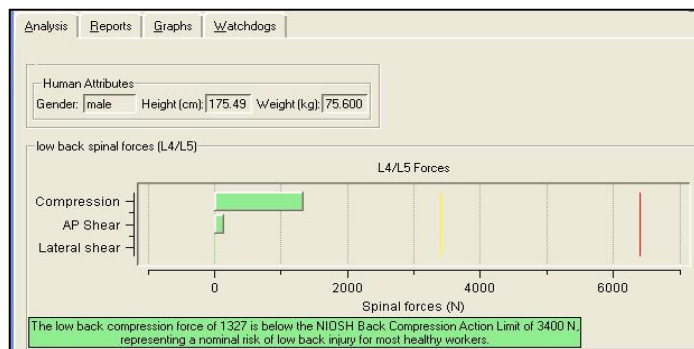
Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

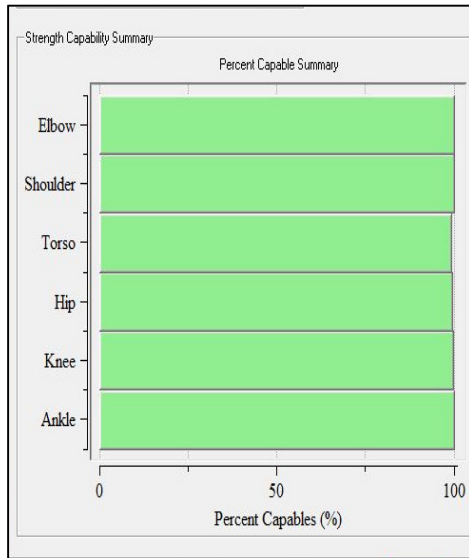
Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 6
Action: Investigation and changes are required soon.



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 4 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis summary

Job Title: _____ Job Number: _____
 Location: _____ Analyst: _____
 Comments: _____ Date: _____

Body Group A Posture Rating
 Upper arm: 4
 Lower arm: 3
 Wrist: 2
 Wrist Twist: 2
 Total: 5

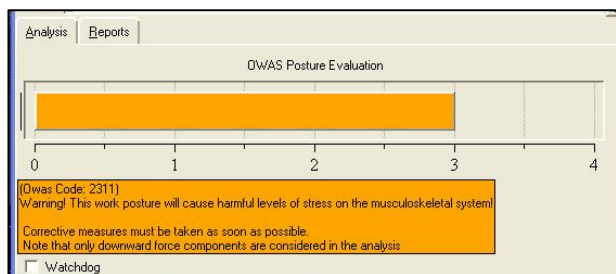
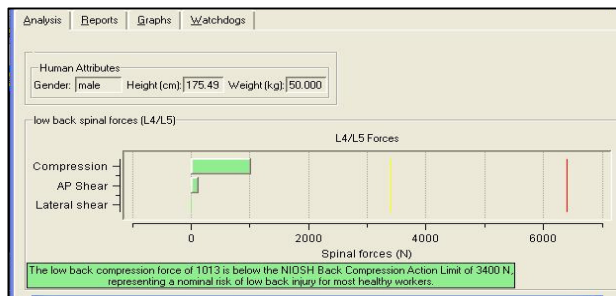
Body Group B Posture Rating
 Neck: 1
 Trunk: 2
 Total: 2

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating
 Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

