



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POSTUR DUDUK TENTARA INDONESIA
DAN PERANCANGAN KURSI PENUMPANG KENDARAAN
TEMPUR TIPE APC (*ARMOURED PERSONNEL CARRIER*)
YANG ERGONOMIS DALAM *VIRTUAL ENVIRONMENT***

SKRIPSI

**RADEN YOGA PRAWIRANEGARA
0706274930**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS POSTUR DUDUK TENTARA INDONESIA
DAN PERANCANGAN KURSI PENUMPANG KENDARAAN
TEMPUR TIPE APC (*ARMoured PERSONNEL CARRIER*)
YANG ERGONOMIS DALAM *VIRTUAL ENVIRONMENT***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**RADEN YOGA PRAWIRANEGARA
0706274930**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**

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 : Raden Yoga Prawiranegara

NPM : 0706274930

Tanda tangan : 

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Raden Yoga Prawiranegara
NPM : 0706274930
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Postur Duduk Tentara Indonesia dan Perancangan Kursi Penumpang Kendaraan Tempur Tipe APC (*Armoured Personnel Carrier*) 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 : Ir. Erlinda Muslim, MEE ()
Penguji : Dr. -Ing. Amalia Suzianti ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

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 pengarahan yang diberikan dalam penelitian ini.
- Orang tua dan segenap anggota keluarga penulis: Ayahanda H. Ahmad Suhandi, Ibunda Hj. Neneng Nurlaela, Rizki, dan Risna, yang telah memotivasi, menghibur, dan mendukung saya selama ini.
- Rekan bimbingan skripsi saya, yaitu Muhammad Farouk Akbar, Ivan G. Sihombing, Andrea Coudillo, Dela Agung Septriady, Landra Bakri atas kerja samanya selama penelitian ini.
- Teman-teman *Ergonomy Centre*: Satria Utama, Handoyo Handoko, Valentina Cynthia, Evariyani Rizki, Melissa Kartika, Sherly Juanita, Yunita, Regina Prisilia, Sartika Tjandra, Bayu Pramudyo, Heny Nopiyanti, Hilda Rizkiani, Radita Tanaya, Anisha Puti, Chandra Satria, Komara Jaya yang tak henti-hentinya saling memberikan semangat dalam mengerjakan penelitian ini.
- Felita Ersalina yang telah memberikan dukungan dan semangat selama ini. Terima kasih untuk senyum, dukungan, dan perhatiannya.

- Bapak Sena Maulana atas bimbingannya selama di PINDAD
- Bapak F. E. Sinaga dan Bapak I Wayan atas bantuannya dalam pengambilan data di Batalyon Infantri Mekanis 201
- Teman-teman Teknik Industri Universitas Indonesia angkatan 2007, 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.
- Ir. Rahmat Nurcahyo, MEng.Sc., 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, 14 Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Raden Yoga Prawiranegara

NPM : 0706274930

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

Analisis Postur Duduk Tentara Indonesia

dan Perancangan Kursi Penumpang Kendaraan Tempur Tipe APC

(*Armoured Personnel Carrier*) 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 2011

Yang Menyatakan



(Raden Yoga Prawiranegara)

ABSTRAK

Nama : Raden Yoga Prawirangara
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Analisis Postur Duduk Tentara Indonesia dan Perancangan Kursi Penumpang Kendaraan Tempur Tipe APC (*Armoured Personnel Carrier*) yang Ergonomis dalam *Virtual Environment*

Selama perjalanan dalam kendaraan tempur pengangkut personil (*Armoured Personnel Carrier*), tentara duduk dalam keadaan statis dan dalam jangka waktu yang lama. 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 dan jarak pegangan tangan 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 : Raden Yoga Prawiranegara
Study Program : Industrial Engineering
Title : The Analysis of Indonesian Soldiers Posture and
Design of an Ergonomic Armoured Personnel Carrier Vehicles
Seat Passenger in 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	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	9
BAB 2 LANDASAN TEORI	11
2.1 Ergonomi	11
2.2 Ergonomi dan <i>Design Product</i>	12
2.3 <i>Comfort and Discomfort</i>	14
2.4 Work-Related Muskuloskeletal Disorder (WMSD)	15
2.5 Antropometri	17
2.5.1 Penggunaan Data Antropometri	19
2.6 Postur Duduk	22
2.7 Virtual Environment	25
2.7.1 <i>Software Auto Cad</i>	26
2.7.2 <i>Software NX 6</i>	27
2.7.3 <i>Software Jack 6.1</i>	27
2.8 Metode Posture Evaluation Index (PEI)	31
2.8.1 Static Strength Prediction	35
2.8.2 Low Back Analysis(LBA)	37
2.8.3 Ovako Working Posture Analysis (OWAS)	38
2.8.4 Rapid Upper limb Assessment (RULA)	42
2.9 Kursi	43
2.9.1 Aspek Antropometri Pada Desain Kursi	44
2.9.2 Standar Kursi dalam Bidang Militer	47
2.9.3 Data Antropometri Struktural Posisi Duduk	49
2.10 Kendaraan Tempur	51
2.10.1 Jenis Kendaraan Tempur	51

BAB 3 PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL	57
3.1 Pengumpulan Data.....	57
3.1.1 Identifikasi Keluhan Tentara	58
3.1.2 Data Kabin Penumpang Panser dan Dimensi Kursi Berserta Pegangan Tangan	63
3.1.3 Data Antropometri Tentara.....	65
3.1.4 Data Postur Duduk Tentara	69
3.2 Pembuatan Model Simulasi Postur Duduk	70
3.2.1 Penentuan Konfigurasi Model	70
3.2.2 Alur Pembuatan Model.....	72
3.2.3 Memberikan Beban (Weights).....	80
3.2.4 Analisis Data Menggunakan <i>Task Analysis Toolkit</i> (TAT).....	81
3.2.5 Perhitungan Nilai <i>Posture Evaluation Index</i> (PEI)	85
BAB 4 ANALISIS	87
4.1 Analisis Postur Duduk Aktual	87
4.1.1 Analisis Konfigurasi 1 (Aktual)	87
4.2 Analisis Konfigurasi Usulan.....	102
4.2.1 Analisis Rancangan Konfigurasi 2	102
4.2.2 Analisis Rancangan Konfigurasi 3	104
4.2.3 Analisis Rancangan Konfigurasi 4	105
4.2.4 Analisis Rancangan Konfigurasi 5	107
4.2.5 Analisis Rancangan Konfigurasi 6	109
4.2.6 Analisis Rancangan Konfigurasi 7	110
4.2.7 Analisis Rancangan Konfigurasi 8	112
4.2.8 Analisis Rancangan Konfigurasi 9	114
4.3 Analisis Perbandingan	116
4.3.1 Analisis Perbandingan Rekapitulasi Nilai PEI Seluruh Konfigurasi	116
4.4 Pembuatan Model Kursi	121
BAB 5 KESIMPULAN	127
5.1 Kesimpulan	127
5.2 Saran	128
DAFTAR PUSTAKA	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	7
Gambar 1.3	Diagram Alir Metodologi Penelitian (Lanjutan).....	8
Gambar 2.1	Model Konseptual WMSD.....	16
Gambar 2.2	Data Antropometri Struktural.....	18
Gambar 2.3	Data Antropometri Fungsional.....	19
Gambar 2.4	Efek Posisi Duduk Terhadap Pelvis.....	23
Gambar 2.5	Bagian Lumbar Vertebrata (kiri) Deformasi Pada Diskus Invertebralis (kanan).....	24
Gambar 2.6	Lingkungan (<i>Environment</i>) pada <i>Software Jack</i>	29
Gambar 2.7	Model Manusia Jack 6.0 pada Persentil 95%, 50% dan 5%.....	30
Gambar 2.8	Diagram Alir Metode PEI.....	32
Gambar 2.9	Model Biomekanika untuk Memprediksi Beban dan Gaya pada Persendian.....	37
Gambar 2.10	Model Kode OWAS.....	39
Gambar 2.11	Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Atas dalam Metode OWAS.....	40
Gambar 2.12	Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Atas dalam Metode OWAS.....	41
Gambar 2.13	Penampang Kursi.....	44
Gambar 2.14	Dimensi Kursi Operator Kendaraan Tempur.....	48
Gambar 2.15	Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia.....	50
Gambar 2.16	Kendaraan Tempur Tank.....	52
Gambar 2.17	Kendaraan Tempur Pengangkut Personil Lapis Baja.....	53
Gambar 2.18	Kendaraan Tempur Infanteri.....	54
Gambar 2.19	Kendaraan Tempur Penghancur Tank.....	55
Gambar 2.20	Kendaraan Tempur Artileri Gerak Sendiri dan Mariam Serbu ...	56
Gambar 3.1	Postur Duduk Tentara.....	59
Gambar 3.2	Diagram Keluhan Pada Bagian Tubuh.....	60
Gambar 3.3	Persentase Tentara yang Mengalami Gangguan Postur Duduk ..	61

Gambar 3.4	Grafik Persentase Gangguan pada Anggota Tubuh.....	62
Gambar 3.5	Desain kabin penumpang panser APC (<i>Armoured Personnel Carrier</i>)	63
Gambar 3.6	Dimensi kabin dan kursi penumpang panser (dalam satuan mm).....	64
Gambar 3.7	Posisi Duduk tentara aktual	69
Gambar 3.8	Diagram Alir Pembuatan Model Simulasi	73
Gambar 3.9	Tampilan Desain Kabin Penumpang dalam <i>software</i> JACK 6.1	74
Gambar 3.10	Tampilan Desain Kursi serta pegangan tangan dalam kabin penumpang panser.....	75
Gambar 3.11	Model Helm Tentara.....	76
Gambar 3.12	Rompi Anti Peluru.....	76
Gambar 3.13	Command Untuk Pembuatan Model Manusia <i>Virtual</i> secara <i>customize</i>	77
Gambar 3.14	Fitur <i>Advanced Scaling</i>	77
Gambar 3.15	Tampilan Modul <i>Human control</i>	79
Gambar 3.16	Tampilan Modul <i>Adjust joint</i>	79
Gambar 3.17	Modul Loads And Weights setelah Beban Dimasukkan.....	81
Gambar 3.18	Hasil Analisa SSP.....	83
Gambar 3.19	Hasil Analisis LBA Konfigurasi 1 pada Persentil 95.....	83
Gambar 3.20	Hasil Analisis OWAS Konfigurasi 1B Membungkuk.....	84
Gambar 3.21	Hasil Analisis RULA Konfigurasi 1 pada Persentil 95	85
Gambar 4.1	Gambar konfigurasi 1 pada model tentara persentil 5.....	88
Gambar 4.2	Gambar konfigurasi 1 pada model tentara persentil 95.....	88
Gambar 4.3	Grafik SSP Konfigurasi 1 Persentil 5	90
Gambar 4.4	Grafik SSP Konfigurasi 1 Persentil 95	91
Gambar 4.5	Grafik LBA Konfigurasi 1 Persentil 5.....	92
Gambar 4.6	Grafik LBA Konfigurasi 1 Persentil 95.....	93
Gambar 4.7	Grafik Nilai OWAS pada Persentil 5	95
Gambar 4.8	Grafik Nilai OWAS pada Persentil 95	96
Gambar 4.9	Hasil RULA Desain Aktual Kursi pada Persentil 5	98
Gambar 4.10	Hasil RULA Desain Aktual Kursi pada Persentil 5	99
Gambar 4.11	<i>Task Entry</i> RULA.....	101

Gambar 4.12	Rancangan Konfigurasi 2 pada Persentil 5.....	103
Gambar 4.13	Rancangan Konfigurasi 2 pada Persentil 95.....	103
Gambar 4.14	Rancangan Konfigurasi 3 pada Persentil 5.....	104
Gambar 4.15	Rancangan Konfigurasi 3 pada Persentil 95.....	105
Gambar 4.16	Rancangan Konfigurasi 4 pada Persentil 5.....	106
Gambar 4.17	Rancangan Konfigurasi 4 pada Persentil 95.....	106
Gambar 4.18	Rancangan Konfigurasi 5 pada Persentil 5.....	108
Gambar 4.19	Rancangan Konfigurasi 5 pada Persentil 95.....	108
Gambar 4.20	Rancangan Konfigurasi 6 pada Persentil 5.....	109
Gambar 4.21	Rancangan Konfigurasi 6 pada Persentil 95.....	110
Gambar 4.22	Rancangan Konfigurasi 7 pada Persentil 5.....	111
Gambar 4.23	Rancangan Konfigurasi 7 pada Persentil 95.....	111
Gambar 4.24	Rancangan Konfigurasi 8 pada Persentil 5.....	113
Gambar 4.25	Rancangan Konfigurasi 8 pada Persentil 95.....	113
Gambar 4.26	Rancangan Konfigurasi 9 pada Persentil 5.....	114
Gambar 4.27	Rancangan Konfigurasi 9 pada Persentil 95.....	115
Gambar 4.28	Grafik Perbandingan Nilai OWAS Seluruh Konfigurasi	117
Gambar 4.29	Grafik Perbandingan Nilai RULA Seluruh Konfigurasi	118
Gambar 4.30	Grafik Perbandingan Nilai LBA Seluruh Konfigurasi	119
Gambar 4.31	Grafik Perbandingan Nilai PEI Seluruh Konfigurasi	119
Gambar 4.32	Perbandingan Desain Kursi Penumpang Aktual dan Redesain. 125	
Gambar 4.33	Gambar Kursi Penumpang Redesain dalam <i>Virtual Environment</i>	126

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Detail Usulan Berdasarkan Skor OWAS	42
Tabel 2.2	Spesifikasi ukuran dari komponen-komponen kursi dalam standard militer Amerika	49
Tabel 2.3	Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia	50
Tabel 2.4	Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia (Lanjutan)	51
Tabel 3.1	Dimensi-dimensi Antropometri yang Diukur	66
Tabel 3.2	Hasil Pengukuran Antropometri Tentara Batalyon Infantri Mekanis 201	67
Tabel 3.3	Data Antropometri Indonesia	68
Tabel 3.4	Daftar Konfigurasi Pengujian Kursi Penumpang Panser	72
Tabel 3.5	Resume Skor LBA, OWAS, RULA	86
Tabel 4.1	Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi 1 Persentil 5	90
Tabel 4.2	Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi 1 Persentil 95	91
Tabel 4.3	Deskripsi Kode OWAS	94
Tabel 4.4	Kategori Tingkat Urgensi Perbaikan pada OWAS	95
Tabel 4.5	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 1	102
Tabel 4.6	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 2	104
Tabel 4.7	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 3	105
Tabel 4.8	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 4	107
Tabel 4.9	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 5	109
Tabel 4.10	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 6	110
Tabel 4.11	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 7	112
Tabel 4.12	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 8	114
Tabel 4.13	Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 9	115
Tabel 4.14	Rekapitulasi Hasil PEI	116
Tabel 4.15	Ketentuan Ukuran Kursi	121
Tabel 4.16	Data Antropometri Posisi Duduk Pria Indonesia	122
Tabel 4.17	Rekapitulasi Dimensi Kursi Penumpang Panser Aktual dan Redesain	125

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Antropometri Tentara Yonif Mekanis 201

Lampiran 2 Hasil Analisis Jack TAT



BAB 1

PENDAHULUAN

Sebagai awal dari laporan penelitian, disusunlah Bab 1 yang memaparkan tentang 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 sistematika penulisan dengan tujuan memberikan gambaran awal tentang langkah-langkah dalam proses penyusunan penelitian.

1.1 Latar Belakang Permasalahan

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 (Ergonomic Association, 2000). Lebih lanjut lagi ergonomi merupakan suatu ilmu yang berkontribusi pada desain dan evaluasi sebuah pekerjaan, tugas, produk, lingkungan dan sistem dalam rangka membuat hal-hal tersebut sesuai dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia. McCormick (1993) dalam bukunya menggunakan istilah *human factors* untuk mengistilahkan ergonomi. McCormick menjelaskan bahwa fokus dari *human factor* adalah interaksi manusia dengan produk yang memiliki tujuan untuk meningkatkan keefektifan, keefisienan serta keselamatan kerja ditempat kerja maupun aktivitas lain melalui pendekatan yang berhubungan dengan kapasitas manusia. Oleh karena itu, ergonomi merupakan ilmu yang sangat penting dalam perancangan suatu produk dalam rangka untuk menselaraskan hubungan manusia dengan mesin dalam keterbatasan manusia.

Bila kita lihat kebelakang, partisipasi ergonomi dalam desain sudah ditunjukkan 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 design pesawat tempur. Setelah perang dunia ke-2 berakhir, dunia menyadari bahwa partisipasi ergonomi sangatlah penting dalam proses design khususnya di negara Amerika dan Eropa. Hal tersebut ditunjukkan dengan didirikannya *engineering psyschology laboratories* yang memiliki fokus penelitian dalam bidang militer dan komersial.

Di dunia militer, penerapan ergonomi sangat dibutuhkan dikarenakan dasar perancang dari alat-alat militer dirancang untuk keadaan ekstrim. Sebagai contoh, dalam perancangan sebuah kendaraan serbu jenis tank, memerlukan kajian ergonomi dari berbagai aspek. Untuk mendesain pintu masuk tank diperlukan pertimbangan agar dapat mengakomodasi ukuran tubuh tentara persentil 5 hingga persentil 95. Perancangan kabin pengemudi dan penumpang dikontrol agar dapat beroperasi dalam cuaca terekstrim pada daerah gurun dan kutub. Aspek lain yang memerlukan prinsip-prinsip ergonomi dalam perancangan tank adalah *crew exit time limit*, *visual field requirement*, *steady state noise level at ear less than 85 dBA* dan lain-lain.

Dewasa ini Indonesia telah berhasil mengembangkan kendaraan lapis baja buatan sendiri. Panser Anoa 6 X 6 merupakan kendaraan tempur pengangkut personil (APC : *Armoured Personnel Carrier*) dengan sistem penggerak 6 roda simetris yang dirancang khusus untuk kebutuhan ALUTSISTA TNI-AD. Panser ini merupakan kendaraan lapis baja yang didesain khusus untuk mengangkut personil tentara ke dalam medan pertempuran. Panser ini dapat mengangkut 10 personil dengan 3 orang kru, 1 *driver*, 1 *commander* dan 1 *gunner*. Namun, dari segi rancangan tampak jelas bahwa desain kendaraan dibuat berdasarkan adaptasi dari kendaraan lapis baja buatan Perancis, *Véhicule de l'Avant Blindé* (VAB). Berdasarkan fakta ini, timbul pertanyaan apakah pembuatan desain kendaraan ini dilakukan berdasarkan pertimbangan terhadap aspek ergonomis. Salah satu hal yang harus diperhatikan adalah apakah desain kabin dan kursi penumpang sesuai dengan antropometri personil TNI.

Seperti kita ketahui, keamanan dan kenyamanan pengguna merupakan faktor penting dalam desain kursi penumpang kendaraan. Keamanan dan kenyamanan

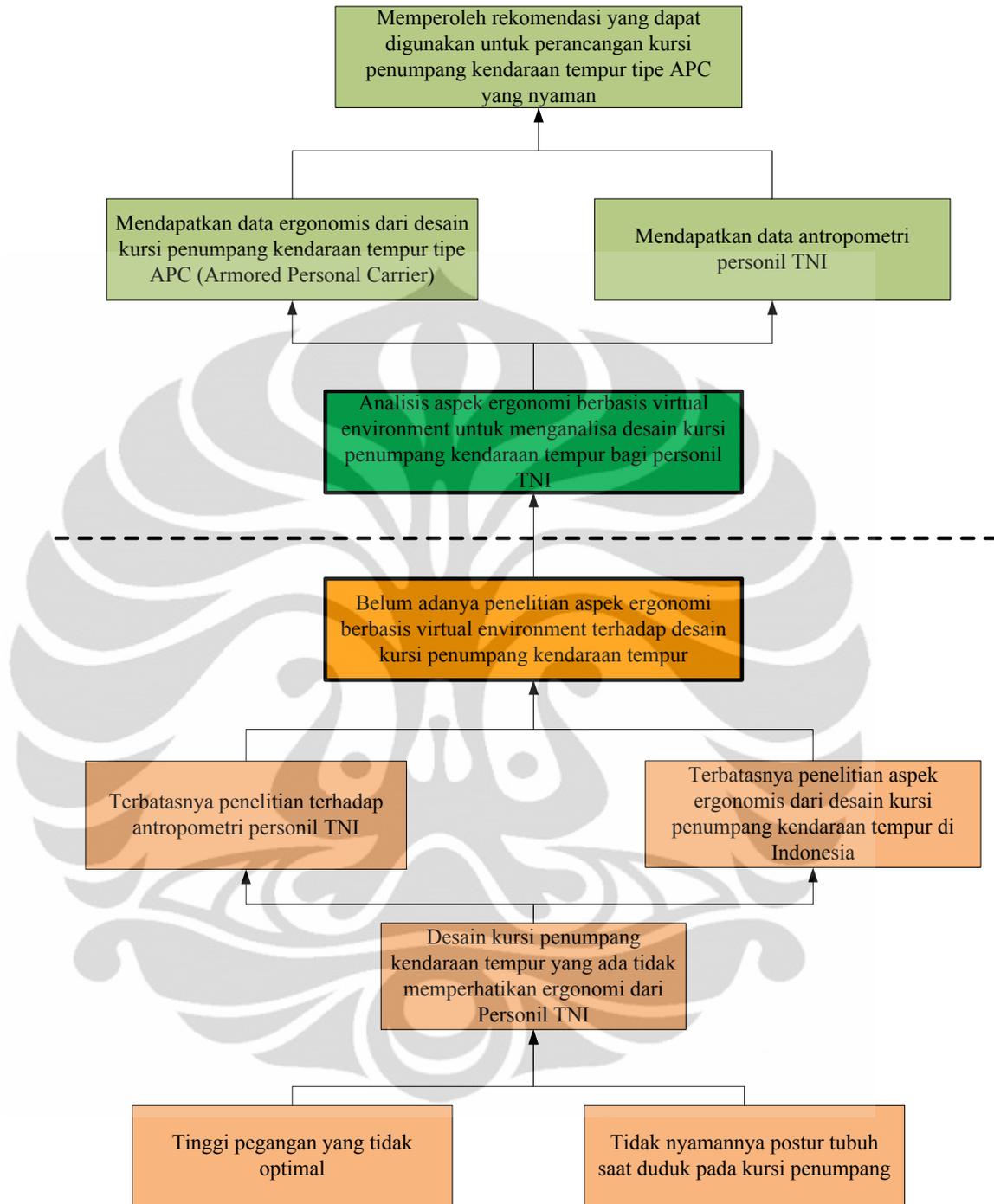
ketika duduk dalam kursi penumpang dipengaruhi oleh postur tubuh ketika duduk serta dari desain kursi itu sendiri. Kursi dengan desain yang buruk dapat menyebabkan postur tubuh duduk yang buruk, dan jika bertahan dalam waktu yang lama akan dapat menyebabkan lower back pain (Genaidy dan Karwowski, 1993).