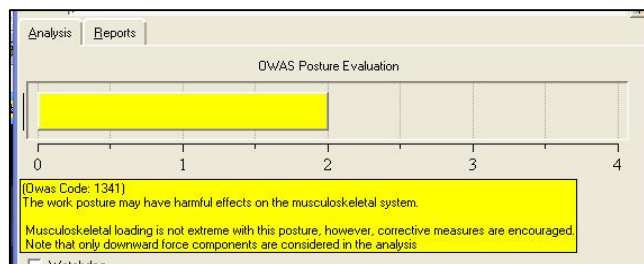
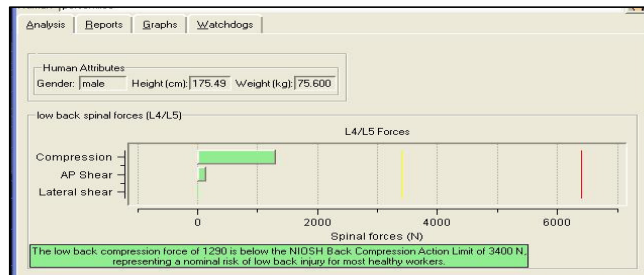
Grand Score: 4
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.



Lampiran 1

Hasil Analisis Jack TAT

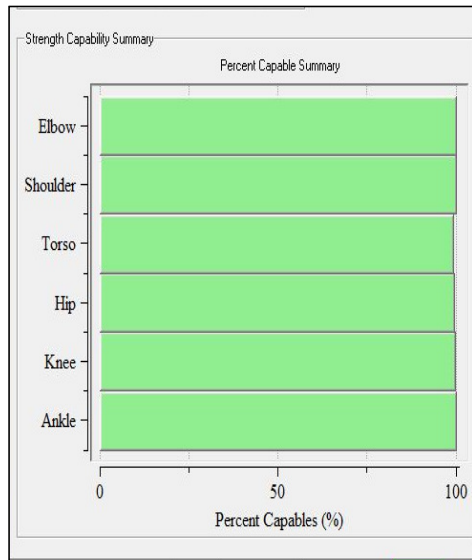
Konfigurasi 4 Persentil 95



Lampiran 1

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 5 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: _____ Job Number: _____
Location: _____ Analyst: _____
Comments: _____ Date: _____

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	3
Wrist:	2
Wrist Twist:	2
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	2
Total:	2

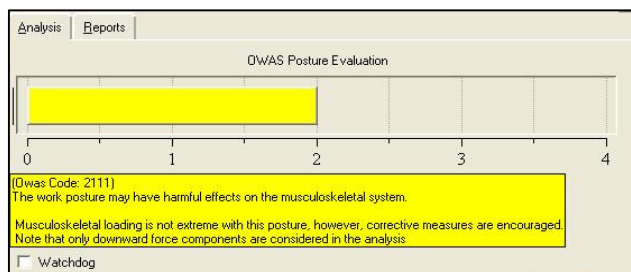
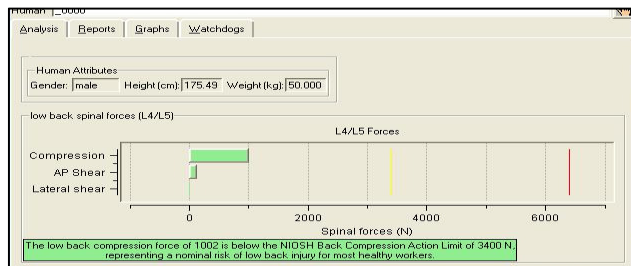
Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 4

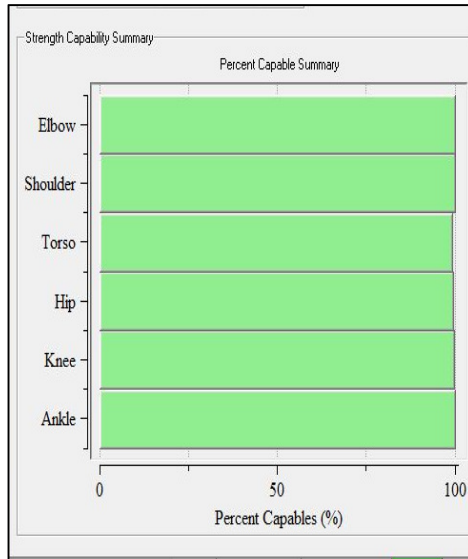
Action: Further investigation needed. Changes may be required.



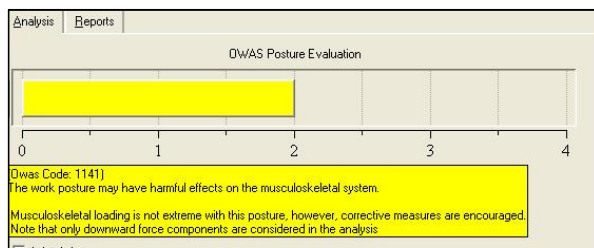
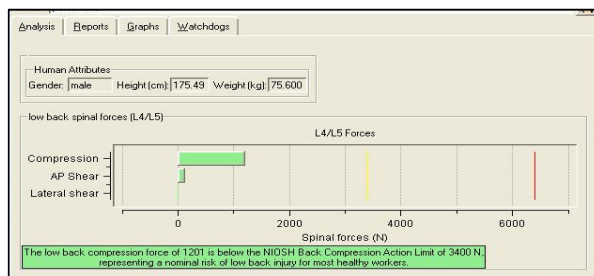
Lampiran 1

Hasil Analisis Jack TAT

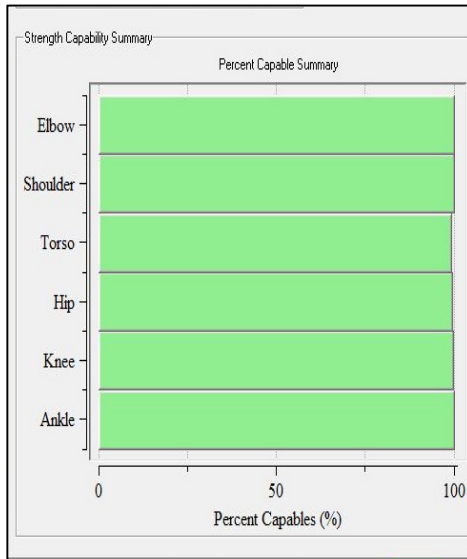
Konfigurasi 5 Persentil 95



Task Entry	Reports	Analysis Summary
Job Title:		Job Number:
Location:		Analyst:
Comments:		Date:
Body Group A Posture Rating		
Upper arm:	4	
Lower arm:	2	
Wrist:	1	
Wrist Twist:	2	
Total:	4	
Body Group B Posture Rating		
Neck:	4	
Trunk:	1	
Total:	5	
Muscle Use: Normal, no extreme use		
Force/Load: < 2 kg intermittent load		
Arms: Not supported		
Legs and Feet Rating		
Seated, Legs and feet well supported. Weight even.		
Grand Score: 5		
Action: Investigation and changes are required soon.		



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 6 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	3
Wrist:	2
Wrist Twist:	2
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	2
Total:	2

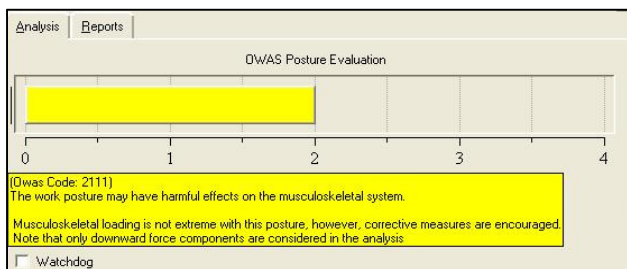
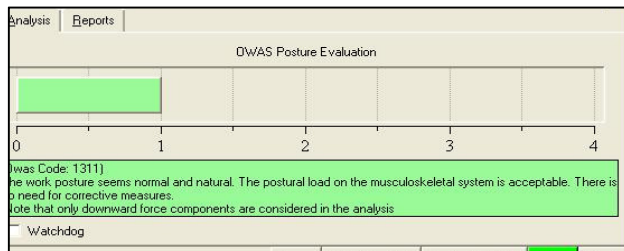
Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