Gejala kesalahan desain kursi, selain dari gangguan yang terjadi pada penggunaannya, dapat dilihat dari ketidakcocokan ukuran kursi dengan pemakainya. Padahal, suatu kursi yang baik adalah kursi yang dapat mengakomodasi semua ukuran tubuh manusia yang berada dalam suatu populasi. Hal ini dikuatkan dengan pernyataan yang diungkapkan Helander *et al.* (1987), dimana data antropometri merupakan data yang sangat diperlukan dalam membuat desain dari sebuah stasiun kerja.

Berdasarkan penyebaran 100 buah kuesioner di lingkungan Batalyon Infantri Mekanis 201, tentara banyak mengeluhkan akan adanya gangguan pada bagian – bagian tubuh tertentu setelah duduk di kursi penumpangan dalam waktu yang lama. Tentara mengeluhkan sebanyak 67% mengalami gangguan pada leher (*Neck*), 61% punggung bagian bawah (*Lower Back*), 39% punggung bagian atas (*Upper Back*), dan 30% lutut (*knee*). Hal ini diakibatkan oleh postur duduk yang tidak baik, yang disebabkan oleh desain kursi yang tidak memenuhi kaidah ergonomi.

1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan

Untuk dapat melihat permasalahan dalam penelitian ini secara utuh, termasuk bagaimana setiap sub-permasalahan saling berinteraksi dan berhubungan satu sama lain, maka dibuatlah diagram keterkaitan masalah. Berdasarkan latar belakang di atas dibuat diagram keterkaitan masalah seperti pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian adalah belum adanya penelitian ergonomis terhadap kursi penumpang kendaraan tempur sehingga perlu dilakukan

analisis terhadap desain kursi penumpang kendaraan tempur terutama dalam aspek ergonomis yang mudah diaplikasikan, tepat guna, dan tepat sasaran.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dalam penelitian ini adalah untuk menghasilkan rekomendasi desain kursi penumpang ranpur yang telah memenuhi standar ergonomi dan memberikan kenyamanan dan keamanan (terhindar dari kemungkinan cedera *musculoskeletal disorders*) bagi penumpang. Tujuan ini dicapai dengan analisis aspek ergonomis dari desain kursi penumpang kendaraan tempur tipe APC melalui simulasi model manusia berbasis *virtual environment* yang mudah untuk diaplikasikan, tepat guna, dan tepat sasaran.

1.5 Batasan Masalah

Agar pelaksanaan dan hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian, penulis melakukan pembatasan masalah sebagai berikut.

1. Objek penelitian adalah kursi penumpang panser APS-3 ANOA tipe *Armored Carrier* yang digunakan di Batalyon Infantri Mekanis 201 dengan kondisi standar keluaran pabrik.
2. Penelitian dilakukan pada tentara pria dengan ukuran tubuh persentil 5 dan 95.
3. Pengukuran antropometri dilakukan melalui metode sampling terhadap tentara Batalyon Infantri Mekanis 201, sebagai validasi data antropometri Indonesia yang didapat dari jurnal.
4. Alat yang digunakan dalam perhitungan antropometri adalah antropometer. Pengukuran antropometri subjek dilakukan dengan cara pengukuran langsung terhadap subjek.
5. Pengambilan data postur duduk berdasarkan pengamatan serta wawancara langsung dengan subjek (tentara).
6. Permodelan menggunakan *software* Jack 6.2.1.
7. Hasil yang diperoleh dari penelitian berupa rekomendasi redesain kursi penumpang yang merupakan analisis dengan menggunakan metode PEI

(*Posture Evaluation Index*) dalam *virtual environment* berdasarkan data-data observasi langsung di lapangan dan di laboratorium.

8. Model pemecahan masalah pada penelitian ini hanya merupakan sebuah model konseptual yang dirancang berdasarkan penelitian dan dilakukan dengan menggunakan sebuah model simulasi.
9. Output penelitian hanya berupa kursi kuliah yang ideal dari segi spesifikasi ukuran dimensi kursi. Model kursi yang diusulkan tidak dilihat dari jenis bahan yang digunakan untuk membuat komponen-komponen kursi, mekanisme pembuatan kursi, dan biaya pembuatan kursi.
10. Penelitian dibuat tanpa memperhitungkan biaya dan waktu yang dibutuhkan dalam mengimplementasikan model kerja yang akan dirancang dalam penelitian ini.

1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut. Secara umum, tahapan-tahapan metodologi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap persiapan penelitian

Dalam persiapan penelitian ini, pertama-tama dilakukan penentuan tema dan permasalahan yang ingin diteliti serta dianalisis lebih dalam. Penelitian kemudian dilanjutkan dengan mencari dasar teori yang menguatkan latar belakang penelitian. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan dasar teori yang dapat mendukung penelitian ini, disertai perumusan tujuan penelitian dengan cara melakukan observasi, serta wawancara kepada tentara dan untuk memberikan gambaran perlunya penelitian ini dilakukan. Kemudian penyusunan landasan teori untuk penelitian juga dibuat pada tahapan ini.

2. Tahap pengumpulan data

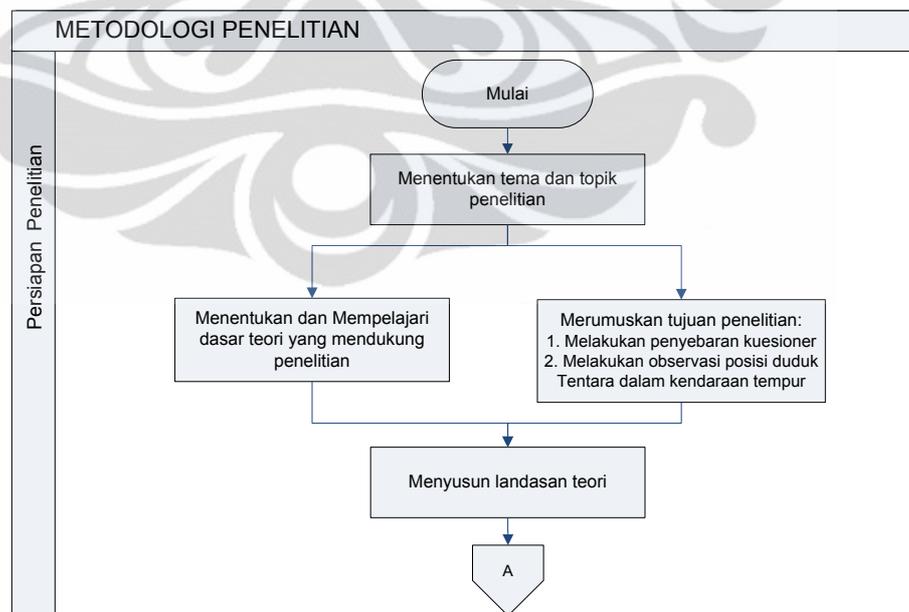
Dalam tahap pengumpulan data dilakukan identifikasi dan pengumpulan data-data yang akan digunakan dalam pengerjaan penelitian. Data yang dibutuhkan diantaranya adalah data antropometri tentara Batalyon Infantri Mekanis 201, postur duduk tentara pada kursipenumpang yang ada di kabin penumpang serta ukuran dan bentuk kursi penumpang yang ada

Universitas Indonesia

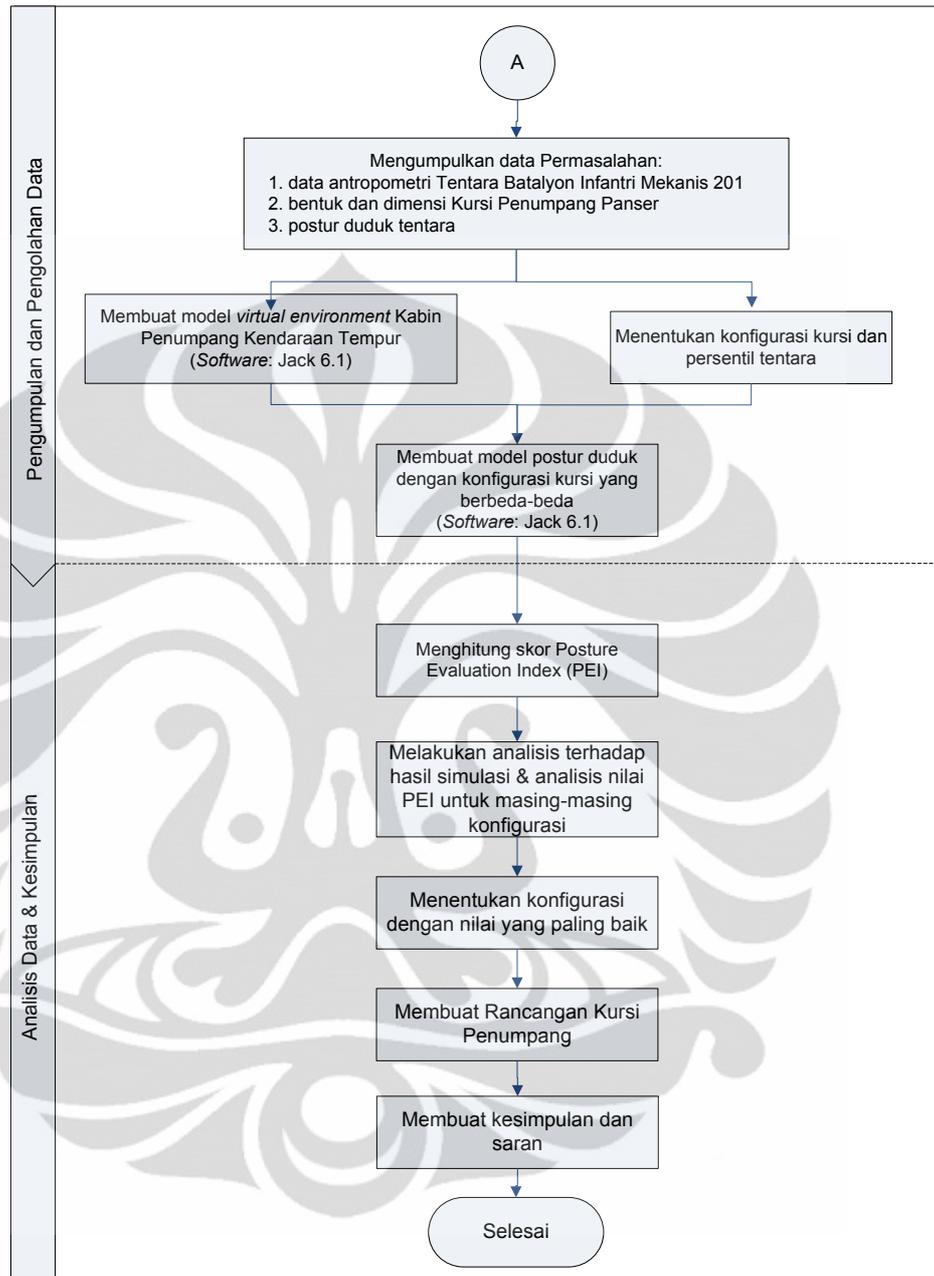
pada panser. Selain itu data keluhan gangguan fisik yang dialami tentara selama duduk pada kursi penumpang juga dikumpulkan. Pengumpulan data keluhan ini dilakukan dengan penyebaran kuesioner kepada tentara Batalyon Infantri Mekanis 201.

3. Tahap pengolahan data

Tahap pengolahan data dilakukan setelah data yang dikumpulkan mencukupi. Pengolahan data ini dilakukan dengan bantuan *software* ergonomi, Jack 6.1, Auto CAD dan NX 6.0. Tahap pengolahan data diawali dengan pembuatan model kursi penumpang menggunakan *software* Auto Cad dan NX 6.0. Kemudian bentuk visual kursi yang telah dibuat dalam NX 6.0 diterjemahkan ke dalam lingkungan virtual dalam *software* Jack 6.1. Dalam *software* Jack ini pula dibentuk model manusia berdasarkan data antropometri yang didapat. Dari model manusia ini kemudian dibentuk postur duduk tentara pada kursi penumpang yang telah dimasukkan ke dalam *virtual environment software* Jack. Simulasi postur duduk tentara akan dilakukan pada setiap konfigurasi yang telah dirancang, untuk kemudian dianalisis secara lebih lanjut.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian (Lanjutan)

4. Tahap analisis data

Analisis dilakukan dengan cara pengolahan hasil simulasi yang dikeluarkan oleh *software* Jack sehingga didapatkan nilai *Postur Evaluation Index* (PEI). Nilai PEI dipergunakan untuk menilai kualitas ergonomi postur kerja yang dihasilkan dari setiap konfigurasi, sehingga

akan didapatkan usulan perbaikan yang paling ideal secara ergonomis untuk setiap stasiun kerja yang ada.

5. Tahap penarikan kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dibuat dan model simulasi kerja yang telah dirancang maka keseluruhan penelitian ini dapat disimpulkan untuk kemudian diberikan saran dan masukan yang berguna bagi pihak yang terkait dengan penelitian ini.

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.

Bab 1 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 sistematika 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, risiko cedera muskuloskeletal, *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

Bab 3 menjelaskan tentang proses pengumpulan dan 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 bagian ini.

Bab 4 menjelaskan tentang analisis dari data-data yang telah diolah pada bab sebelumnya untuk kemudian dibuat sebuah konfigurasi mengenai kondisi

postur tenara yaitu ketinggian kursi, kemiringan sandaran kursi dan jarak yang ideal bagi tentara.

Bab 5 merupakan penutup yang berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dibuat disertai dengan masukan dan saran berdasarkan hasil yang telah dicapai.



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 ergonomic 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 & Amstrong, 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 se nyaman mungkin agar dapat mengakomodasi performa dari pengendara. 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.

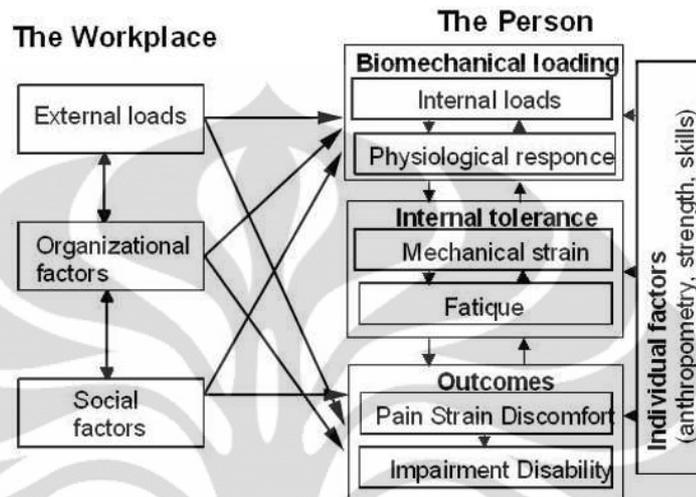
Ergonomi atau *human factors* merupakan disiplin ilmu yang menaruh perhatian terhadap interaksi manusia dengan elemen lain dari sistem, yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk perancangan dalam upaya mengoptimalkan keterbatasan manusia dan seluruh performa dari sistem. Dalam kenyataannya, 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 Musculoskeletal Disorder (WMSD)

Work – Related Musculoskeletal 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.

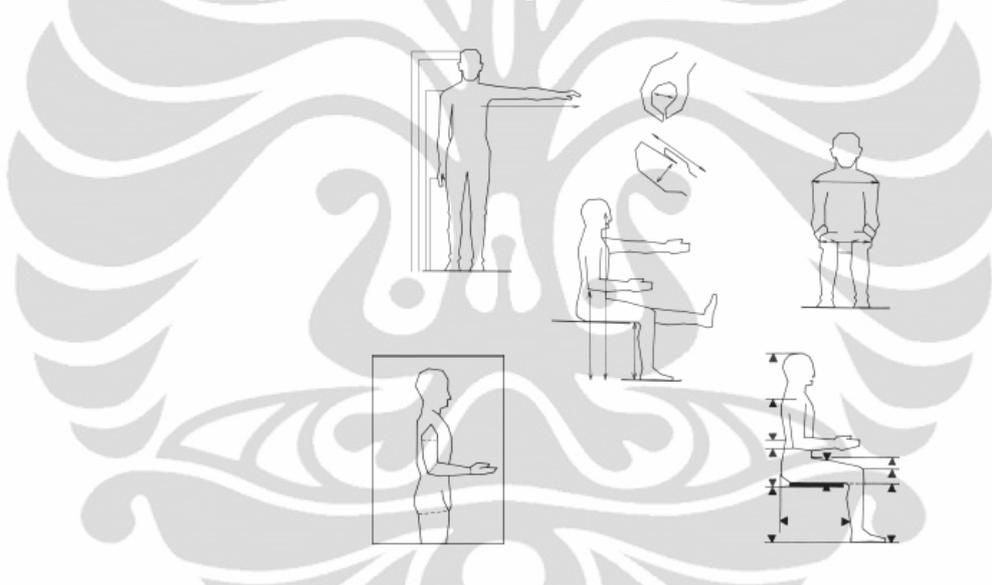
2.5 Antropometri

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 tidak 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

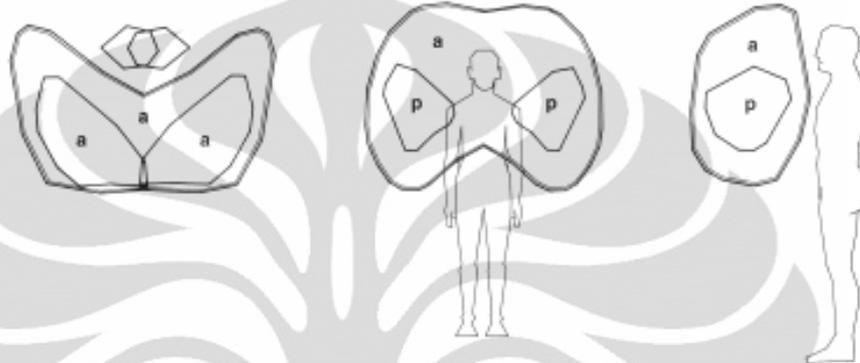
Sumber : Bridger.R.S,*Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.64

- **Data Antropometri Fungsional**

Data antropometri fungsional dikumpulkan untuk menggambarkan gerakan bagian tubuh terhadap titik posisi yang tetap, seperti misalnya area jangkauan tangan. 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

Universitas Indonesia

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

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

- 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

Universitas Indonesia

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, beresiko menyebabkan terjadinya *low back pain* (Hoggendoorn *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

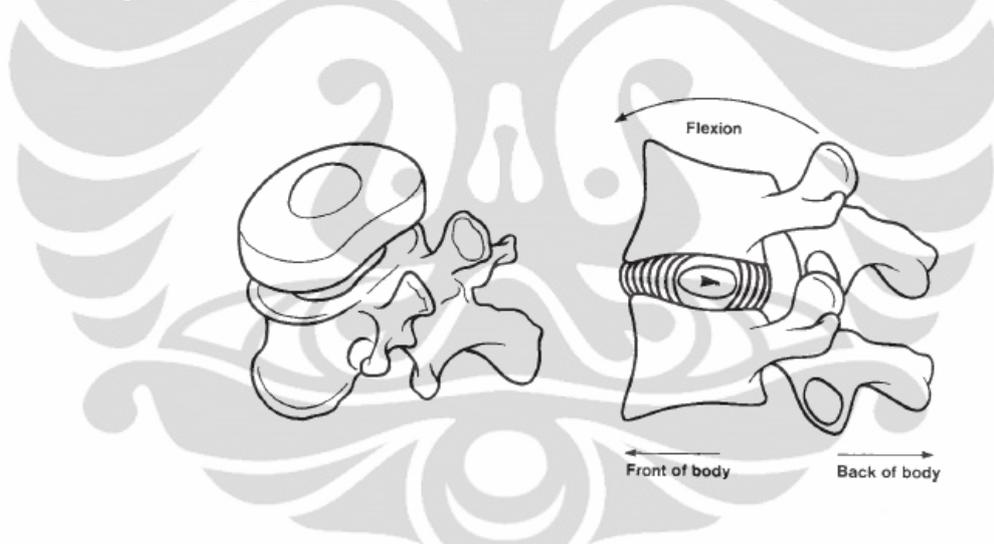
Sumber : Pheasant.S, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition*, Taylor & Francis, London, 2003, hal.71

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:

Universitas Indonesia

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 hidrostatik 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, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition*, Taylor & Francis, London, 2003, hal.71

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 sintetis 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 (*teleroobot*).

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

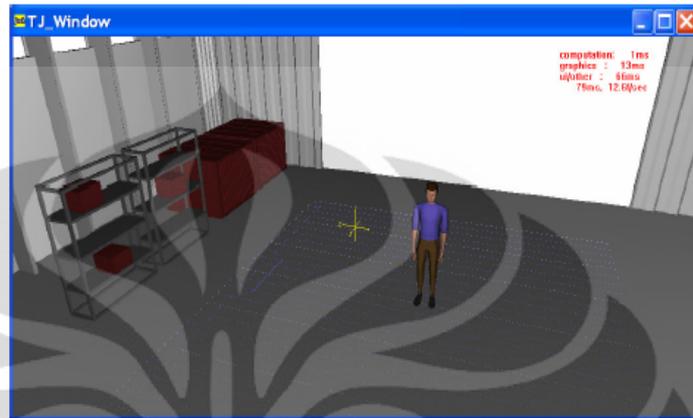
2. *static strength prediction tool*, untuk mengevaluasi persentase dari suatu populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan suatu pekerjaan berdasarkan postur tubuh, jumlah energi yang dibutuhkan dan antropometri
3. *NIOSH lifting analysis tool*, untuk mengevaluasi, berdasarkan standard NIOSH, 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.