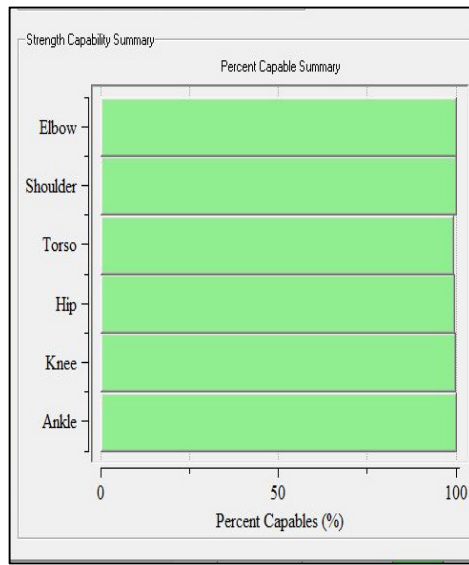
Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 4

Action: Further investigation needed. Changes may be required.



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 6 Persentil 95



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating:
 Upper arm: 4
 Lower arm: 2
 Wrist: 1
 Wrist Twist: 2
 Total: 4

Body Group B Posture Rating:
 Neck: 1
 Trunk: 1
 Total: 1

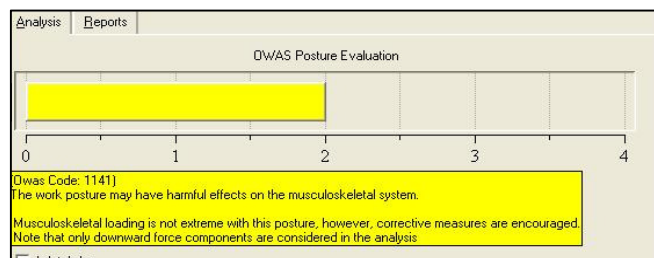
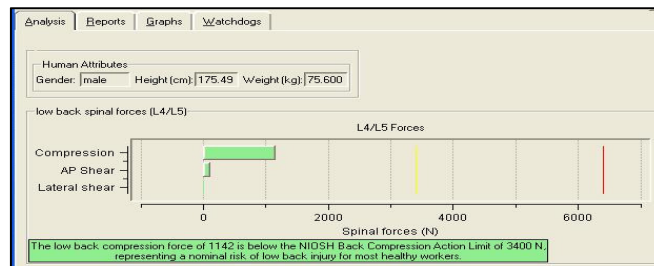
Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

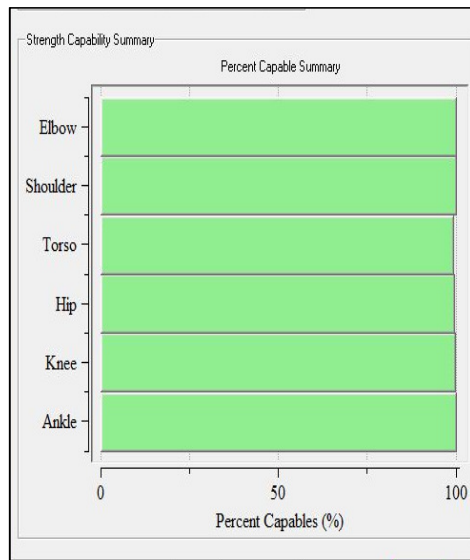
Legs and Feet Rating:
 Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 3
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 7 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	3
Wrist:	2
Wrist Twist:	2
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

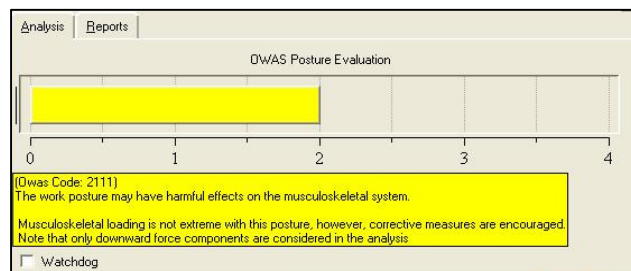
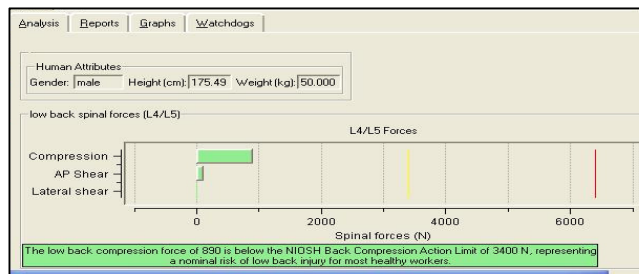
Neck:	1
Trunk:	2
Total:	2

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

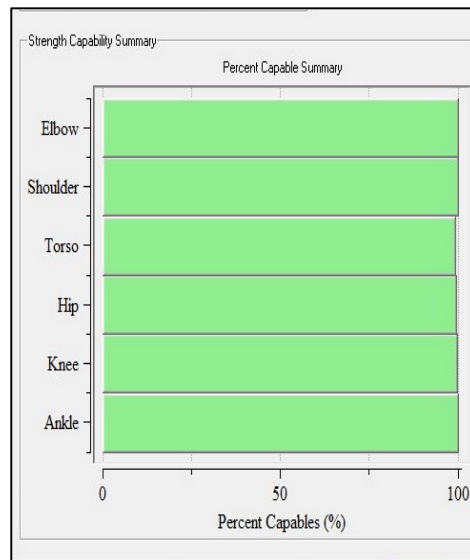
Grand Score: 4
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.



Lampiran 1

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 7 Persentil 95



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: _____ Job Number: _____
Location: _____ Analyst: _____
Comments: _____ Date: _____

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
Lower arm: 2
Wrist: 1
Wrist Twist: 2
Total: 4

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
Trunk: 1
Total: 1

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

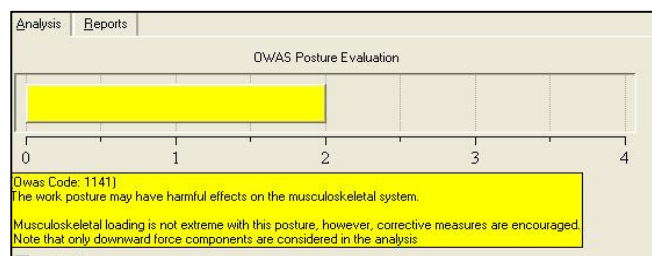
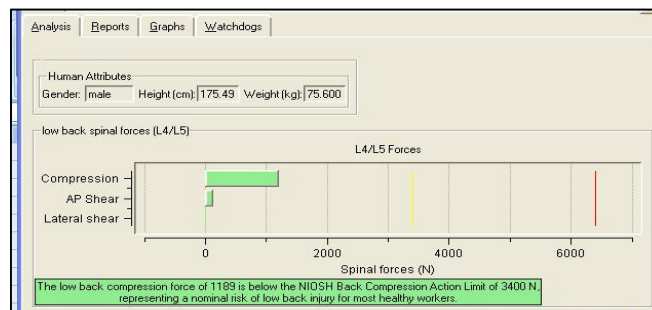
Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

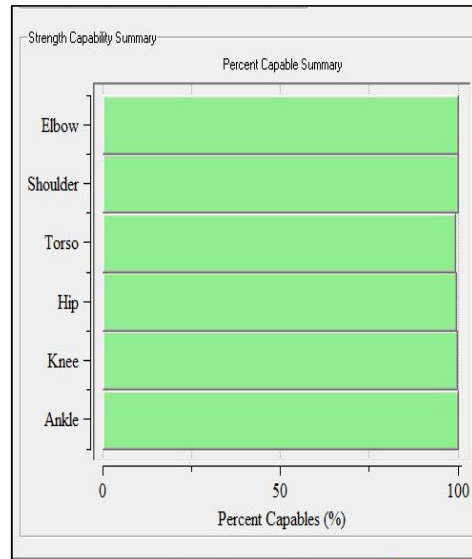
Grand Score: 3

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 8 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	3
Wrist:	2
Wrist Twist:	2
Total:	5