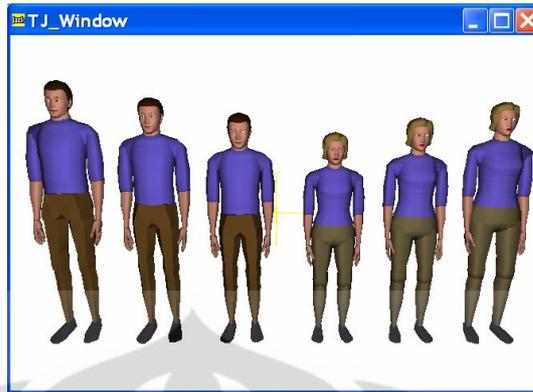


Gambar 2.6 Lingkungan (*Environment*) pada *Software* Jack

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*.

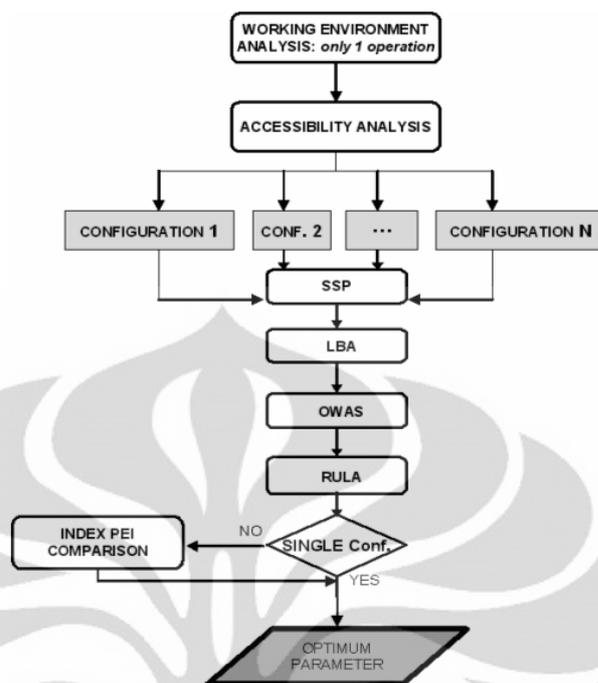
Penggunaan Jack sebagai *software* yang dapat menganalisis kondisi ergonomis dari suatu rangkaian dan lingkunga kerja, dapat membawa manfaat dan

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 penilaian *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 pengangkatan 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 Strength 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:

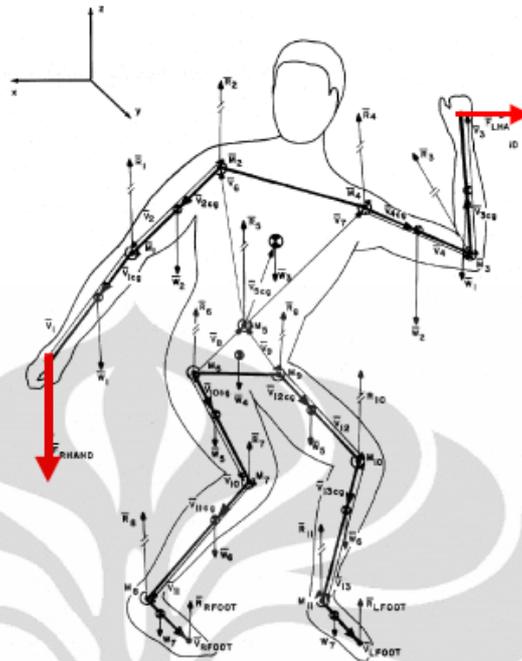
$$\begin{array}{l} \text{[Each Joint Load Moment]} < \text{[Population Strength Moments]} \\ \text{(Predicted from model)} \qquad \text{(Statistically defined norms)} \end{array} \quad (2.2)$$

Metode SSP dibuat berdasarkan konsep biomekanika yang diaplikasikan dengan melihat sistem kerja musculoskeletal 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).

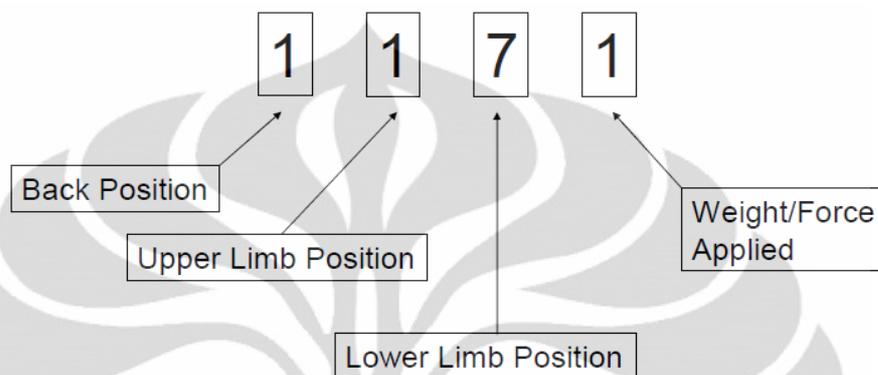
2.8.3 Ovako Working Posture Analysis (OWAS)

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.



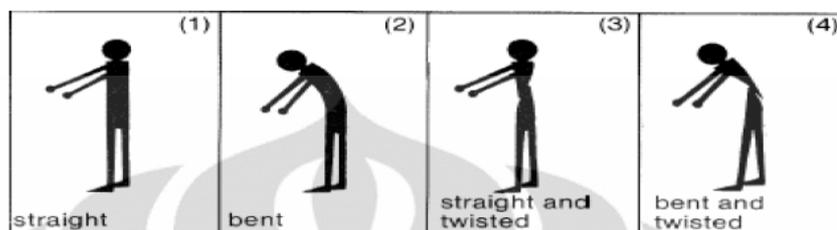
Gambar 2.10 Model Kode OWAS

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.

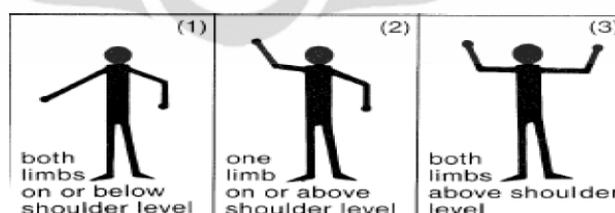


Gambar 2.11 Klasifikasi Postur Punggung dalam Metode OWAS

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 2.11 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

Universitas Indonesia

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 2.12 Klasifikasi Postur Tungkai Bagian Tubuh Atas 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

Universitas Indonesia

seseorang ketika melakukan sebuah pekerjaan. Terdapat tiga buah klasifikasi beban, yaitu kurang dari 10 kg, diantara 10 kg hingga 20 kg dan terakhir, lebih dari 20 kg.

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

Tabel 2.1 Detail Usulan Berdasarkan Skor OWAS

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

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)

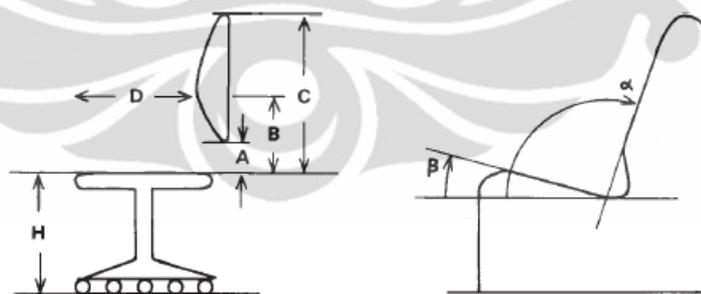
Pemakaian kursi dalam waktu yang lama akan menyebabkan ketidaknyamanan, untuk jenis kursi apapun. Namun, waktu yang dibutuhkan

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 penggunaannya 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 2.13 Penampang Kursi

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

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 terlampaui 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.

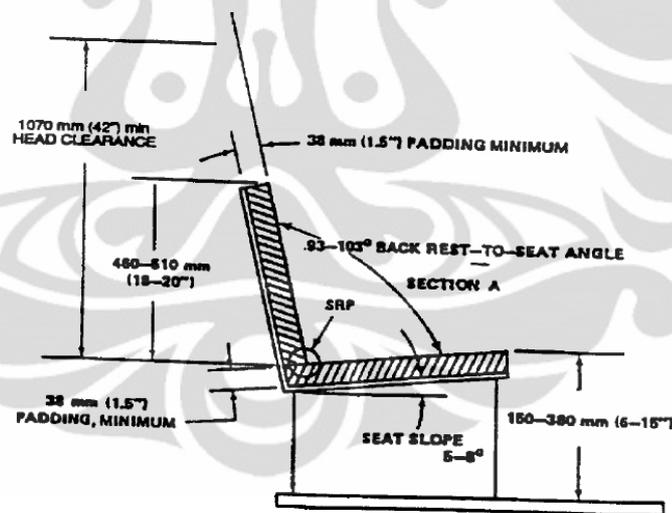
2.9.2 Standar Kursi dalam Bidang Militer

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 peralaan-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 2.14 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.

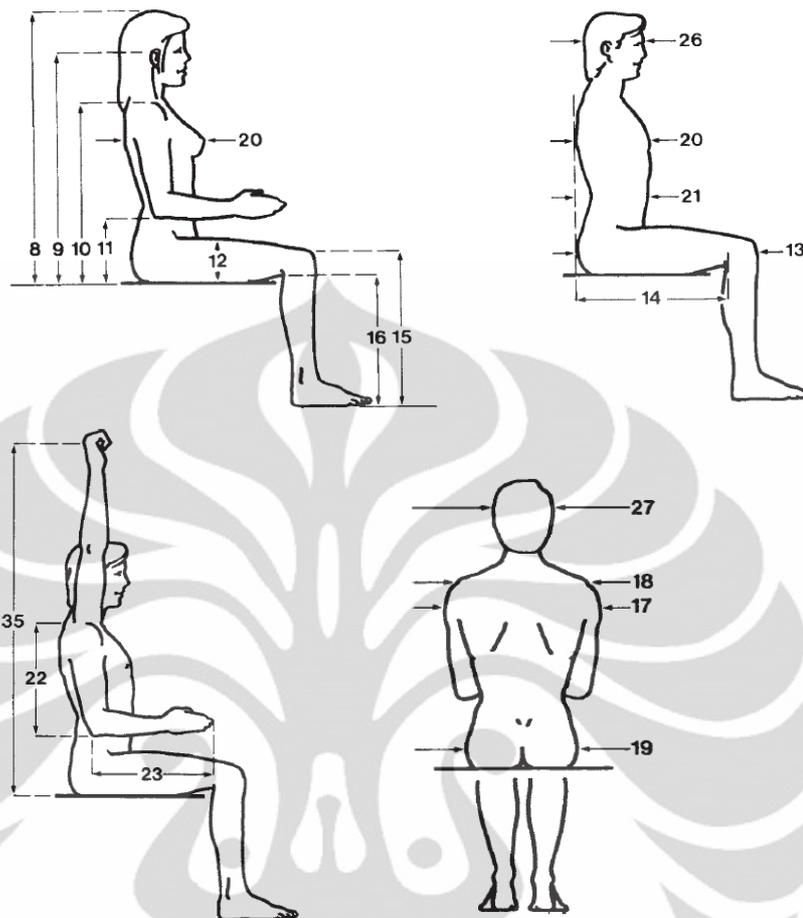
Tabel 2.2 Spesifikasi ukuran dari komponen-komponen kursi dalam standard militer Amerika

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

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)

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 2.15 Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia

Sumber : Pheasant.S, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition*, Taylor & Francis, London, 2003, (dengan perubahan)

Tabel 2.3 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 2.4 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, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition*, Taylor & Francis, London, 2003, (dengan perubahan)

2.10 Kendaraan Tempur

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 2.16 Kendaraan Tempur Tank

Sumber : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9c/Leo2A5.JPG>

- 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 2.17 Kendaraan Tempur Pengangkut Personil Lapis Baja

Sumber :

<http://www.defenseimagery.mil/imagery.html#guid=ef8236baf856daf195599a8c4fbe1ea9f3f18949>

- Kendaraan Tempur Infanteri

Kendaraan tempur infanteri (bahasa Inggris: *Infantry fighting vehicle* atau IFV) adalah pengangkut infanteri lapis baja yang memiliki persenjataan yang lebih berat, dan bisa digunakan untuk pertarungan langsung. Kendaraan ini memiliki lapisan pelindung yang lebih tebal dari pengangkut personel lapis baja, dan memiliki persenjataan yang bisa menghancurkan pengangkut personel lapis baja lawan, seperti meriam otomatis dan peluru kendali anti-tank.

Kendaraan seperti ini sudah dipakai untuk menggantikan peran tank ringan, digunakan untuk pengintaian, serta dipakai juga oleh satuan penerjun payung yang tidak mungkin membawa tank yang berat.



Gambar 2.18 Kendaraan Tempur Infanteri

Sumber : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/1BFV01.jpg>

- 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 2.19 Kendaraan Tempur Penghancur Tank

Sumber: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/NM142_x_3.jpg

- 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 2.20 Kendaraan Tempur Artileri Gerak Sendiri dan Mariam Serbu

Sumber :

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4a/M190_houwitser.png

BAB 3

PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL

Dalam bab 3 ini, akan dijelaskan mengenai tahap-tahap pengumpulan data dan perancangan *virtual environment*. Pengumpulan data meliputi identifikasi keluhan tentara dan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk membangun *virtual environment*. Data-data yang dibutuhkan untuk membangun *virtual environment* yaitu data dimensi kondisi aktual dari kabin penumpang (ruang kabin, kursi, dan pegangan tangan) dan data antropometri penumpang panser (tentara Batalyon Infantri Mekanis 201). 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 penumpang panser. Dalam kabin penumpang panser, dilihat hal-hal yang berinteraksi langsung dengan penumpang (tentara) yang sedang duduk dalam kendaraan panser. Objek yang berinteraksi langsung dengan penumpang (tentara) ketika berada dalam kendaraan adalah kursi penumpang serta pegangan tangan. Oleh karena itu, untuk membuat sebuah *virtual environment* dibutuhkan data dimensi ruang kabin penumpang dan dimensi ukuran dari kursi penumpang beserta pegangan tangan.

Untuk membangun model manusia virtual (*virtual human modeling*) dibutuhkan data antropometri penumpang panser, dalam hal ini yaitu tentara pengguna panser tersebut yaitu tentara. Data antropometri tentara ini dibutuhkan untuk membuat model manusia yang merepresentasikan ukuran tubuh tentara

yang sebenarnya. Data antropometri yang dibutuhkan didapatkan berdasarkan pengukuran dari ukuran tubuh tentara pengguna panser yaitu tentara Batalyon Infantri Mekanis 201. Untuk membuat model manusia *virtual* dibutuhkan pula data postur manusia, dalam hal ini yaitu postur duduk dari penumpang panser. Data postur duduk penumpang panser yang digunakan merupakan hasil dari pengamatan terhadap cara duduk tentara yang mungkin terbentuk jika tentara duduk pada kursi penumpang yang ada. Data postur duduk yang digunakan merupakan data postur duduk yang berinteraksi dengan pegangan tangan penumpang.

3.1.1 Identifikasi Keluhan Tentara

Observasi awal mengenai akan adanya muncul keluhan atau gangguan gejala terjadinya cedera WMSD (*Work Musculoskeletal Disorder*) dan kelelahan pada tentara yang disebabkan oleh postur duduk mereka pada saat duduk dalam kendaraan panser, hal tersebut dibutuhkan untuk memastikan penelitian ini penting untuk dilakukan jika dilihat dari sisi penerapan rancangan ergonomi. Keluhan muskuluskeletal dan kelelahan umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat dari beban kerja yang terlalu berat, maupun aktivitas kerja yang dilakukan berulang-ulang dalam jangka waktu yang lama. Kondisi yang kurang memperhatikan kaidah ergonomi juga berpotensi lebih besar untuk menimbulkan cedera WMSD dan kelelahan. Diantara empat faktor yang berhubungan dengan pekerjaan yang berhubungan dengan peningkatan risiko nyeri punggung dan cedera adalah sebagai berikut:

- *Force*. Mengerahkan terlalu banyak tenaga di punggung dapat menyebabkan cedera. Resiko menghadapi cedera akan jauh lebih besar jika sering mengangkat atau memindahkan benda berat.
- *Pengulangan*. Pengulangan melakukan gerakan tertentu yang berlebihan dapat menyebabkan kelelahan otot atau cedera,
- *Postur*. Postur mengacu pada posisi saat duduk, berdiri atau melakukan tugas.

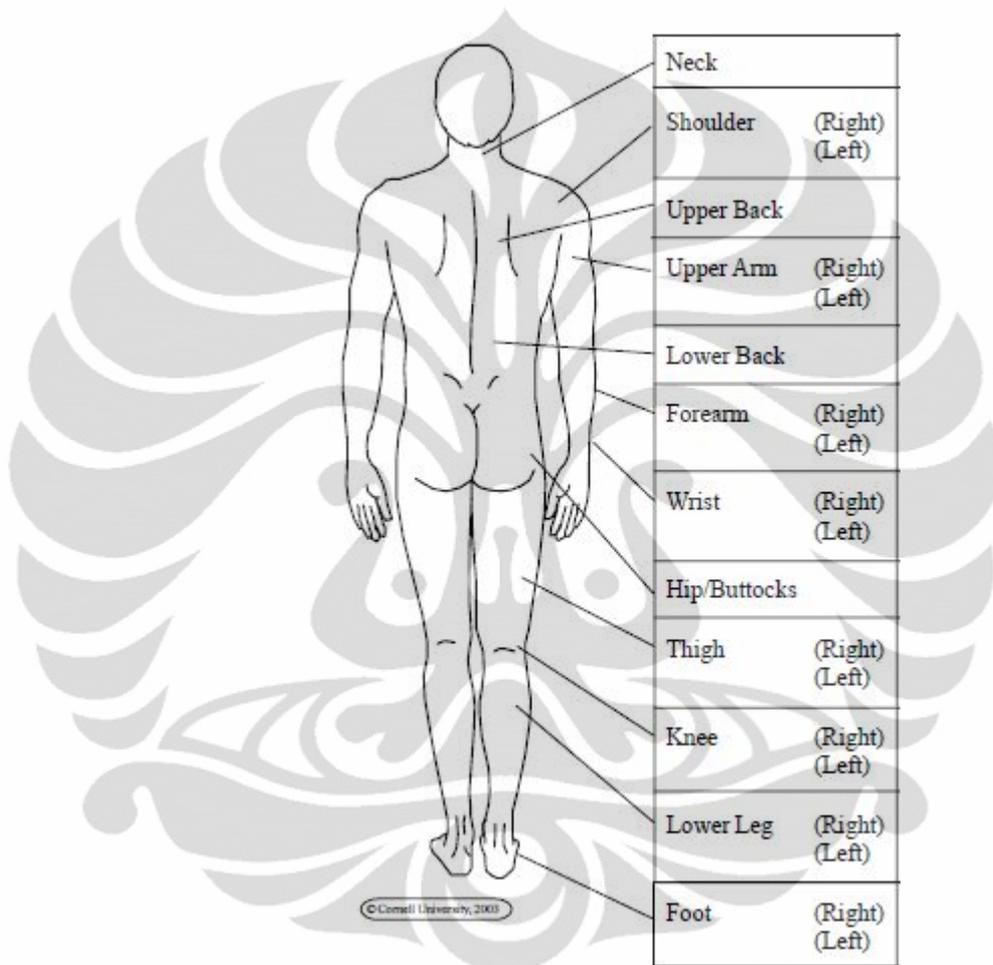
- Stres. Tekanan di tempat kerja atau di rumah dapat meningkatkan tingkat stress dan menyebabkan ketegangan dan kekakuan otot.



Gambar 3.1 Postur Duduk Tentara

Observasi untuk melihat kecenderungan adanya resiko cedera dilakukan dengan melalui tiga cara. Cara pertama adalah pengamatan langsung, cara kedua dengan melakukan wawancara secara langsung, dan cara ketiga yaitu menyebarkan kuisioner kepada tentara Batalyon Infantri Mekanis 201. Dari pengamatan yang dilakukan ternyata tentara batalyon infantri mekanis memiliki postur yang tegak, terutama ketika duduk menyender pada sandaran kursi. Posisi duduk tersebut sangat sering dialami oleh tentara yang sedang duduk. Postur duduk yang tegak tersebut disebabkan karena desain sandaran kursi yang memiliki sudut 90° , sehingga menyebabkan tentara harus duduk tegak 90° selama duduk pada kursi penumpang panser. Postur lain yang didapat ketika melakukan pengamatan yaitu postur memegang pegangan tangan ketika tentara duduk di kursi penumpang. Di dalam kabin penumpang panser disediakan pegangan tangan yang menggantung di atap kabin. Pegangan tersebut didesain dengan tujuan agar penumpang memiliki pegangan ketika kendaraan mengalami guncangan. Melalui wawancara terhadap responden, ternyata beberapa dari responden mengeluhkan desain pegangan tangan yang ada pada kabin penumpang saat ini, dimana posisi pegangan terlalu jauh. Hal tersebut menyebabkan kesulitan kesulitan untuk meraih pegangan tangan dan membuat posisi tangan yang kurang nyaman ketika menggunakan

pegangan tangan tersebut. Hal lain yang didapat melalui wawancara yang dilakukan yaitu tentara mengeluhkan desain kursi yang tidak memiliki sandaran kepala. Hal tersebut menyebabkan kepala tidak memiliki tumpuan untuk bersandar sehingga menyebabkan rasa nyeri pada bagian leher.



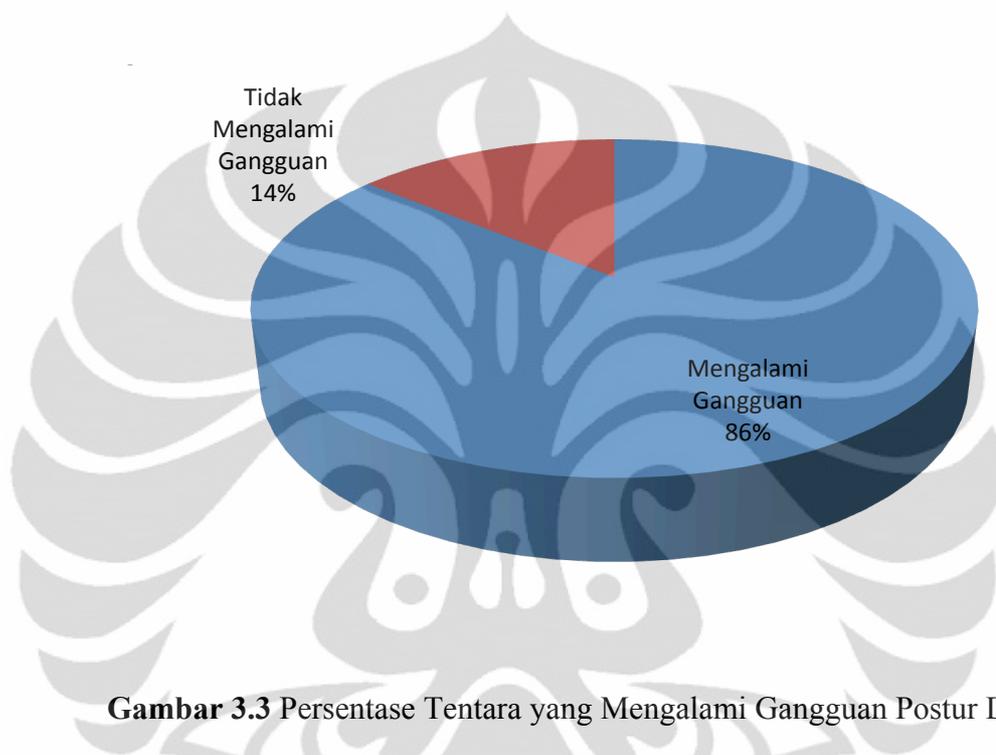
Gambar 3.2 Diagram Keluhan Pada Bagian Tubuh

Sumber : Cornell University, 2008

Pengumpulan data selanjutnya dilakukan dengan penyebaran kuisioner. Kuisioner dibagikan kepada 100 orang tentara Batalyon Infantri Mekanis 201 sebagai penumpang panser. Kuisioner ini berisi mengenai diagram atau gambaran bagian-bagian tubuh beserta titik-titik sakit/cedera atau ketidaknyamanan yang dirasakan oleh responden setelah duduk pada kursi penumpang dalam waktu lebih dari 1 jam. Pengisian kuisioner dilakukan

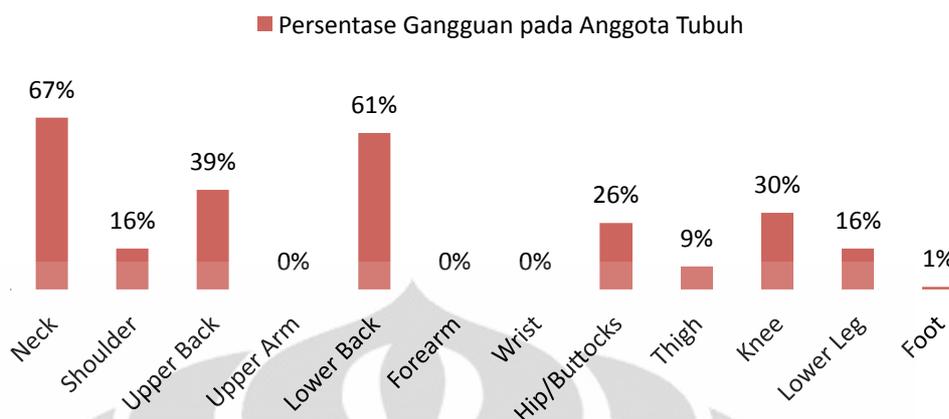
Universitas Indonesia

dengan melingkari bagian-bagian tubuh mana saja yang sakit/cedera atau tidak nyaman. Jumlah anggota tubuh yang dijadikan objek kuisioner adalah sebanyak 12 anggota tubuh yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.3 Persentase Tentara yang Mengalami Gangguan Postur Duduk

Setelah tentara mengisi kuisioner, hasil dari data mentah ditabulasikan dan dibuat persentase. Hasil pengolahan data ini hanya untuk menunjukkan kecenderungan pada bagian tubuh mana sajakah tentara cenderung mengalami sakit setelah duduk pada kursi penumpang selama perjalanan dalam kendaraan panser. Hasil dari pengolahan kuisioner menunjukkan bahwa sebanyak 86% dari responden mengalami gangguan pada beberapa anggota tubuh akibat dari postur duduk penumpang saat ini yang ditunjukkan pada gambar 3.3. Sebanyak 14% dari responden tidak mengalami gangguan pada anggota tubuh manapun ketika duduk pada kursi penumpang panser. Hal tersebut membuktikan bahwa desain kursi penumpang panser pada saat ini mempengaruhi postur duduk tentara yang menyebabkan gangguan pada sebagian besar penumpang panser.



Gambar 3.4 Grafik Persentase Gangguan pada Anggota Tubuh

Hasil dari pengolahan yang menunjukkan kecenderungan bagian tubuh mana saja yang mengalami gangguan, ternyata dari 12 anggota tubuh 9 di antaranya dirasakan adanya gangguan yang dialami oleh responden yang dapat dilihat pada gambar 3.4. Dapat dilihat pula pada gambar 3.4 diatas bahwa dari 9 anggota tubuh yang dirasa mengalami gangguan, 2 diantaranya memiliki persentase diatas 50% yaitu bagian tubuh leher (leher) sebesar 67% dan bagian tubuh punggung bagian bawah (lower back) sebesar 61%.

Dari hasil pengolahan data kuisisioner, dapat diambil kesimpulan bahwa mayoritas tentara yang pernah duduk pada kursi penumpang panser mengalami gangguan pada bagian tubuh tertentu. Mayoritas gangguan yang terjadi adalah pada bagian-bagian yang berhubungan langsung dengan postur duduk pada kursi yang diteliti. Hal ini wajar dikarenakan tentara duduk dalam posisi yang kurang baik selama perjalanan dalam kendaraan , yaitu selama perjalanan rata-rata lebih dari 1 jam, tanpa adanya aktivitas jeda untuk melemaskan dan menormalkan kembali otot – otot yang kaku. Karena normalnya, setiap orang rata – rata membutuhkan peregangan otot setelah duduk paling lama satu jam. Hasil ini menunjukkan adanya indikasi ketidaknyamanan yang diakibatkan oleh desain kursi yang kurang ideal bagi tentara sehingga terbentuk postur duduk yang tidak nyaman dan berakibat pada gangguan yang merupakan salah satu tanda terjadinya cedera muskuloskeletal. Untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap aspek ergonomi dari desain kursi penumpang panser yang ada saat ini, yang akan

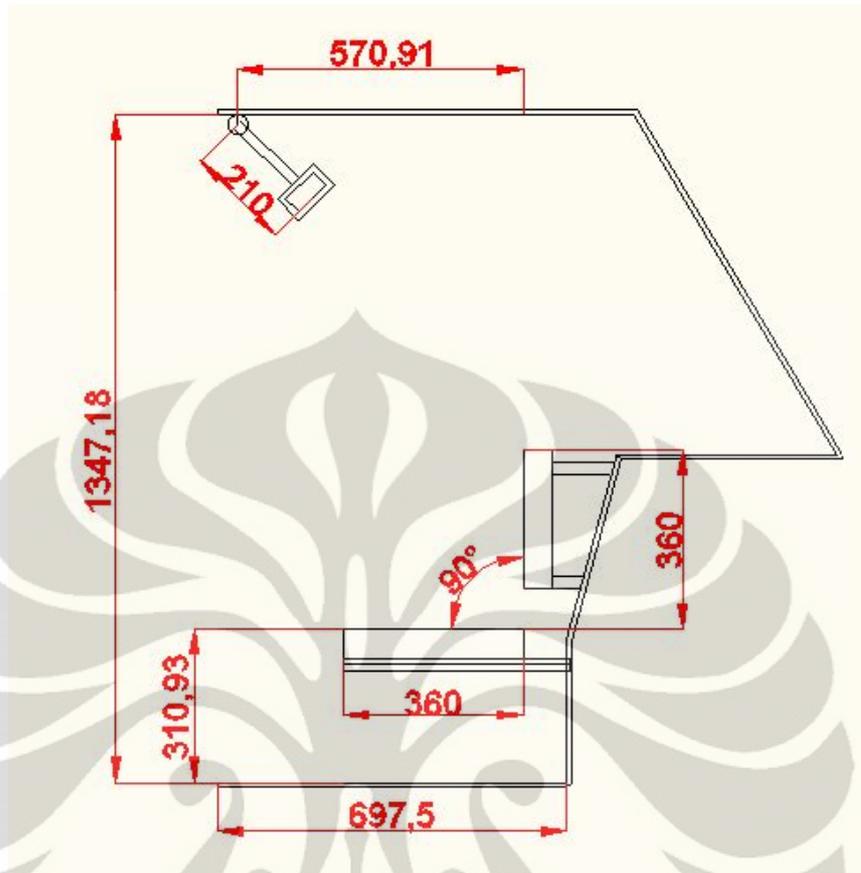
dilakukan dengan metode PEI. Selain itu akan dibuat model kursi kuliah berdasarkan ukuran antropometri tentara infantri mekanis Indonesia.

3.1.2 Data Kabin Penumpang Panser dan Dimensi Kursi Berserta Pegangan Tangan

Berdasarkan pengamatan pada kabin penumpang panser, didapatkan hasil bahwa didalam kabin penumpang tersebut terdiri dari kursi penumpang dan pegangan tangan yang tergantung diatas atap kabin penumpang. Di dalam kabin penumpang tersebut terdapat dua buah kursi penumpang yang saling berhadapan, dimana kedua kursi penumpang tersebut saling menempel pada masing-masing dinding kabin. Dimensi ruang kabin penumpang serta dimensi kursi penumpang didapatkan melalui pengukuran secara langsung terhadap panser ANOA 6 X 6 tipe APC (Armoured Personnel Carrier). Berikut ini adalah gambar kabin penumpang dan desain kursi penumpang dari panser ANOA 6 X 6 tipe APC beserta dimensi yang sebenarnya.



Gambar 3.5 Desain kabin penumpang panser APC (*Armoured Personnel Carrier*)



Gambar 3.6 Dimensi kabin dan kursi penumpang panser (dalam satuan mm)

Berdasarkan gambar 3.6, dapat diketahui bahwa desain kursi penumpang panser tidak memiliki sandaran kepala. Hal tersebut dapat menyebabkan gangguan pada anggota tubuh bagian leher seperti yang ditunjukkan oleh kuisioner dan hasil wawancara bahwa yang menyatakan terjadinya gangguan pada leher akibat tidak adanya sandaran kepala. Kemiringan kursi panser saat ini yaitu sebesar 90° sehingga membuat postur duduk tentara yang mendudukinya menjadi tegak. Postur duduk seperti itu berpeluang besar membuat tulang punggung merosot kedepan dikarenakan 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.

3.1.3 Data Antropometri Tentara

3.1.3.1 Ukuran Sampel

Metode sampling digunakan untuk memudahkan penelitian, dimana pengumpulan data yang dilakukan terhadap jumlah tertentu yang mewakili karakteristik dari populasi. Adapun populasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah populasi tentara Indonesia yang menggunakan kendaraan panser, dalam hal ini adalah tentara Batalyon Infantri Mekanis 201 yaitu sebanyak 800 orang personil. Populasi tersebut dikategorikan sebagai populasi terhingga yaitu sebesar 800, dimana untuk penentuan sampelnya digunakan formula sebagai berikut.

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \quad (3.1)$$

Keterangan:

n = ukuran sampel (banyak sampel yang dibutuhkan)

N = ukuran populasi

E = level presisi

Pada penelitian ini, ditetapkan ukuran sampel sebesar 800 orang dengan level presisi yang dipilih sebesar 5%. Maka, ukuran sampel yang dibutuhkan :

$$x = \frac{800}{1 + 800(0,05)^2} = 266,6667 \approx 267$$

Berdasarkan hasil perhitungan sampel diatas, didapat bahwa pengambilan sampel yang harus dilakukan terhadap populasi tentara pengguna panser yaitu sebesar 267 orang.

3.1.3.2 Hasil Pengumpulan Data Antropometri

Setelah mengetahui ukuran sampel yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengambilan data langsung ke lapangan. Pengambilan data antropometri dilakukan secara manual terhadap tentara batalyon infantri mekanis 201. Pengukuran dilakukan terhadap 16 variabel dimensi tubuh, yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Universitas Indonesia

Tabel 3.1 Dimensi-dimensi Antropometri yang Diukur

No.	Dimensi
1.	Tinggi (strature)
2.	Tinggi lutut saat duduk kaki tegak (knee height)
3.	Jarak antara lantai sampai bawah paha (popliteal length)
4.	Panjang telapak kaki
5.	Jarak Bokong ke lutut depan
6.	Jarak bokong ke lutut belakang
7.	Tinggi bahu dari bantalan duduk
8.	Tinggi mata dari bantalan duduk (sitting eye height)
9.	Tinggi duduk, kepala ke bantalan duduk
10.	Jarak bahu ke siku
11.	Jarak siku ke ujung jari
12.	Lebar bahu
13.	Lebar pelana, setinggi pusar
14.	Lebar bokong
15.	Lebar perut
16.	Berat Badan (weight)

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan secara langsung terhadap tentara Batalyon Infantri Mekanis 201, diperoleh sebanyak 170 tentara. Jumlah tersebut memang tidak sesuai dengan ukuran sampel, namun hal tersebut sudah cukup karena hanya digunakan sebagai validasi. Data yang akan digunakan selanjutnya dalam penelitian ini adalah data antropometri orang Indonesia berdasarkan jurnal yang berjudul *Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations*. Data pengukuran yang telah dikumpulkan langsung dari lapangan digunakan untuk memastikan bahwa jurnal sesuai atau layak digunakan.

Adapun hasil pengukuran antropometri tentara batalyon infantri mekanis 201, ditampilkan dari tabel berikut (setelah diolah menjadi kelompok-kelompok persentil).

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran Antropometri Tentara Batalyon Infantri Mekanis 201

No.	Dimensi	Persentil			SD
		5th	50th	95th	
1.	Tinggi	164,0	169,0	176,0	3,724
2.	Tinggi lutut saat duduk kaki tegak	51,0	55,0	58,6	2,137
3.	Jarak antara lantai sampai bawah paha	42,0	45,0	48,0	1,882
4.	Panjang telapak kaki	24,7	26,0	28,0	1,149
5.	Jarak Bokong ke lutut depan	52,0	56,0	60,0	2,647
6.	Jarak bokong ke lutut belakang	43,0	46,0	50,6	2,535
7.	Tinggi bahu dari bantal duduk	50,0	54,0	59,0	2,894
8.	Tinggi mata dari bantal duduk	69,0	74,0	78,0	4,887
9.	Tinggi duduk, kepala ke bantal duduk	79,5	83,0	89,0	4,165
10.	Jarak bahu ke siku	31,0	33,0	37,0	2,299
11.	Jarak siku ke ujung jari	42,0	45,0	48,0	2,025
12.	Lebar bahu	39,0	42,0	46,0	2,069
13.	Lebar pelana, setinggi pusar	26,0	30,0	35,0	3,118
14.	Lebar bokong	32,0	35,0	40,0	2,817
15.	Lebar perut	16,0	19,0	26,0	3,243
16.	Berat Badan	54,0	61,0	75,6	3,724

Setelah memperoleh data antropometri diatas, data itu kemudian dibandingkan dengan data antropometri dari jurnal. Walaupun data yang didapat tidak tepat sama dengan yang ada dengan jurnal, namun seluruh data masih terdapat didalam *range* yang ada. Selain itu, data antropometri yang ada pada jurnal mendekati ukuran sampel yang dibutuhkan, dimana pengambilan datanya

dilakukan terhadap 245 laki-laki Indonesia (sampel yang dibutuhkan 267 orang). Maka data antropometri yang ada pada jurnal tersebut dapat dinyatakan *valid* untuk digunakan. Tabel berikut merupakan data antropometri Indonesia yang ada pada jurnal tersebut.

Tabel 3.3 Data Antropometri Indonesia

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

Sumber : Chuan, Tan Kay., Hartono, Markus., Kumar, Naresh., (2010).

Anthropometric data for Indonesian males and females. *Journal of Anthropometry of the Singaporean and Indonesian population*, 5

3.1.4 Data Postur Duduk Tentara

Selain data antropometri tentara, diperlukan juga data postur duduk tentara. Berdasarkan pengamatan, terdapat dua buah posisi yang sering dialami oleh tentara. Posisi pertama adalah posisi duduk menyender pada sandaran dan posisi kedua yaitu posisi duduk menyender dengan memegang pegangan tangan ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Posisi Duduk tentara aktual

Dari kedua tipe postur duduk tentara Batalyon Infantri Mekanis 201 ini yang akan dijadikan standar dalam penelitian ini. Namun untuk konfigurasi yang terbentuk nantinya akan diujikan hanya posisi menyender dengan memegang pegangan tangan. Data ini akan ditranslasikan ke dalam format virtual human modeling dengan menggunakan *software* Jack 6.1. Postur duduk tentara menyender dengan memegangan pegangan tangan, tangan yang digunakan untuk memegang pegangan tangan yaitu tangan kiri. Untuk dapat mengukur besaran nilai – nilai hasil analisis dari TAT yang dimiliki *software* Jack 6.1 postur duduk menyandar dan postur duduk memegang pegangan tangan akan dikombinasikan dengan ketinggian, kemiringan sandaran punggung, dan jarak pegangan tangan.

3.2 Pembuatan Model Simulasi Postur Duduk

Pada penelitian ini akan diujikan postur duduk tentara yang bersinggungan langsung dengan kursi penumpang panser, yaitu postur duduk. Postur duduk aktual tentara memiliki dua postur duduk yaitu duduk menyender dan duduk menyender dengan memegang pegangan tangan. Kedua postur duduk tersebut berinteraksi langsung dengan kursi penumpang. Khusus pada postur duduk menyender dengan memegang pegangan tangan, selain berinteraksi langsung dengan kursi penumpang postur ini berinteraksi pula dengan pegangan tangan. Tentara yang diteliti harus dapat mencakup ukuran tubuh tentara Indonesia secara keseluruhan dan diintegrasikan dengan kursi yang diujikan, yang merupakan kursi yang diberikan perubahan pada variable ketinggian kursi, kemiringan sandaran dan jarakpegangan tangan, yang untuk kemudian menghasilkan beberapa model dalam virtual environment yang disebut sebagai konfigurasi.

3.2.1 Penentuan Konfigurasi Model

Setelah melakukan pengamatan di pada kabin penumpang, ternyata terdapat dua postur duduk yaitu menyender dan menyender dengan memegang pegangan tangan. Namun untuk menentukan konfigurasi, postur yang digunakan hanya postur tentara menyender dengan memegang pegangan tangan. Sebelum membuat konfigurasi, hal yang terlebih dahulu dilakukan yaitu menentukan bagian-bagian kursi yang kritikal serta dimensi bagian tubuh mana yang digunakan untuk itu. Berdasarkan identifikasi permasalahan yang telah dilakukan, diperoleh keluhan-keluhan yang dialami oleh penumpang. Beberapa keluhan yang dialami yaitu rasa nyeri pada bagian lutut dan punggung bagian bawah. Berdasarkan wawancara, penumpang panser mengeluhkan tinggi pegangan tangan yang terlalu jauh. Untuk itu, maka variabel konfigurasi yang akan dibuat meliputi tinggi kursi, kemiringan kursi dan ketinggian pegangan tangan. Penentuan variabel tersebut dikarenakan variabel-variabel tersebut berkaitan langsung dengan keluhan-keluhan yang dirasakan.

3.2.1.1 Tinggi Kursi

Seperti yang telah disebutkan pada dasar teori, tinggi kursi ditentukan berdasarkan tinggi dari tanah hingga belakang lutut/betis (*popliteal height*).

Tinggi yang digunakan adalah *popliteal height* persentil 5 (manusia ukuran terkecil), untuk menghindari kaki menggantung saat duduk. Kaki menggantung dapat menyebabkan tekanan yang besar pada bagian paha, sehingga tidak baik untuk kesehatan. *Popliteal height* persentil 5 adalah 38 cm, maka konfigurasi tinggi kursi yang diusulkan adalah 38 cm.

3.2.1.2 Kemiringan Sandaran

Sudut sandaran merupakan salah satu faktor terpenting yang menentukan kenyamanan duduk penumpang. Menurut Grandjean (1973), sudut sandaran kursi yang optimal adalah antara 105° - 110° . Sekalipun sudut sandaran dibuat lebih dari 110° , itu hanya berdampak sedikit pada aktivitas EMG (otot tulang belakang, tekanan piringan sendi, maupun kenyamanan duduk (Chaffin dan Andersson, 1991). Sudut sandaran kursi penumpang panser saat ini yaitu sebesar 90° , nilai sudut tersebut jauh dari yang dinyatakan oleh Grandjean. Oleh karena itu dalam konfigurasi yang akan dibuat menggunakan sudut 105° dan 110° .

3.2.1.3 Jarak Pegangan Tangan

Menurut hasil wawancara dengan penumpang panser, diketahui bahwa jarak pegangan tangan terlalu jauh yaitu berjarak 57 cm dari kursi, hal tersebut mengakibatkan penumpang mengalami kesulitan meraih pegangan tangan. Oleh karena itu, untuk konfigurasi ini akan memperkecil jarak dari pegangan tangan dari kursi penumpang. Jarak pegangan tangan akan disesuaikan dengan panjang tangan bahu ke siku (*sholder-elbow length*) tentara persentil 5 yaitu sebesar 35 cm. Jarak pegangan tangan digeser sepanjang 22 cm dari posisi aktual.

3.2.1.4 Tabel Rancangan Konfigurasi

Stelah menentukan variabel-variabel yang akan diubah dalam pembuatan konfigurasi, langkah selanjutnya yaitu membuat kombinasi dari variabel-variabel tersebut terhadap persentil 5 dan 95. Berikut adalah tabel rancangan konfigurasi yang akan diuji pada penelitian ini.