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	2
Total:	2

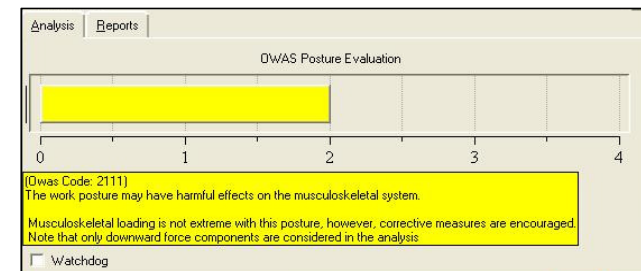
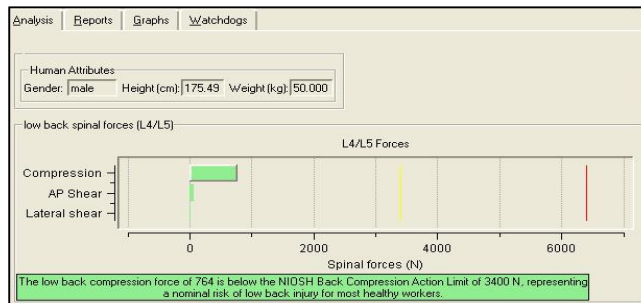
Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

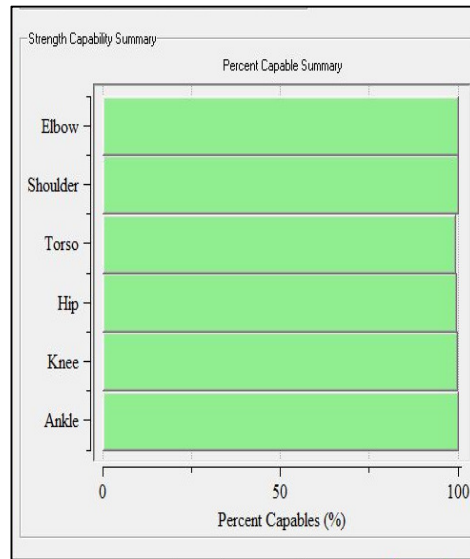
Grand Score: 4
 Action: Further investigation needed. Changes may be required.



Lampiran 1

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 8 Persentil 95



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: _____ Job Number: _____
Location: _____ Analyst: _____
Comments: _____ Date: _____

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
Lower arm: 2
Wrist: 1
Wrist Twist: 2
Total: 4

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
Trunk: 1
Total: 1

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

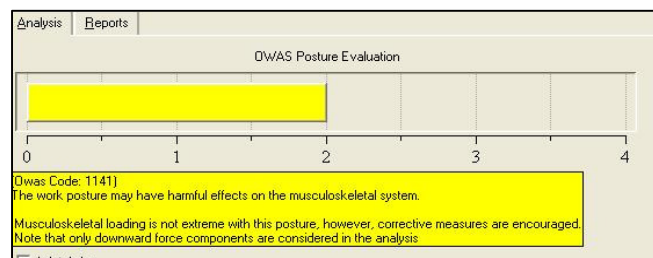
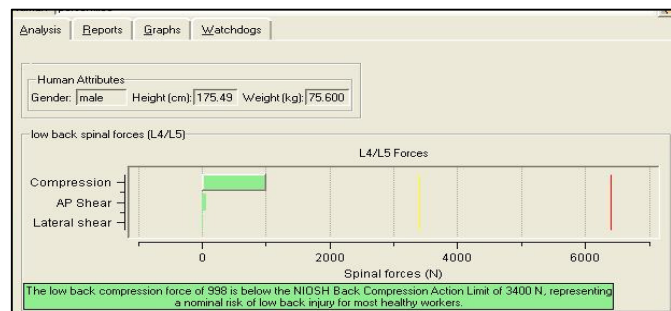
Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