Tabel 3.4 Daftar Konfigurasi Pengujian Kursi Penumpang Panser

Konfigurasi	Persentil	Tinggi Kursi (cm)	Sudut Kursi (derajat)	Jarak Pegangan Tangan (cm)	Keterangan
1	5	31 (aktual)	90 (aktual)	aktual	Aktual
	95	31 (aktual)	90 (aktual)	aktual	
2	5	31 (aktual)	105	aktual	Redisain
	95	31 (aktual)	105	aktual	
3	5	31 (aktual)	105	digeser 22	
	95	31 (aktual)	105	digeser 22	
4	5	31 (aktual)	110	aktual	
	95	31 (aktual)	110	aktual	
5	5	31 (aktual)	110	digeser 22	
	95	31 (aktual)	110	digeser 22	
6	5	38	105	aktual	
	95	38	105	aktual	
7	5	38	105	digeser 22	
	95	38	105	digeser 22	
8	5	38	110	aktual	
	95	38	110	aktual	
9	5	38	110	digeser 22	
	95	38	110	digeser 22	

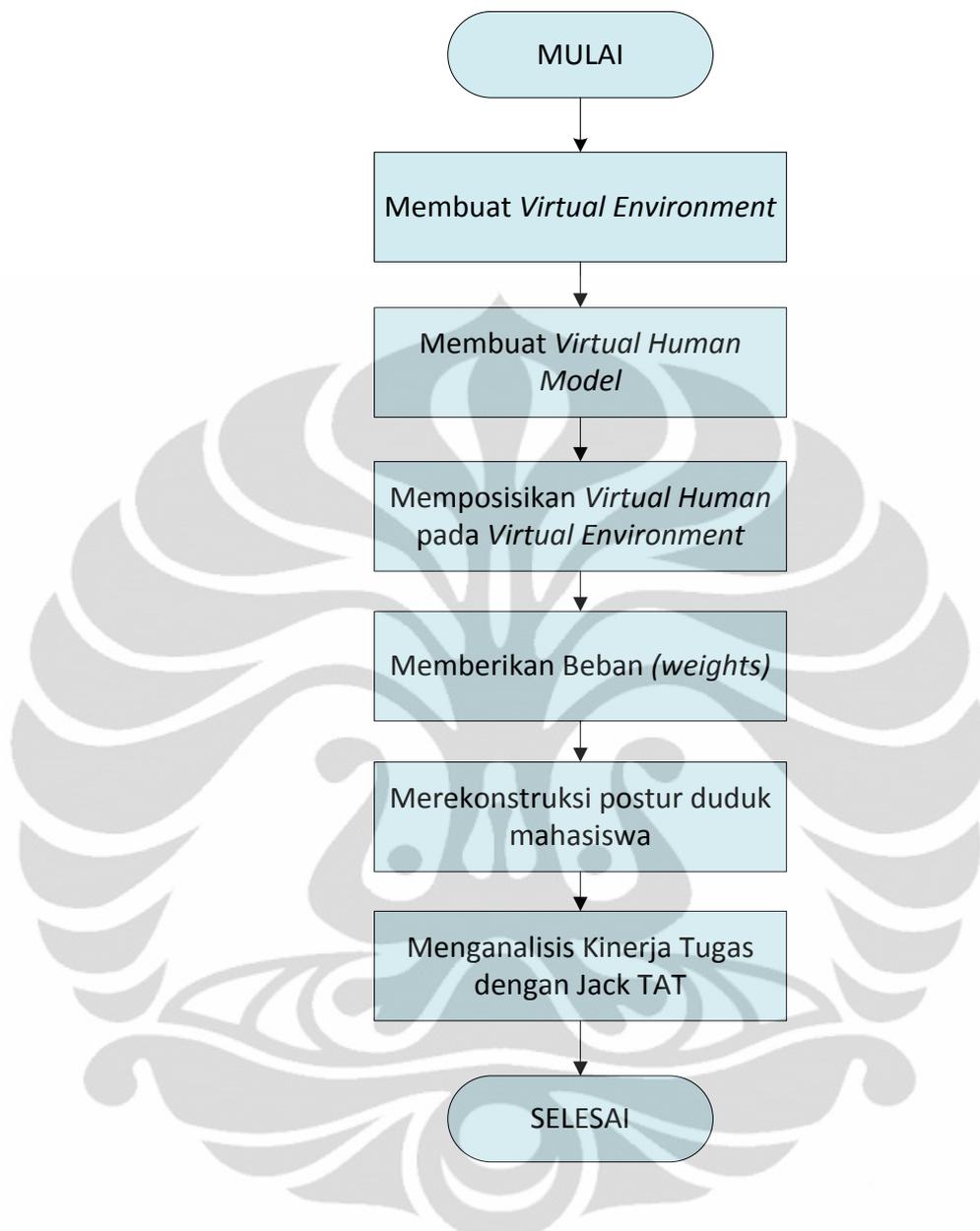
3.2.2 Alur Pembuatan Model

Pembuatan model memerlukan langkah – langkah yang tepat agar model yang dibuat dapat merepresentasikan keadaan yang sesungguhnya dari objek yang diteliti. Dalam pembuatan model dibutuhkan lima tahapan yang harus dilakukan.

Berikut adalah tahapan – tahapan pembuatan model simulasi untuk menganalisa postur duduk tentara.

1. Membuat sebuah *virtual environment*
2. Membuat model manusia *virtual human model*
3. Memposisikan *virtual human model* pada *virtual environment* sesuai dengan keadaan riil
4. Memberikan beban (*weights*)
5. Merekonstruksi postur duduk tentara
6. Menganalisis kinerja *virtual human model* dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack.

Berikut adalah diagram alir pembuatan model penelitian seperti yang telah dijelaskan pada poin – poin diatas.

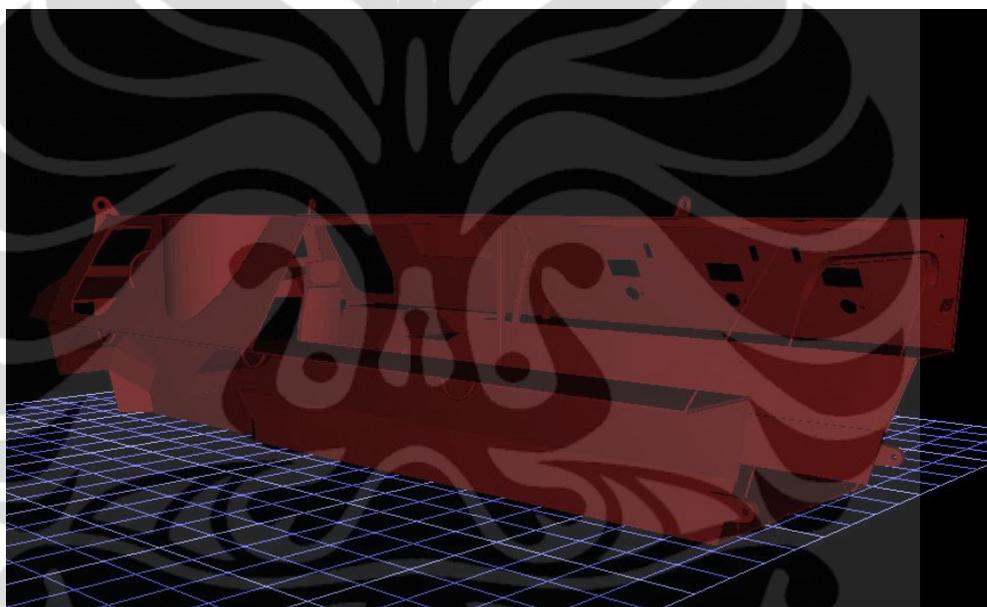


Gambar 3.8 Diagram Alir Pembuatan Model Simulasi

3.2.2.1 Pembuatan Virtual Environment

Pembuatan *virtual environment* dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan *software* Jack. Namun, untuk bisa menyusun *virtual environment* yang merepresentasikan ukuran di dunia nyata, harus dibentuk dulu model *virtual* lingkungan kerja dalam *software* AutoCad dan NX6. Lingkungan kerja yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kabin penumpang dan kursi penumpang beserta pegangan tangan. Pembuatan model kabin penumpang panser dengan

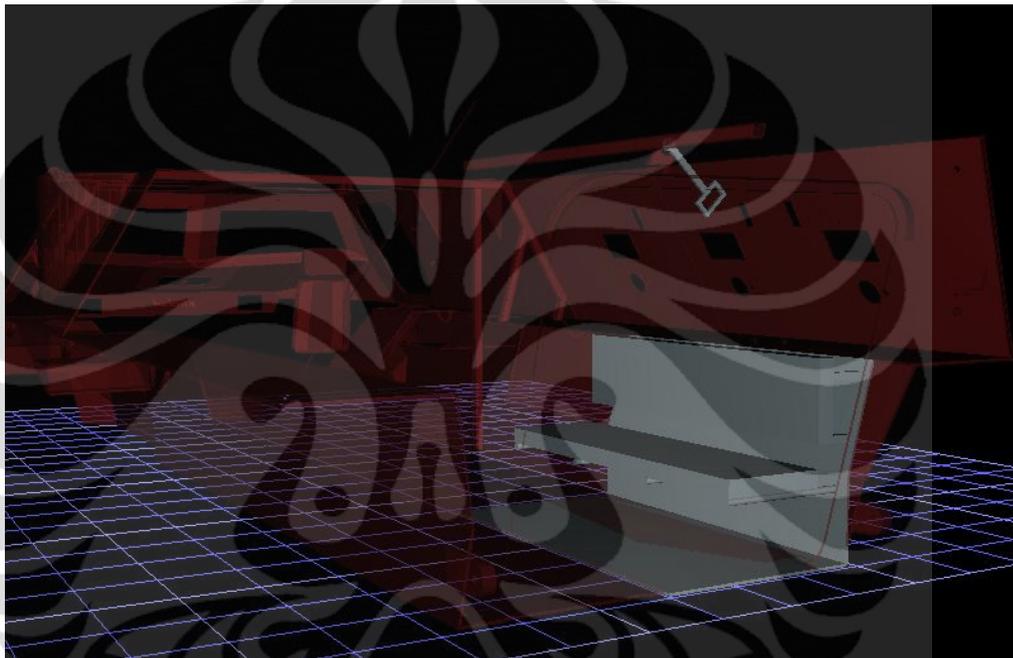
kursi penumpang beserta pegangan tangan dibuat secara terpisah dikarenakan model kabin penumpang telah didapatkan dari perusahaan PINDAD sedangkan model kursi penumpang dan pegangannya dibuat sendiri berdasarkan pengukuran yang dilakukan. Model kabin penumpang yang telah didapat memiliki format (*.max) yang merupakan format keluaran dari *software* 3Dmax. Untuk dapat membuka model di dalam *software* Jack, maka model kabin yang memiliki format (*.max) harus diformat menjadi (*.stl) dikarenakan *software* jack hanya bisa membuka file dengan format (*.stl). Berikut adalah model kabin penumpang panser APC.



Gambar 3.9 Tampilan Desain Kabin Penumpang dalam *software* JACK 6.1

Pembuatan model *virtual* kursi penumpang panser dikerjakan dalam *software* NX 6, namun sebelum membuat model kursi tersebut diperlukan dimensi dari kerangka kabin penumpang dimana penempatan model kursi penumpang disesuaikan dengan ukuran kabin penumpang. Untuk mendapatkan ukuran kabin penumpang diambil dari model kabin penumpang yang telah didapat dari perusahaan PINDAD. Desain kabin penumpang yang memiliki format (*.max) diubah menjadi format (*.cad), setelah hal tersebut dilakukan maka mendesain ulang kerangka kabin penumpang menggunakan *software* AutoCad. Setelah kerangka desain dibuat maka kerangka tersebut dipindahkan ke *software* NX6.

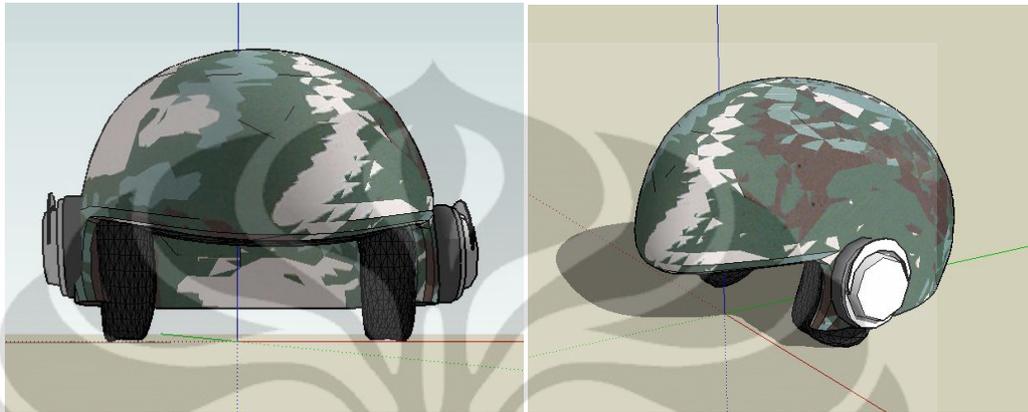
Langkah selanjutnya membuat desain kursi penumpang beserta pegangan tangan menggunakan software NX6 berdasarkan dimensi dari pengukuran langsung kursi penumpang saat ini. Langkah selanjutnya adalah merubah format model ke dalam format (*.stl). Berikut merupakan hasil pembuatan model kursi penumpang panser.



Gambar 3.10 Tampilan Desain Kursi serta pegangan tangan dalam kabin penumpang panser

Setelah model kabin dan kursi penumpang dibuat, maka langkah selanjutnya adalah membuat perlengkapan yang biasa dikenakan oleh tentara ketika akan menuju medan pertempuran. Perlengkapan yang harus dikenakan oleh tentara yaitu helm dan rompi tentara. Model helm dan rompi anti peluru dibuat dengan menggunakan *software google sketchup*. Pemilihan *software Google Sketchup* sebagai aplikasi dalam membuat model helm dan rompi anti peluru didasari oleh beberapa pertimbangan. Diantara pertimbangan tersebut adalah *software Google Sketchup* merupakan aplikasi desain grafis berbasis vektor yang mudah digunakan dan bersifat *open source*. Sebelum dimasukkan ke dalam

software Jack 6.1, model helm dan rompi anti peluru tersebut harus dikonversi menjadi berformat (*.stl). Konversi dimulai pada *software* Google Sketchup dikonversi ke format 3DS *file* (*.3ds). Setelah itu file tersebut kembali dikonversi ke format (*.stl) dalam *software* 3D MAX agar dapat dibuka dalam Jack 6.1.



Gambar 3.11 Model Helm Tentara

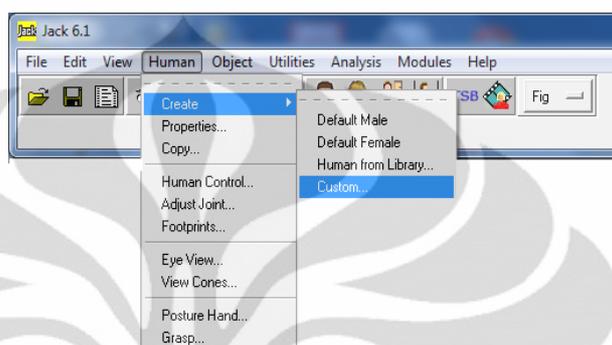


Gambar 3.12 Rompi Anti Peluru

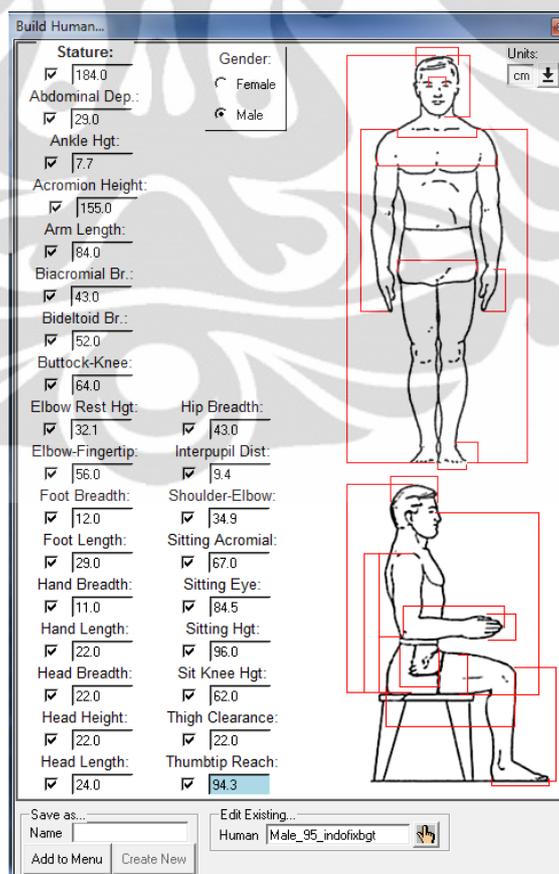
3.2.2.2 Pembuatan virtual Human Modeling

Model virtual manusia, dalam penelitian ini adalah model tentara yang dibuat berdasarkan data tinggi badan, berat badan dan data ukuran tubuh yang didapat dari jurnal antropometri Indonesia. Data-data tersebut dimasukkan ke

dalam fitur *Build Human* yang ada dalam *software* Jack 6.1. Dalam fitur *Build Human* (gambar 3.24) dapat dibuat model virtual manusia berdasarkan template atau ukuran dari standar yang sudah ada di dunia antropometri, seperti *database* antropometri CHINNESE, namun, dapat juga dibuat model virtual manusia berdasarkan data tinggi dan berat badan yang kita miliki atau secara *customize*.



Gambar 3.13 Command Untuk Pembuatan Model Manusia *Virtual* secara *customize*



Gambar 3.14 Fitur *Advanced Scaling*

Pembuatan model manusia pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan *advanced scaling*. Pada fitur *advanced scaling* memungkinkan pengguna untuk memasukkan data ukuran tubuh secara lebih detail. Hal pertama yang dilakukan untuk membuat model manusia dengan menggunakan fitur *advanced scaling* adalah memilih database yang akan kita gunakan, pada model manusia ini database yang digunakan yaitu CHINNESE. Setelah memilih database yang digunakan, langkah selanjutnya yaitu memilih fitur *advanced scaling*. Pada fitur *advanced scalling* terdapat 26 kolom isian untuk mengisi informasi-informasi data panjang dari setiap anggota tubuh yang dapat dilihat pada gambar 3.14.

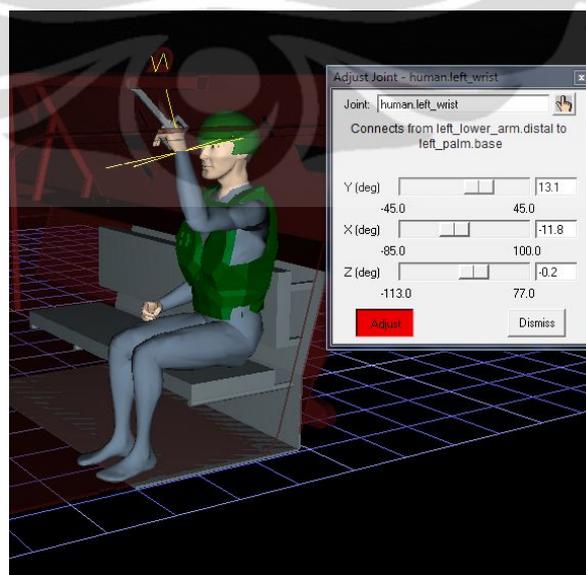
3.2.2.3 Pembentukan Postur Duduk

Sebelum pembentukan postur duduk hal pertama yang dilakukan yaitu menggabungkan *virtual environment* pendukung seperti helm dan rompi anti peluru dengan model manusia yang telah dibuat. Setelah memasukkan helm dan rompi anti peluru kepada model manusia yaitu mulai membentuk postur duduk tentara. Postur duduk yang disimulasikan dalam penelitian ini adalah postur duduk ketika tentara sedang duduk menyender dengan tangan kiri memegang pegangan tangan. Seperti telah dibahas sebelumnya, model manusia yang akan dipakai dalam analisis penelitian ini adalah model tentara dengan persentil 5 dan persentil 95. Pembuatan postur duduk dalam *software* Jack 6.1 harus dilakukan dengan seksama agar postur duduk yang terbentuk dalam *virtual environment* sedemikian rupa mendekati postur duduk dalam keadaan yang sebenarnya. Postur duduk dibuat pertama – tama dengan mengkondisikan posisi model manusia virtual agar berada dalam kondisi duduk. Kemudian, model manusia virtual yang sudah dalam kondisi duduk tersebut disesuaikan dengan kursi yang tersedia, dan disesuaikan kondisinya agar sesuai dengan keadaan yang sebenarnya.



Gambar 3.15 Tampilan Modul *Human control*

Untuk menyesuaikan postur duduk dalam model agar sesuai dengan kenyataannya dapat digunakan beberapa command yang ada dalam *software* Jack 6.1. Penyesuaian postur dilakukan dengan memodifikasi persendian model manusia yang ada dengan menggunakan command *human control*. Perintah *human control* ini berfungsi untuk memodifikasi bentuk postur tubuh model manusia virtual dengan menyesuaikan sekelompok persendian tubuh manusia (*joint*) sesuai dengan yang kita inginkan.