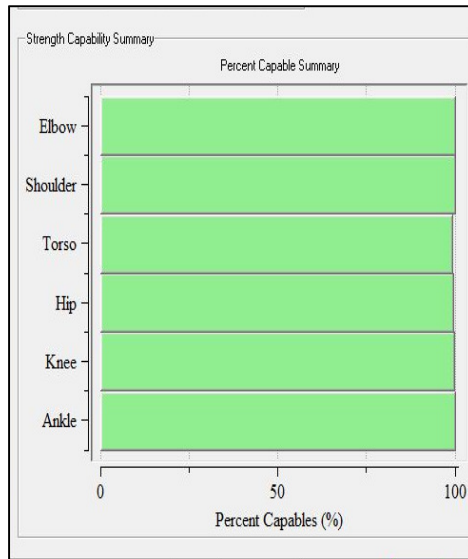
Grand Score: 3

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis



Lampiran 1
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 9 Persentil 5



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	3
Wrist:	2
Wrist Twist:	2
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	2
Total:	2

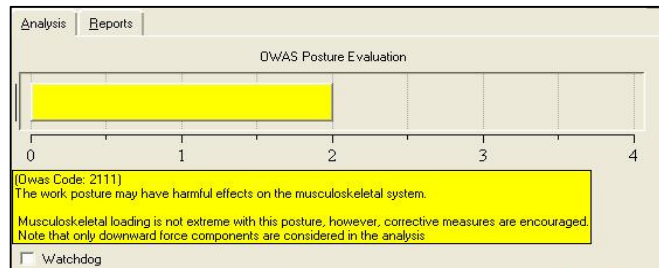
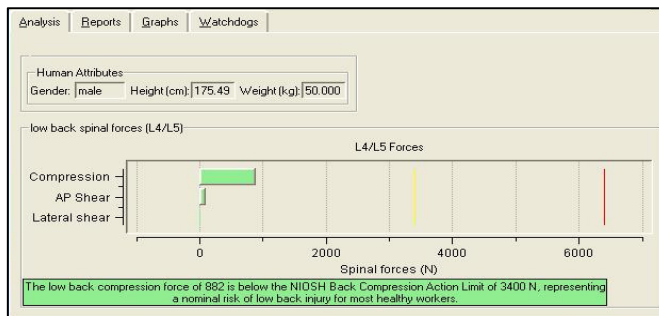
Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 4

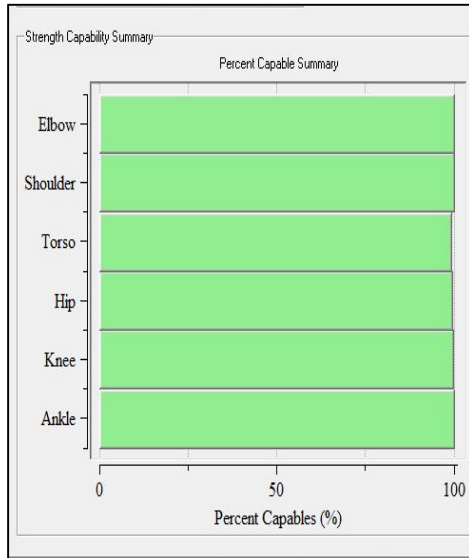
Action: Further investigation needed. Changes may be required.



Lampiran 1

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 9 Persentil 95



Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	2
Wrist:	1
Wrist Twist:	2
Total:	4

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	1
Total:	1

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 3
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