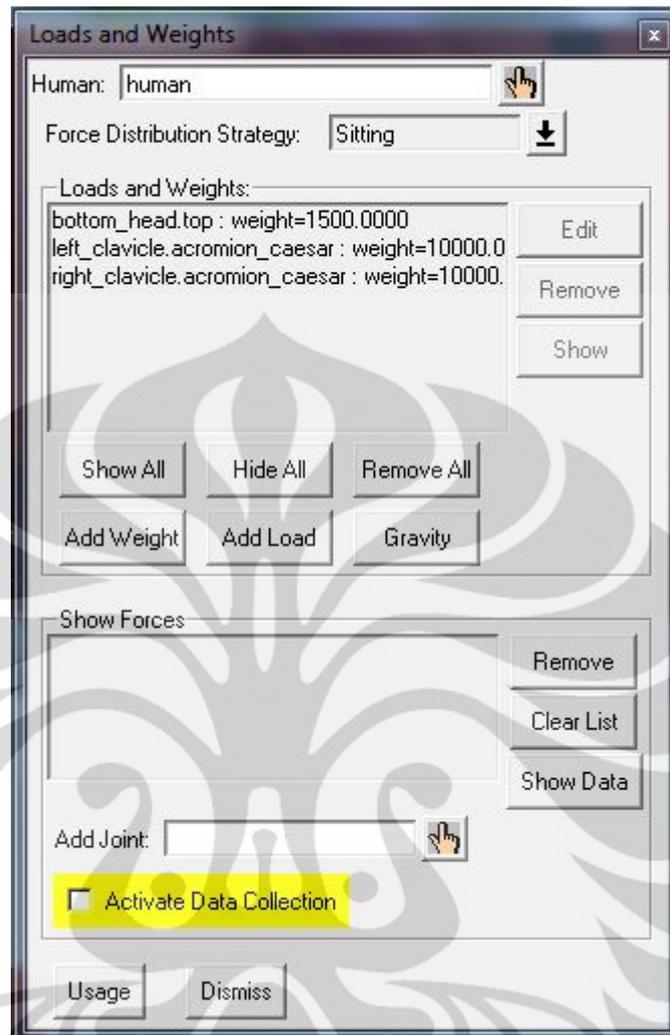
Gambar 3.16 Tampilan Modul *Adjust joint*

Sekelompok persendian yang diubah dalam pembentukan model mahasiswa ketika duduk adalah tangan, kaki, kepala, leher, bahu dan tulang belakang. Untuk bagian tubuh tertentu ada yang hanya bisa dimodifikasi sendiri 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 persedian berubah sesuai sumbu x, y dan z. Perubahan ini disebut dengan traslasi. Selain itu persendian dapat diputar, atau dirotasikan. Namun tidak semua persendian bisa diputar, karena *software* Jack 6.1 dapat membedakan secara spesifik bagian tubuh atau sendi mana saja dalam tubuh manusia yang dapat diputar atau dirotasikan.

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.

3.2.3 Memberikan Beban (Weights)

Setelah selesai dibuat model manusia dalam posisi menyender dan memegang pegangan tangan maka hal selanjutnya dilakukan yaitu memberikan beban pada bagian kepala dan bahu model manusia. Beban yang diberikan pada kepala berupa beban helm sebesar 3 kg yang biasa dipakai tentara. Beban juga diberikan pada bagian bahu sebesar 10 kg dan terdistribusi merata di kedua bahu manekin. Beban pada bahu tersebut dianggap sebagai representasi beban rompi anti peluru yang dikenakan oleh tentara.



Gambar 3.17 Modul Loads And Weights setelah Beban Dimasukkan

Pemberian beban pada kedua bagian tersebut dilakukan melalui modul *LoadsAndWeights*. Karena postur pengendara sepeda motor merupakan postur duduk, maka dipilih *force sitribution strategy* “*Sitting*” sehingga distribusi gaya terpusat pada tubuh bagian pinggul. Setelah memberikan beban pada model manusia, hal selanjutnya dilakukan yaitu melakukan analisis postur tentara dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang dimiliki oleh software Jack 6.1.

3.2.4 Analisis Data Menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT)

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

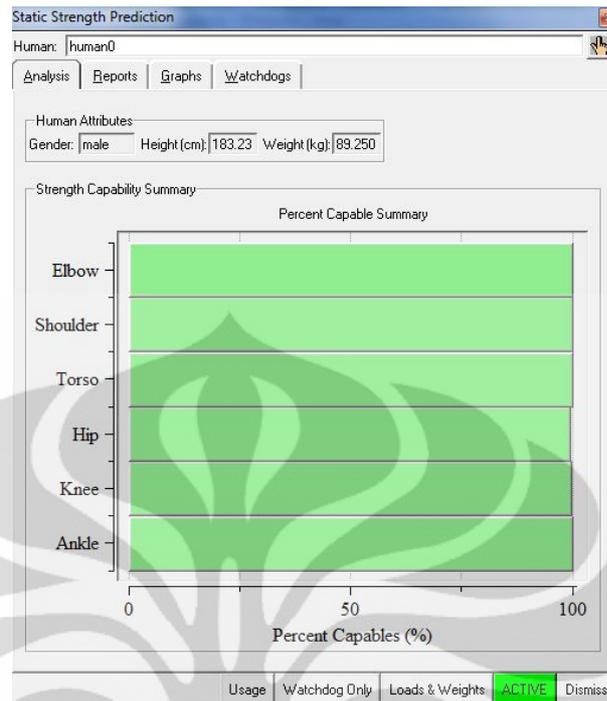
menganalisis kinerja model manusia dalam penelitian ini berjumlah empat buah *tools*. Keempat *tools* tersebut adalah sebagai berikut:

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

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 ini dinamakan dengan *Posture Evaluation Index* (PEI). Analisis yang dilakukan dengan menggunakan keempat *tools* ini dapat menunjukkan postur duduk yang paling besar pengaruhnya terhadap tubuh 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 data memberikan usulan bagaimana karakteristik kursi penumpang panser yang memiliki kecenderungan menyebabkan beban terkecil terhadap tubuh tentara. Berikut adalah hasil penilaian dari keempat *tools* yang terdapat pada *Task Analysis Toolkit* terhadap postur duduk tentara dalam konfigurasi 1 pada persentil 95.

3.2.4.1 Static Strength Prediction

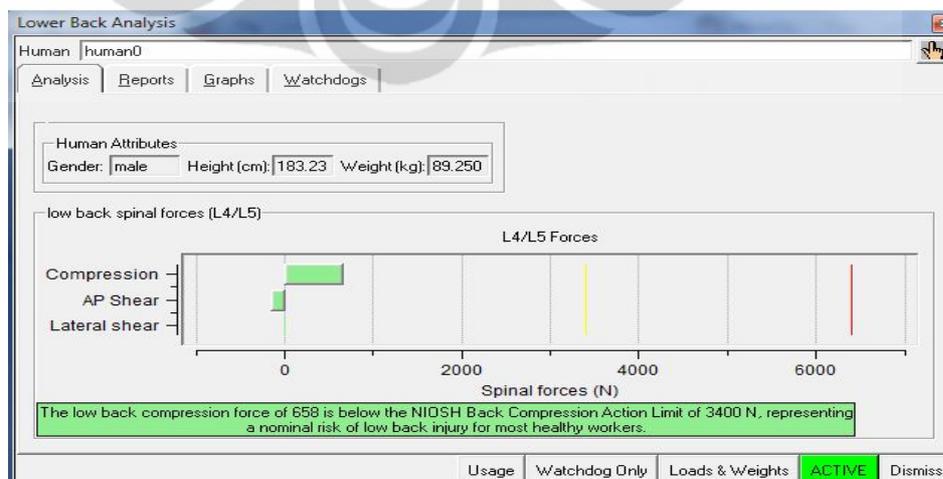
Static strength prediction digunakan untuk memvalidasi apakah postur yang dibuat dapat dikerjakan atau dilakukan oleh populasi lainnya. Besaran kapabilitas dapat diatur sesuai keinginan kita. Dalam hasil analisis SSP untuk konfigurasi 1 pada persentil 95, terlihat bahwa postur yang diujikan mampu dilakukan oleh 90% populasi yang memiliki usia, gender dan tinggi badan yang berbeda.



Gambar 3.18 Hasil Analisa SSP

3.2.4.2 Lower Back Analysis

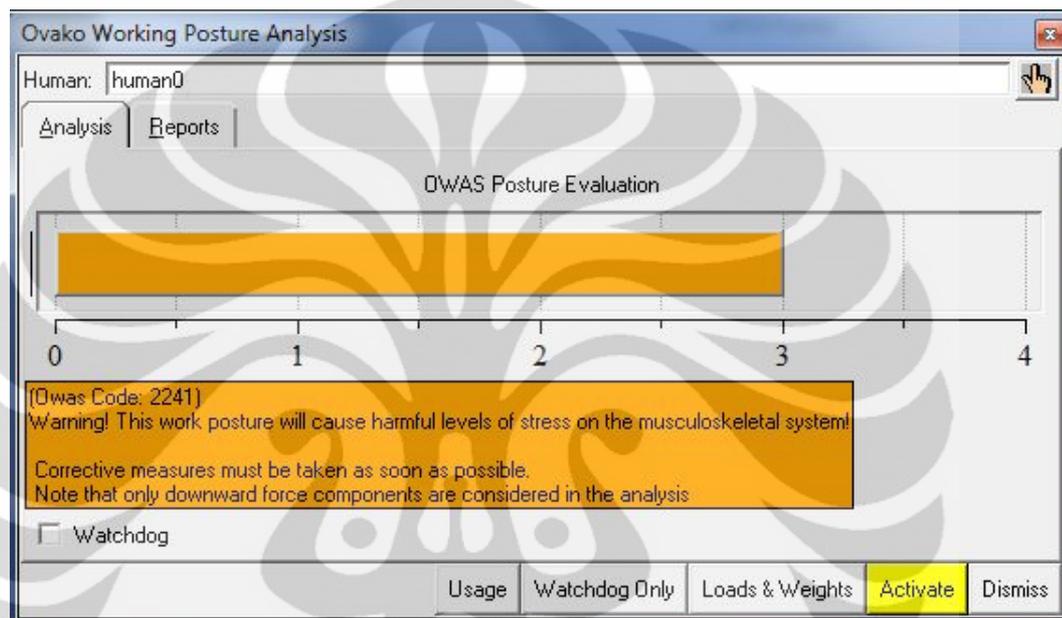
Lower Back Analysis digunakan untuk melihat seberapa besar beban yang dikenakan atau ditanggung oleh punggung bagian bawah (*Low Back*), yaitu bagian punggung L4 dan L5. Berdasarkan hasil analisis dari konfigurasi 1 persentil 95 membungkuk, besar gaya yang diterima oleh punggung bagian bawah adalah sebesar 658 N, masih di bawah batas normal yang diperbolehkan yaitu 3400 N.



Gambar 3.19 Hasil Analisis LBA Konfigurasi 1 pada Persentil 95

3.2.4.3 Ovako Working Analysis System

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. Dari hasil analisis modul OWAS dalam Jack TAT untuk konfigurasi 1 persentil 95, didapatkan kode OWAS 2241. Kemudian kode OWAS tersebut dikalkulasikan dan menghasilkan skor OWAS sebesar 3 poin.



Gambar 3.20 Hasil Analisis OWAS Konfigurasi 1B Membungkuk

3.2.4.4 Rapid Upper Limb Assessment

RULA merupakan alat untuk mngevaluasi 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*.

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: 3
 Wrist: 3
 Wrist Twist: 1
 Total: 6

Body Group B Posture Rating
 Neck: 4
 Trunk: 2
 Total: 6

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

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

Grand Score: 7
 Action: Investigation and changes are required immediately.

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar 3.21 Hasil Analisis RULA Konfigurasi 1 pada 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 hasil analisis RULA, *grand score* dari postur duduk konfigurasi 1 persentil 95 adalah sebesar 7 poin. Poin 7 ini mengindikasikan bahwa postur duduk yang dialami tentara adalah postur yang membahayakan kesehatan, dibutuhkan investigasi dan perbaikan secepatnya.

3.2.5 Perhitungan Nilai *Posture Evaluation Index* (PEI)

Seperti yang telah dibahas pada sub-bab 3.2.4 tentang Analisis Data Menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT), bahwa keempat *tools* yang digunakan untuk menganalisis pengaruh postur duduk terhadap tubuh manusia akan digabungkan dalam perhitungan untuk menghasilkan nilai keseluruhan postur duduk tentara. *Postur Evaluation Index* (PEI) didapatkan dengan mengkombinasikan tiga *tools* dalam JackTAT, yaitu *Low Back Analysis*, *Ovako Working Posture Analysis System*, *Rapid Upper Limb Assessment*. Setelah sebelumnya memerhatikan nilai dari *Static Strength Prediction* dari postur duduk

konfigurasi yang diujikan. Untuk mendapatkan nilai PEI, digunakanlah persamaan yang terdapat pada bab 2, yaitu:

$$PEI = I_1 + I_2 + m_r \cdot I_3 \quad (2.2)$$

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

$$I_2 = OWAS/4$$

$$I_3 = RULA/7$$

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

Langkah pertama untuk menghitung nilai PEI dari konfigurasi 1 adalah memastikan persentase populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan pekerjaan tersebut. Nilai batas minimum 90% digunakan sebagai persyaratan bahwa pekerjaan tersebut dapat dilakukan oleh pekerja lain yang memiliki umur, gender, dan tinggi berbeda.

Untuk mengukur nilai PEI, digunakanlah rangkuman hasil analisis LBA, OWAS, dan RULA yang dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Resume Skor LBA, OWAS, RULA

LBA	RULA	OWAS	PEI
658	7	3	2,364

Dengan memasukkan skor-skor di atas pada persamaan 2.2 di atas, maka akan didapat nilai PEI dari konfigurasi 1 persentil 95. Berikut perhitungan dengan menggunakan metode PEI:

$$\begin{aligned} PEI &= 658N / 3400N + 3/4 + 7/7 * 1.42 \\ &= 2.364 \end{aligned}$$

Hasil dari penilaian PEI konfigurasi 1 pada persentil 95 tersebut akan dibandingkan dengan nilai PEI dari konfigurasi lainnya untuk menentukan konfigurasi mana yang paling optimal secara ergonomis.

BAB 4

ANALISIS

Bab ini memaparkan mengenai analisis dari data-data yang telah diolah menjadi model postur duduk dalam virtual environment pada bab 3 untuk kemudian dibuat sebuah konfigurasi kursi penumpang panser yang baik ditinjau dari sisi ergonomis. Konfigurasi penumpang yang baik secara ergonomis dilihat dari tinggi kursi, sudut sandaran kursi dan jarak pegangan tangan yang memberikan nilai PEI dari postur duduk model tentara. Postur duduk dalam kursi dengan ukuran aktual akan dibandingkan dengan kursi yang telah direkayasa pada variabel ketinggian kursi, sudut sandaran dan jarak pegangan tangan.

4.1 Analisis Postur Duduk Aktual

Untuk melihat kondisi ergonomi dari setiap postur duduk tentara infantri mekanis yang diujikan pada setiap konfigurasi yang telah ditentukan, sebelumnya diperlukan analisis mengenai postur duduk tentara dalam kondisi yang aktual, yaitu postur duduk tentara pada kursi penumpang yang ada saat ini. Postur duduk aktual ini didapatkan dari hasil pengamatan postur duduk dan pengukuran secara langsung terhadap ukuran kursi yang digunakan dalam kabin penumpang panser.

Hasil dari analisis postur duduk aktual ini akan dijadikan perbandingan untuk melihat perbedaan antara kondisi ergonomi postur duduk aktual dengan kondisi ergonomi postur duduk konfigurasi, yang merupakan hasil perubahan dari ketinggian kursi, derajat kemiringan sandaran kursi dan jarak pegangan tangan terhadap postur duduk tentara.

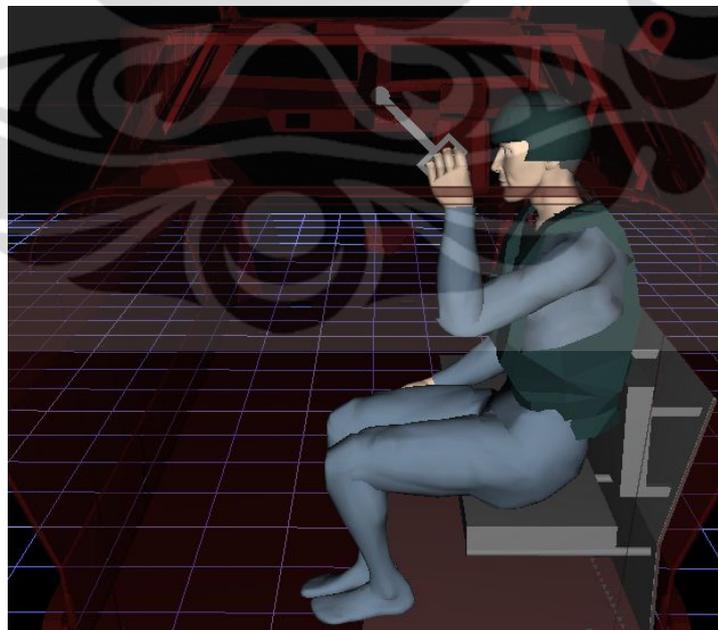
4.1.1 Analisis Konfigurasi 1 (Aktual)

Dalam konfigurasi 1, objek yang dianalisis adalah tentara dengan persentil 5. persentil dan tentara dengan persentil 95. Sesuai dengan data antropometri persentil 5 memiliki ukuran tinggi badan 162 cm dengan berat badan sebesar 50 kg Untuk data antropometri paad persentil 95 memiliki ukuran tinggi badan 183 cm dengan berat badan sebesar 89,25 kg. Kursi penumpang yang digunakan

adalah kursi penumpang aktul yang ada pada saat ini dengan ketinggian kursi 31cm, kemiringan sandaran kursi 90^0 , dan jarak pegangan tangan dari sandaran kursi 57 cm. Desain kursi dan model tentara pada konfigurasi aktual dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2.



Gambar 4.1 Gambar konfigurasi 1 pada model tentara persentil 5



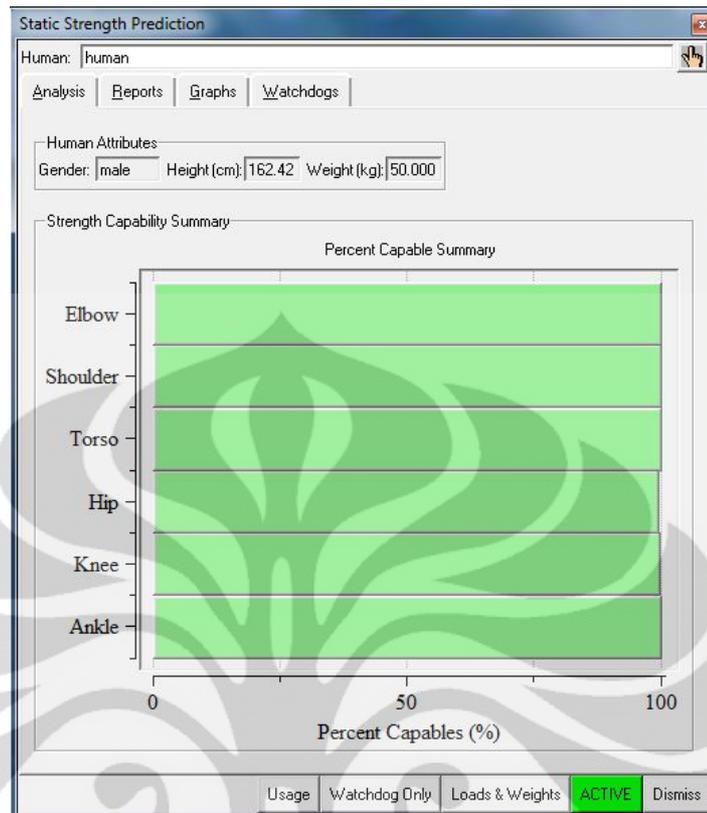
Gambar 4.2 Gambar konfigurasi 1 pada model tentara persentil 95

Pada tahap awal analisis konfigurasi 1 perlu dilakukannya analisis *Static strength prediction*. Analisis *Static Strength Prediction* dilakukan sebagai tahap

Universitas Indonesia

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

Jika diperhatikan hasil yang diperoleh dari *Task Analysis Toolkits* untuk konfigurasi 1 pada persentil 5 maupun ke-95 memiliki tingkat kapabilitas di atas 90 %. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4, bahwa warna hijau pada grafik menunjukkan bahwa tingkat kapabilitas untuk konfigurasi aktual ini masih dalam batas aman. Dari Tabel 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa hampir keenam bagian tubuh kanan maupun kiri memiliki tingkat kapabilitas 100%, kecuali pada bagian pinggul kiri untuk persentil 5 dan pinggul kanan untuk persentil 95 yang memiliki tingkat kapabilitas 99 %. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa 100% populasi tentara memiliki kapabilitas untuk postur duduk pada kursi penumpang dengan desain aktual ini (konfigurasi 1), baik untuk persentil 5 maupun untuk persentil 95.

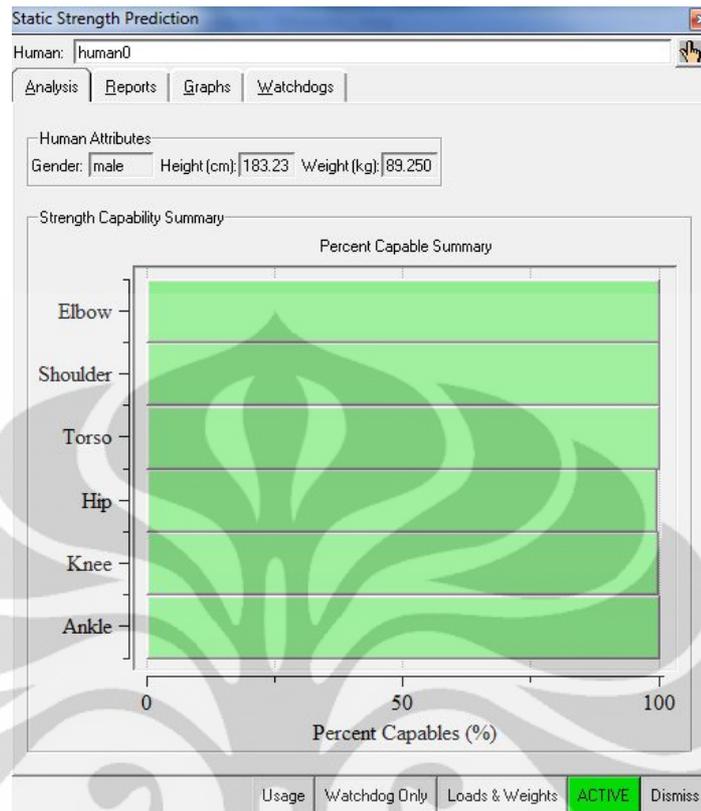


Gambar 4.3 Grafik SSP Konfigurasi 1 Persentil 5

Tabel 4.1 Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi 1 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	-0	--	63	16	100	-1	--	73	18	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-5	ABDUCT	64	16	100	-2	ABDUCT	79	19	100
	Rotation Bk/Fd	-0	--	84	23	100	-1	--	110	30	100
	Humeral Rot	-0	--	43	10	100	-0	--	36	8	100
Trunk	Flex/Ext	-5	EXTEN	396	125	100					
	Lateral Bending	1	--	510	115	100					
	Rotation	-0	--	107	29	100					
	Hip	0	--	187	51	100	-0	--	221	89	99
	Knee	0	--	149	52	100	-0	--	152	53	100
	Ankle	0	--	162	54	100	0	--	154	51	100



Gambar 4.4 Grafik SSP Konfigurasi 1 Persentil 95

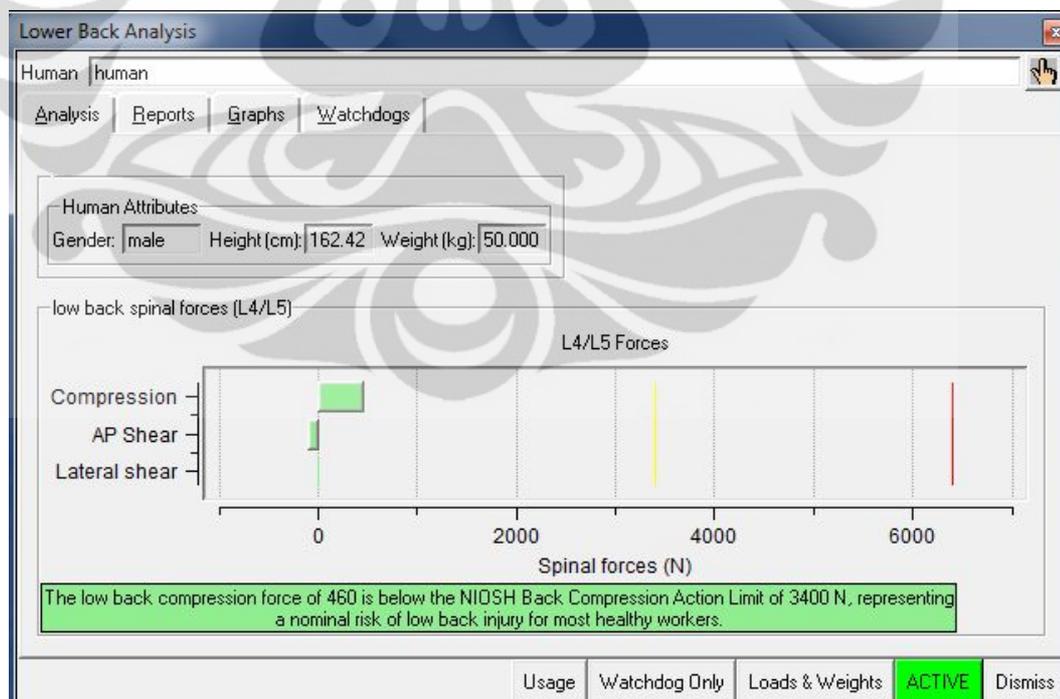
Tabel 4.2 Rekapitulasi Kapabilitas SSP Konfigurasi 1 Persentil 95

Capability Summary Chart

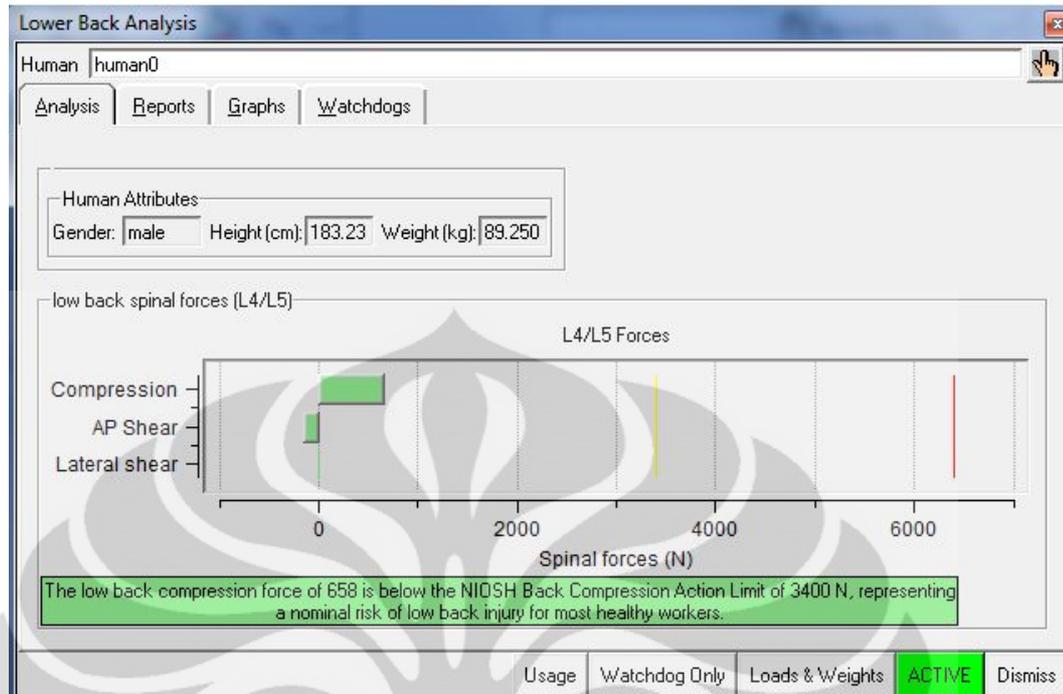
		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	0	--	40	8	100	-2	FLEXN	73	18	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-8	ABDUCT	62	15	100	-3	ABDUCT	79	19	100
	Rotation Bk/Fd	-1	FORWARD	88	24	100	-2	FORWARD	111	30	100
	Humeral Rot	-0	--	42	10	100	-0	--	37	8	100
Trunk	Flex/Ext	-7	EXTEN	403	127	100					
	Lateral Bending	-1	--	484	105	100					
	Rotation	0	--	107	29	100					
	Hip	-0	--	222	89	99	0	--	180	49	100
	Knee	0	--	146	51	100	-0	--	150	52	100
	Ankle	0	--	162	54	100	0	--	154	51	100

Setelah dilakukan analisis SSP, tahap selanjutnya dilakukan analisis *Lower back* (LBA), Ovako Working Analysis System (OWAS) dan *Rapid Upper limb Assessment* (RULA) secara berurutan.

Low Back Analysis adalah sebuah alat analisis ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi tekanan (*compression*) yang bekerja pada bagian tulang belakang manusia, dalam berbagai macam postur kerja dan kondisi beban. Secara rinci, LBA menghitung tekanan pada *vertebral disc* L4/L5 dan membandingkan pada batasan tekanan yang diizinkan 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) sagital, lateral, dan aksial yang terjadi pada *vertebral disc* L4/L5. Selain itu, informasi mengenai tingkat aktivitas otot-otot batang tubuh yang digunakan dalam menyeimbangkan momen spinal juga dapat diperoleh. Sama seperti halnya dengan SSP, nilai LBA yang perlu dicatat adalah nilai LBA pada saat model tentara mengalami kondisi paling membahayakan ketika simulasi dijalankan.



Gambar 4.5 Grafik LBA Konfigurasi 1 Persentil 5



Gambar 4.6 Grafik LBA Konfigurasi 1 Persentil 95

Gambar 4.5 dan 4.6 di atas merupakan hasil nilai LBA yang diperoleh untuk konfigurasi desain aktual. Gambar 4.5 merupakan nilai LBA untuk persentil 5 dan Gambar 4.6 merupakan nilai LBA untuk persentil 95. Dari grafik tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk konfigurasi 1 pada persentil 5 maupun ke-95, resiko terjadinya cedera pada tulang belakang relatif kecil. Hal ini dikarenakan nilai *Lower Back Compression Force* yang masih di bawah *Compression Action Limit* berdasarkan standar NIOSH, yaitu 3400 N. Seperti yang ditunjukkan pada grafik, nilai LBA untuk konfigurasi 1 pada persentil 5 dan ke-95 berturut-turut menunjukkan angka 460 N dan 658 N (lebih kecil dibandingkan *Compression Action Limit* menurut standar NIOSH)

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis nilai OWAS yang didapat dari konfigurasi 1. OWAS merupakan 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 relatif dari postur kerja dinyatakan dalam bentuk kode OWAS. Kode OWAS terdiri dari empat digit angka yang masing-masing angka menggambarkan tingkat kenyamanan punggung (*back*), lengan (*arm*), kaki (*leg*), dan beban angkut (*load handle*). Deskripsi kode OWAS lebih rinci diterangkan pada Tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3 Deskripsi Kode OWAS

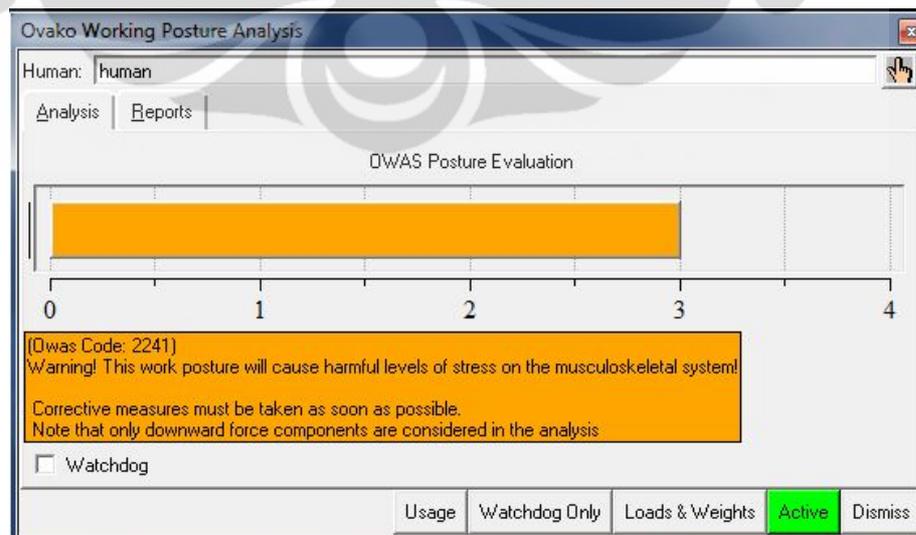
Body parts	OWAS code	Description of position
Back	1	Back straight
	2	Back bent
	3	Back Twisted
	4	Back bent and twisted
Arm	1	Both arms below shoulder level
	2	One arm at or above shoulder level
	3	Both arms at or above shoulder level
Leg	1	Sitting
	2	Standing on both straight legs
	3	Standing on one 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

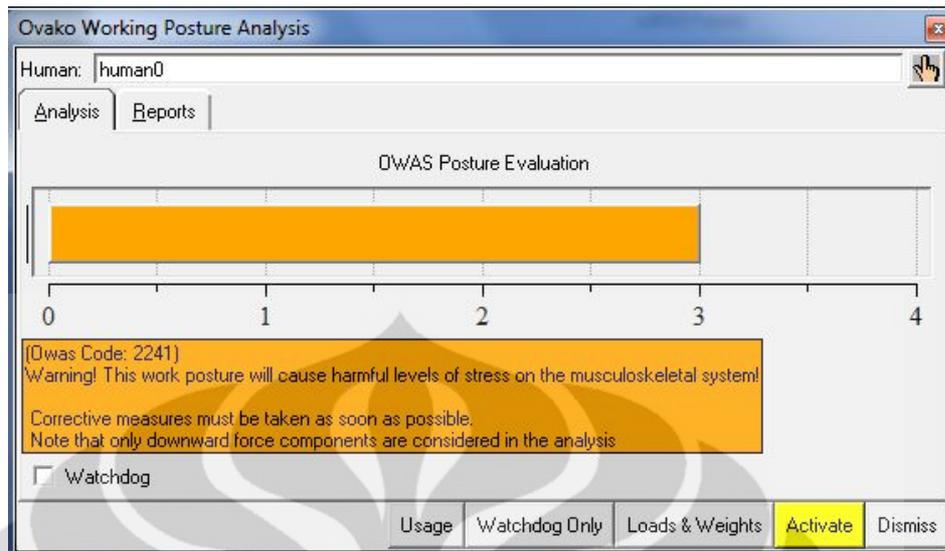
Selanjutnya kombinasi dari kode OWAS tersebut akan menghasilkan suatu nilai total yang menunjukkan tingkat urgensi pengambilan suatu aksi perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera pada pekerja. Adapun kategori nilai OWAS total yang menunjukkan tingkat urgensi perlunya dilakukan perbaikan dapat dilihat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

. Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 di bawah ini menunjukkan hasil OWAS yang didapat dari simulasi menggunakan *software* Jack 6.1 untuk desain aktual. Dari hasil simulasi yang telah dijalankan, ternyata tidak terdapat perbedaan nilai OWAS antara persentil 5 dan persentil 95. Hal ini menunjukkan bahwa faktor ukuran tubuh tentara tidak mempengaruhi nilai OWAS yang didapat.

**Gambar 4.7** Grafik Nilai OWAS pada Persentil 5



Gambar 4.8 Grafik Nilai OWAS pada Persentil 95

Sama halnya dengan SSP dan LBA, nilai OWAS yang dicatat dan dimasukkan ke dalam perhitungan PEI nanti adalah nilai OWAS paling kritis (memiliki nilai paling besar) yang terjadi selama simulasi dijalankan. Dari gambar 4.7 dan gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai OWAS yang paling kritis untuk persentil 5 dan 95 bernilai 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.

Sedangkan bila ditinjau dari segi kode OWAS, dari grafik terlihat bahwa kode OWAS yang diperoleh adalah 2141. Berdasarkan Tabel 4.2, maka kode OWAS tersebut menunjukkan bahwa:

1. Postur bagian punggung masuk dalam kategori nilai 2, yang menunjukkan bahwa postur punggung dalam keadaan membengkok yang diakibatkan besar derajat kusi 90^0 yang dalam waktu lama akan menyebabkan postur punggung belakang menjadi bengkok.
2. Postur bagian lengan bernilai 2, yang menunjukkan bahwa salah satu postur lengan berada di atas bahu. Postur ini merupakan postur paling ergonomis karena memiliki resiko cedera yang paling kecil.

3. Postur bagian kaki memiliki nilai 4, yang menunjukkan bahwa kedua kaki dalam kondisi memiliki tumpuan (bertumpu pada pijakan kaki), dan postur lutut dalam keadaan bengkok.
4. Karena beban yang diberikan pada bagian pundak dan kepala untuk mensimulasikan pengendara yang membawa tas punggung dan memakai helm memiliki total massa 1,5 kg (<10 kg), maka nilai untuk beban ini masuk dalam kategori 1.

Tahap terakhir untuk melakukan perhitungan PEI adalah mendapatkan nilai RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) yang menjadi salah satu nilai masukan dalam perhitungan. Nilai RULA didapatkan dari *Task Analysis Toolkit* yang ada pada *software* JACK 6.1. *Rapid Upper Limb Assessment* digunakan untuk mengevaluasi tingkat resiko cedera dan gangguan muskuloskeletal pada tubuh bagian atas. Analisis dibuat berdasarkan kualitas postur, penggunaan otot, berat beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensinya. RULA menilai sebuah kegiatan dengan mengindikasikan tingkat intervensi yang harus dilakukan untuk mengurangi resiko cedera pada tubuh bagian atas. Nilai yang dihasilkan RULA adalah sebagai berikut:

- 1 atau 2, nilai ini mengindikasikan resiko dapat diterima.
- 3 atau 4, nilai ini menyatakan bahwa resiko harus diinvestigasi lebih lanjut.
- 5 atau 6, nilai ini menyatakan bahwa resiko harus diinvestigasi lebih lanjut dan diberikan perbaikan dengan cepat.
- 7, nilai menyatakan bahwa resiko harus diinvestigasi dan segera diberi perbaikan.

Sama seperti analisis OWAS, RULA juga memiliki kode yang menunjukkan tingkat kenyamanan 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*), lengan 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 suatu angka yang menunjukkan tingkat intervensi yang harus dilakukan untuk mengurangi resiko cedera pada tubuh bagian atas. Gambar 4.8 dan 4.9 di bawah ini merupakan hasil RULA untuk desain aktual kursi penumpang panser (konfigurasi 1).

The screenshot displays the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software window. It features a tabbed interface with 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary' tabs. The 'Analysis Summary' tab is active, showing the following data:

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

Body Group A Posture Rating		Body Group B Posture Rating	
Upper arm:	3	Neck:	4
Lower arm:	2	Trunk:	2
Wrist:	3		
Wrist Twist:	1		
Total:	5	Total:	6

Muscle Use	
Body Group A:	Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
Body Group B:	Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute

Force/Load	
Body Group A:	< 2 kg intermittent load
Body Group B:	< 2 kg intermittent load

Arms	
Body Group A:	Not supported

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

Grand Score: 7
 Action: Investigation and changes are required immediately.

Buttons: Update Analysis, Usage, Dismiss

Gambar 4.9 Hasil RULA Desain Aktual Kursi pada 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, displaying the following data:

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

Body Group A Posture Rating		Body Group B Posture Rating	
Upper arm:	4	Neck:	4
Lower arm:	3	Trunk:	2
Wrist:	3	Total:	6
Wrist Twist:	1		
Total:	6		

Muscle Use:	Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute	Muscle Use:	Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
Force/Load:	< 2 kg intermittent load	Force/Load:	< 2 kg intermittent load
Arms:	Not supported		

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

Grand Score: 7
Action: Investigation and changes are required immediately.

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar 4.10 Hasil RULA Desain Aktual Kursi pada Persentil 5

Dari gambar 4.8 dan 4.9 dapat dilihat bahwa nilai RULA untuk konfigurasi 1 bernilai sama yaitu 7 untuk persentil 5 dan ke-95 berturut-turut. Dengan demikian, dengan besarnya nilai RULA yang mendekati nilai maksimum tersebut, maka perlu dilakukan penelusuran lebih lanjut terhadap kemungkinan resiko cedera yang terjadi. Selain itu, perbaikan desain mungkin dibutuhkan untuk mengurangi resiko cedera yang terjadi. Nilai total RULA yang didapat merupakan kontribusi dari tingkat kenyamanan yang dialami oleh bagian tubuh yang dievaluasi. Bila diperhatikan lebih lanjut, postur manusia persentil 5 pada konfigurasi 1 ini menghasilkan *upper arm* bernilai 3, *lower arm* bernilai 2, *wrist* bernilai 3, dan *wrist twist* bernilai 1, *neck* bernilai 4 dan *trunk* bernilai 2. Nilai-nilai tersebut muncul dari kriteria yang sudah ditentukan. Sedangkan postur manusia persentil 95 pada konfigurasi 1 menghasilkan *upper arm* bernilai 3, *lower arm* bernilai 3, dan *wrist twist* bernilai 1, *neck* bernilai 4 dan *trunk* bernilai 2. Selain itu, dalam mengevaluasi tubuh bagian atas dengan menggunakan analisis RULA, dimasukkan pula informasi tambahan disamping postur. Informasi tersebut

meliputi penggunaan otot (*muscle use*), beban yang diterima dan frekuensinya (*force/load*), serta *legs and feet rating*. Pada simulasi ini, semua konfigurasi memiliki informasi yang sama. Penggunaan otot dimasukkan dalam kategori normal/tidak ada penggunaan yang ekstrim. Kategori pembebanan dijelaskan sebagai berikut.

- *Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute* untuk penggunaan otot pada *Body Group A* dan *Body Group B*. Hal tersebut dikarenakan penumpang panser duduk lebih dari 1 jam dalam panser.
- *<2 kg, intermitten load* untuk *Body Group A* (karena tidak ada pembebanan)
- *<2 kg, intermitten load* untuk *Body Group B* (memperhitungkan beban helm)
- *Seated, Legs and feet well supported. Weight even.* untuk *legs and feet rating*. Hal ini dikarenakan pengendara memang melakukannya dalam posisi duduk dengan kedua kaki yang menumpu pada lantai dalam kabin penumpang.

Gambar 4.10 di bawah ini menunjukkan tampilan *Task Entry* yang berfungsi untuk memasukkan informasi-informasi tersebut di atas. Selanjutnya nilai RULA yang diperoleh dari simulasi ini bersama-sama dengan nilai LBA, dan OWAS dimasukkan ke dalam perhitungan PEI, untuk kemudian dijadikan sebagai pembandingan terhadap konfigurasi kursi penumpang lainnya.

Gambar 4.11 *Task Entry RULA*

Setelah mendapatkan nilai SSP, LBA, OWAS, dan RULA, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai PEI sesuai dengan formula perhitungan PEI yang telah dijelaskan pada bab 2. Dari hasil perhitungan, diperoleh nilai PEI untuk konfigurasi 1 (desain aktual) pada persentil 5 dan ke-95 berturut-turut sebesar 2,305 dan 2,364. Nilai PEI ini nantinya akan dibandingkan dengan nilai PEI untuk konfigurasi lain, untuk kemudian dicari konfigurasi desain yang memiliki nilai PEI terkecil. Nilai PEI yang makin kecil menunjukkan bahwa desain kursi penumpang panser yang paling ergonomis. Tabel 4.5 di bawah ini menunjukkan hasil rekapitulasi nilai SSP, LBA, OWAS dan RULA serta perhitungan nilai PEI untuk konfigurasi 1 kursi penumpang panser untuk persentil 5 dan ke-95.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 1

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Nilai	Body Group A					Body Group B			Total	
					UA	LA	W	WT	A	N	T	B		
5	Ya	460	2241	3	3	2	3	1	5	4	2	6	7	2,305
95	Ya	658	2241	3	4	3	3	1	6	4	2	6	7	2,364

4.2 Analisis Konfigurasi Usulan

Setelah dilakukan analisis terhadap kondisi aktual yang dibuat berdasarkan peninjauan pada kondisi yang sebenarnya, selanjutnya dilakukan analisis terhadap konfigurasi usulan. Dalam penelitian ini terdapat delapan buah konfigurasi usulan. Masing masing konfigurasi usulan memiliki karakteristik yang berbeda satu sama lain. Setiap konfigurasi diujikan terhadap dua macam model manusia yaitu manusia dengan persentil 5 dan persentil 95. Kursi dan pegangan tangan yang digunakan masih dengan ukuran yang sama kondisi aktual. Namun, ada sedikit modifikasi yang diberikan kepada kursi dan pegangan tangan, yaitu pada bagian tinggi kursi, sudut sandaran kursi dan jarak pegangan tangan. Tinggi kursi penumpang dimodifikasi menjadi 31 cm (aktual) dan 38 cm, sudut kemiringan sandaran kursi dimodifikasi menjadi 105 derajat dan 110 derajat, jarak pegangan tangan digeser sebesar 22 cm dari posisi aktual mendakad kearah kursi penumpang.

4.2.1 Analisis Rancangan Konfigurasi 2

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 2 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi aktual (31 cm), sudut sandaran kursi diubah menjadi 110 derajat dan pegangan tangan dengan jarak aktual. Dengan demikian, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 110 derajat mengikuti sandaran kursi. Gambar 4.11 dan 4.12 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 2 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.12 Rancangan Konfigurasi 2 pada Persentil 5



Gambar 4.13 Rancangan Konfigurasi 2 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 2 ini memiliki nilai RULA yang lebih kecil dengan konfigurasi 1. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 2 adalah 489 N untuk persentil 5 dan 734 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 2 ini bernilai 4 dibanding dengan konfigurasi 1 yaitu 7. Pada konfigurasi 2 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI. Seperti terlihat pada tabel 4.6 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 2 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,205 dan 1,527. Hal ini menunjukkan bahwa

konfigurasi 2 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual (konfigurasi 1).

Tabel 4.6 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 2

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Nilai	Body Group A				Body Group B			Total		
					UA	LA	W	WT	A	N	T		B	
5	Ya	489	1211	1	3	3	1	1	5	1	1	2	4	1,205
95	Ya	734	1241	2	4	2	1	1	5	1	1	2	4	1,527

4.2.2 Analisis Rancangan Konfigurasi 3

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 3 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi aktual (31 cm), sudut sandaran kursi diubah menjadi 110 derajat dan pegangan tangan yang digeser dari posisi aktual sebesar 22. Dengan demikian, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 110 derajat mengikuti sandaran kursi dan pegangan tangan menjadi lebih dekat daripada konfigurasi 1. Gambar 4.13 dan 4.14 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 2 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.14 Rancangan Konfigurasi 3 pada Persentil 5



Gambar 4.15 Rancangan Konfigurasi 3 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 3 ini memiliki nilai RULA yang lebih kecil dengan konfigurasi 1. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 3 adalah 506 N untuk persentil 5 dan 771 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 3 ini bernilai 1 pada masing-masing persentil. Pada konfigurasi 3 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI.

Seperti terlihat pada tabel 4.7 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 3 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,210 dan 1,288. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi 3 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual (konfigurasi 1).

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 3

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Nilai	Body Group A					Body Group B			Total	
					UA	LA	W	WT	A	N	T	B		
5	Ya	506	1261	1	4	2	1	1	5	1	1	2	4	1,210
95	Ya	771	1261	1	4	3	1	1	5	1	1	2	4	1,288

4.2.3 Analisis Rancangan Konfigurasi 4

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 4 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi aktual (31 cm), sudut sandaran kursi diubah menjadi 115 derajat dan pegangan tangan dengan jarak aktual. Dengan demikian, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 115 derajat mengikuti

sandaran kursi. Gambar 4.15 dan 4.16 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 4 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.16 Rancangan Konfigurasi 4 pada Persentil 5



Gambar 4.17 Rancangan Konfigurasi 4 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 4 ini memiliki nilai RULA yang lebih kecil dengan konfigurasi 1 yaitu sebesar 4. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 4 adalah 582 N untuk persentil 5 dan 881 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 3 ini bernilai 1 pada masing-

masing persentil. Pada konfigurasi 4 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI.

Seperti terlihat pada tabel 4.8 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 4 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,233 dan 1,321. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi 4 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual (konfigurasi 1).

Tabel 4.8 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 4

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Nilai	Body Group A				Body Group B					Total
					UA	LA	W	WT	A	N	T	B		
5	Ya	582	1261	1	3	3	1	2	5	1	1	2	4	1,233
95	Ya	881	1261	1	4	2	1	1	5	1	1	2	4	1,321

4.2.4 Analisis Rancangan Konfigurasi 5

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 5 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi aktual (31 cm), sudut sandaran kursi diubah menjadi 115 derajat dan pegangan tangan yang digeser dari posisi aktual sebesar 22. Dengan demikian, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 110 derajat mengikuti sandaran kursi dan pegangan tangan menjadi lebih dekat daripada konfigurasi 1. Gambar 4.17 dan 4.18 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 5 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.18 Rancangan Konfigurasi 5 pada Persentil 5



Gambar 4.19 Rancangan Konfigurasi 5 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 5 ini memiliki nilai RULA yang lebih kecil dengan konfigurasi 1 yaitu sebesar 4. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 5 adalah 580 N untuk persentil 5 dan 891 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 3 ini bernilai 1 pada masing-

masing persentil. Pada konfigurasi 5 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI.

Seperti terlihat pada tabel 4.9 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 5 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,232 dan 1,323. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi 5 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual (konfigurasi 1).

Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 5

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Nilai	Body Group A				Body Group B			Total		
					UA	LA	W	WT	A	N	T		B	
5	Ya	580	1261	1	4	2	1	1	5	1	1	2	4	1,232
95	Ya	891	1261	1	4	2	1	1	5	1	1	2	4	1,323

4.2.5 Analisis Rancangan Konfigurasi 6

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 5 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi yang diubah menjadi 38 cm dari tinggi aktual, sudut sandaran kursi diubah menjadi 110 derajat dan pegangan tangan dengan jarak aktual. Dengan demikian, posisi lutut pada persentil 5 akan membentuk sudut 90 derajat, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 110 derajat mengikuti sandaran kursi. Gambar 4.19 dan 4.20 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 6 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.20 Rancangan Konfigurasi 6 pada Persentil 5



Gambar 4.21 Rancangan Konfigurasi 6 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 6 ini memiliki nilai RULA yang lebih kecil dengan konfigurasi 1. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 6 adalah 505 N untuk persentil 5 dan 771 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 6 ini bernilai 4 lebih kecil dibanding dengan konfigurasi 1 yaitu 7. Pada konfigurasi 6 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI.

Seperti terlihat pada tabel 4.10 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 6 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,210 dan 1,288. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi 6 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual (konfigurasi 1).

Tabel 4.10 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 6

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Nilai	Body Group A				Body Group B			Total		
					UA	LA	W	WT	A	N	T			B
5	Ya	505	1261	1	3	3	1	1	5	1	1	2	4	1,210
95	Ya	771	1261	1	4	2	1	1	5	1	1	2	4	1,288

4.2.6 Analisis Rancangan Konfigurasi 7

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 7 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi yang diubah menjadi 38 cm dari tinggi aktual, sudut sandaran kursi diubah menjadi 110 derajat dan pegangan tangan yang digeser dari posisi aktual sebesar 22. Dengan demikian, posisi lutut

pada persentil 5 akan membentuk sudut 90 derajat, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 110 derajat mengikuti sandaran kursi dan pegangan tangan menjadi lebih dekat daripada konfigurasi 1. Gambar 4.21 dan 4.22 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 7 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.22 Rancangan Konfigurasi 7 pada Persentil 5



Gambar 4.23 Rancangan Konfigurasi 7 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 7 ini memiliki nilai RULA yang lebih kecil dengan konfigurasi 1 yaitu sebesar 4. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 7 adalah 516 N untuk persentil 5 dan 790 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 7 ini bernilai 1 pada masing-masing persentil. Pada konfigurasi 7 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI.

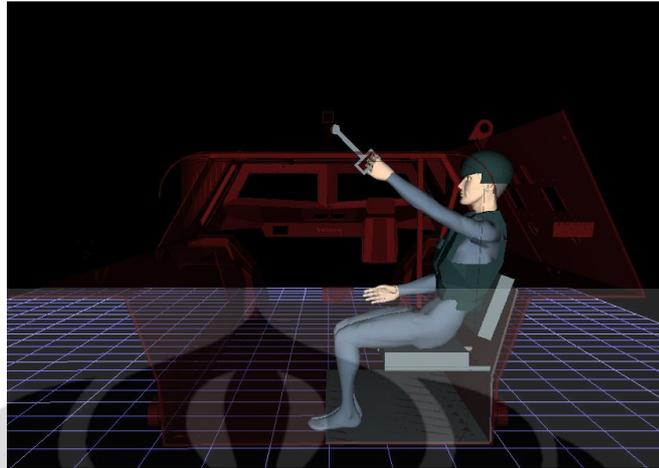
Seperti terlihat pada tabel 4.11 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 7 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,202 dan 1,284. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi 7 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual (konfigurasi 1).

Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 7

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Nilai	Body Group A				Body Group B			Total		
					UA	LA	W	WT	A	N	T		B	
5	Ya	477	1261	1	4	2	1	1	5	1	1	2	4	1,202
95	Ya	756	1261	1	4	3	1	1	5	1	1	2	4	1,284

4.2.7 Analisis Rancangan Konfigurasi 8

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 8 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi yang diubah menjadi 38 cm dari tinggi aktual, sudut sandaran kursi diubah menjadi 115 derajat dan pegangan tangan dengan jarak aktual. Dengan demikian, posisi lutut pada persentil 5 akan membentuk sudut 90 derajat, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 115 derajat mengikuti sandaran kursi. Gambar 4.23 dan 4.24 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 8 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.24 Rancangan Konfigurasi 8 pada Persentil 5



Gambar 4.25 Rancangan Konfigurasi 8 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 8 ini memiliki nilai RULA sebesar 5 pada persentil 5 dan sebesar 7 pada persentil 95. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 8 adalah 717 N untuk persentil 5 dan 1063 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 8 ini bernilai 2 pada persentil 5 dan bernilai 3 pada persentil 95. Pada konfigurasi 8 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI.

Seperti terlihat pada tabel 4.12 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 8 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 1,725 dan 2,438. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi 8 pada persentil 5 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual, namun ketika pada persentil 95 memiliki nilai PEI lebih besar dibanding PEI aktual.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 8

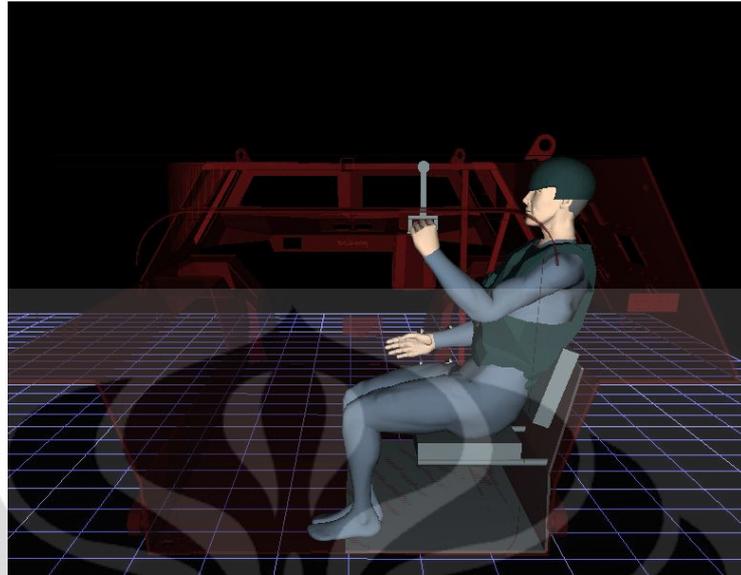
Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Nilai	Body Group A				Body Group B			Total		
					UA	LA	W	WT	A	N	T		B	
5	Ya	717	2211	2	4	3	1	2	4	1	4	5	5	1,725
95	Ya	1063	2261	3	4	3	2	1	5	1	4	6	7	2,483

4.2.8 Analisis Rancangan Konfigurasi 9

Kursi penumpang dan pegangan tangan pada konfigurasi 8 merupakan desain kursi penumpang dengan tinggi kursi yang diubah menjadi 38 cm dari tinggi aktual, sudut sandaran kursi diubah menjadi 115 derajat dan pegangan tangan yang digeser dari posisi aktual sebesar 22. Dengan demikian, posisi lutut pada persentil 5 akan membentuk sudut 90 derajat, posisi tubuh bagian atas akan membentuk sudut 115 derajat mengikuti sandaran kursi dan pegangan tangan menjadi lebih dekat daripada konfigurasi 1. Gambar 4.25 dan 4.26 di bawah ini merupakan penyesuaian desain konfigurasi 9 berdasarkan postur manusia pada persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.26 Rancangan Konfigurasi 9 pada Persentil 5



Gambar 4.27 Rancangan Konfigurasi 9 pada Persentil 95

Desain kursi penumpang konfigurasi 9 ini memiliki nilai RULA yang sama dengan konfigurasi 1 yaitu sebesar 7. Sementara itu, nilai LBA pada konfigurasi 9 adalah 716 N untuk persentil 5 dan 1080 N untuk persentil 95. Nilai OWAS untuk *critical posture* pada konfigurasi 9 ini bernilai 2 pada persentil 5 dan bernilai 3 pada persentil 95. Pada konfigurasi 9 ini, kapabilitas postur menurut SSP pun masih tetap di atas 90 %, sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan perhitungan PEI.

Seperti terlihat pada tabel 4.13 di bawah ini, nilai PEI untuk konfigurasi 9 pada persentil 5 dan 95 berturut-turut sebesar 2,131 dan 2,488. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi 9 pada persentil 5 relatif lebih ergonomis dibandingkan dengan desain aktual, namun ketika pada persentil 95 memiliki nilai PEI lebih besar dibanding PEI aktual.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 9

Persentil	SSP > 90%	LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Nilai	Body Group A					Body Group B			Total	
					UA	LA	W	WT	A	N	T	B		
5	Ya	716	2211	2	4	3	2	1	5	1	4	6	7	2,131
95	Ya	1080	2261	3	3	2	2	1	5	1	4	6	7	2,488

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 untuk seluruh konfigurasi, mulai dari desain aktual yang merupakan konfigurasi 1 sampai dengan redesign kursi penumpang konfigurasi 9, maka dapat dibandingkan hasil yang diperoleh satu dengan yang lainnya. Perbandingan ini dilakukan untuk mencari konfigurasi manakah yang memiliki nilai PEI terendah, yang menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut merupakan desain yang paling ergonomis bagi penumpang panser. Hasil Perhitungan nilai PEI dari masing-masing konfigurasi direkapitulasi dalam satu tabel. Hasil rekapitulasi dapat dilihat pada tabel 4.14.

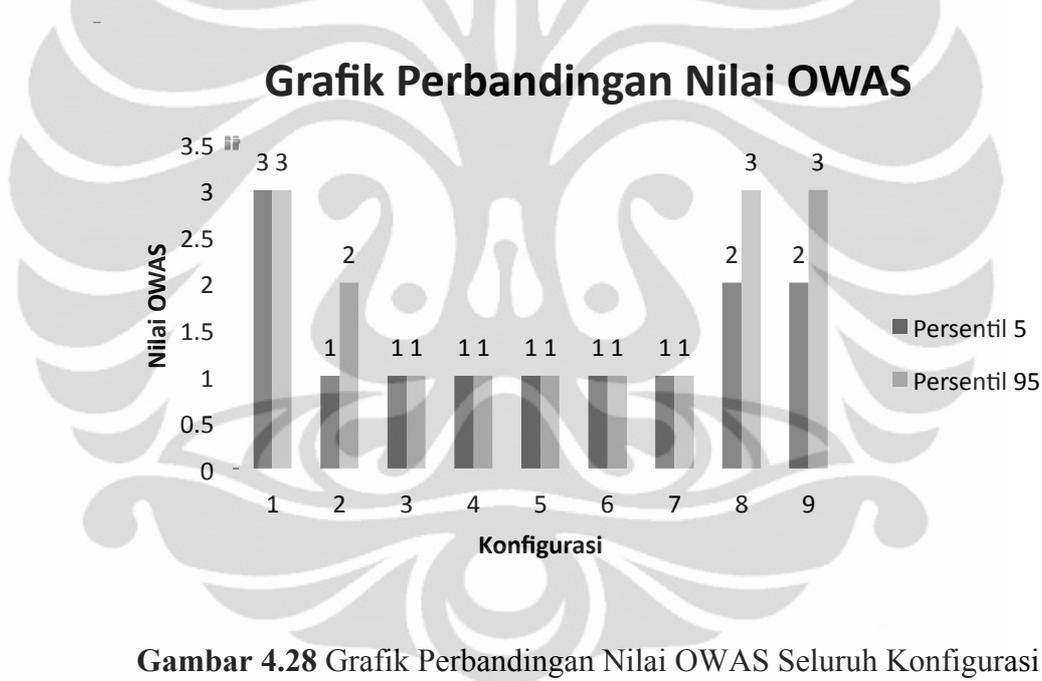
Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil PEI

Konfigurasi	Persentil	Tinggi Kursi (cm)	Sudut Kursi (derajat)	Jarak Pegangan Tangan (cm)	LBA (N)	OWAS	RULA	PEI	Keterangan
1	5	31 (aktual)	90 (aktual)	aktual	460	3	7	2,305294	Aktual
	95	31 (aktual)	90 (aktual)	aktual	658	3	7	2,363529	
2	5	31 (aktual)	105	aktual	489	1	4	1,205252	Redesain
	95	31 (aktual)	105	aktual	734	2	4	1,527311	
3	5	31 (aktual)	105	digeser 22	506	1	4	1,210252	
	95	31 (aktual)	105	digeser 22	771	1	4	1,288193	
4	5	31 (aktual)	110	aktual	582	1	4	1,232605	
	95	31 (aktual)	110	aktual	881	1	4	1,320546	
5	5	31 (aktual)	110	digeser 22	580	1	4	1,232017	
	95	31 (aktual)	110	digeser 22	891	1	4	1,323487	
6	5	38	105	aktual	505	1	4	1,209958	
	95	38	105	aktual	771	1	4	1,288193	
7	5	38	105	digeser 22	477	1	4	1,201723	
	95	38	105	digeser 22	756	1	4	1,283782	
8	5	38	110	aktual	717	2	5	1,725168	
	95	38	110	aktual	1063	3	7	2,482647	
9	5	38	110	digeser 22	716	2	7	2,130588	
	95	38	110	digeser 22	1080	3	7	2,487647	

Tingkat kapabilitas postur yang ditunjukkan dari hasil SSP untuk semua konfigurasi pada persentil 5 maupun 95 cenderung sama, yaitu bernilai diatas 90 % dengan kisaran 99 % dan 100 %. 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. Dengan demikian, bisa disimpulkan bahwa seluruh baik aktual maupun redesain memungkinkan di atas 90 % bahkan 99 % populasi untuk melakukan aktivitas yang disimulasikan dengan postur yang ada.

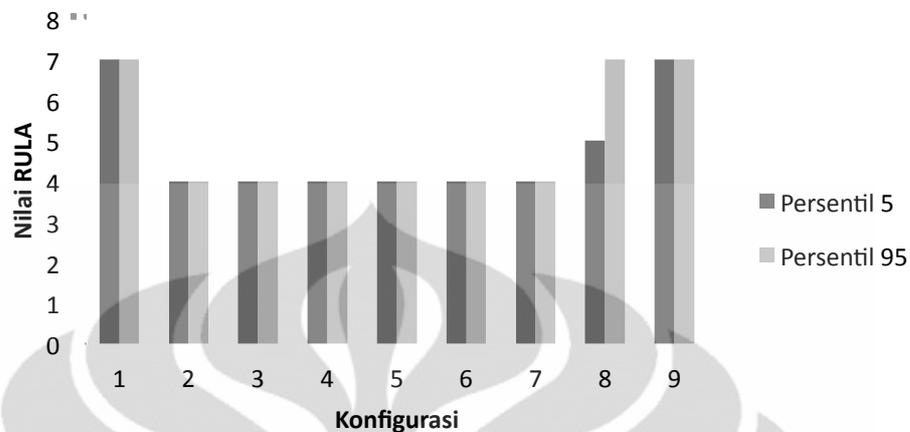
Nilai OWAS semua konfigurasi berada pada tingkat *critical posture* antara 1-3. Nilai OWAS tertinggi pada konfigurasi ini terjadi pada konfigurasi 1, 8 dan 9 yaitu sebesar 3. Hal ini menunjukkan bahwa postur kerja saat ini secara nyata membahayakan sistem muskuloskeletal manusia. Tindakan perbaikan perlu dilakukan sesegera mungkin. Namun pada beberapa konfigurasi menunjukkan nilai 1 dan 3. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.27 dibawah ini.



Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Nilai OWAS Seluruh Konfigurasi

Seperti halnya dengan nilai OWAS, pada nilai RULA ini nilai RULA terbesar terjadi pada konfigurasi 1, 8 dan 9 yaitu sebesar 7. Nilai RULA terlihat stabil dengan nilai 4 pada konfigurasi 2 hingga 7 terjadi pada persentil 5 dan pesentil 95. Adapun nilai RULA yang diperoleh dapat diperoleh berturut-turut dari konfigurasi 1 sampai konfigurasi 9 dapat dilihat pada Gambar 2.28.

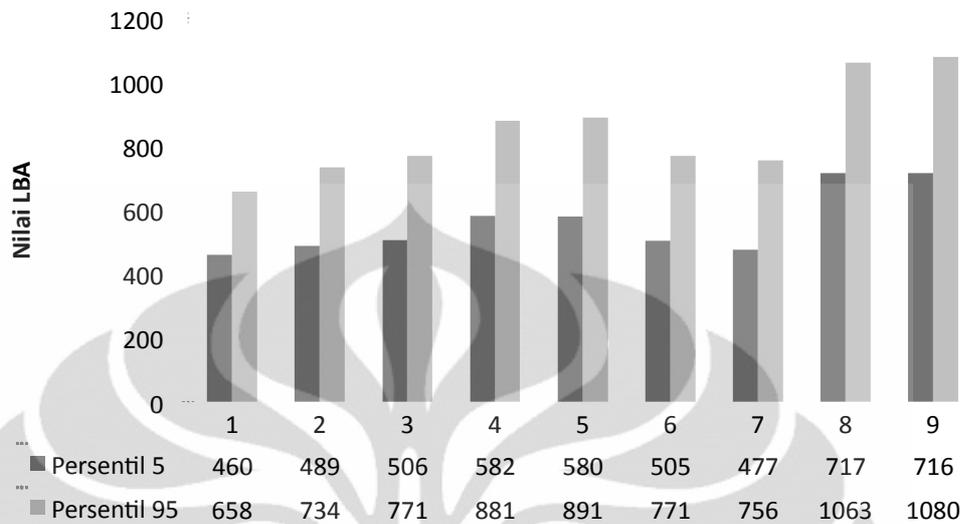
Grafik Perbandingan Nilai RULA



Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Nilai RULA Seluruh Konfigurasi

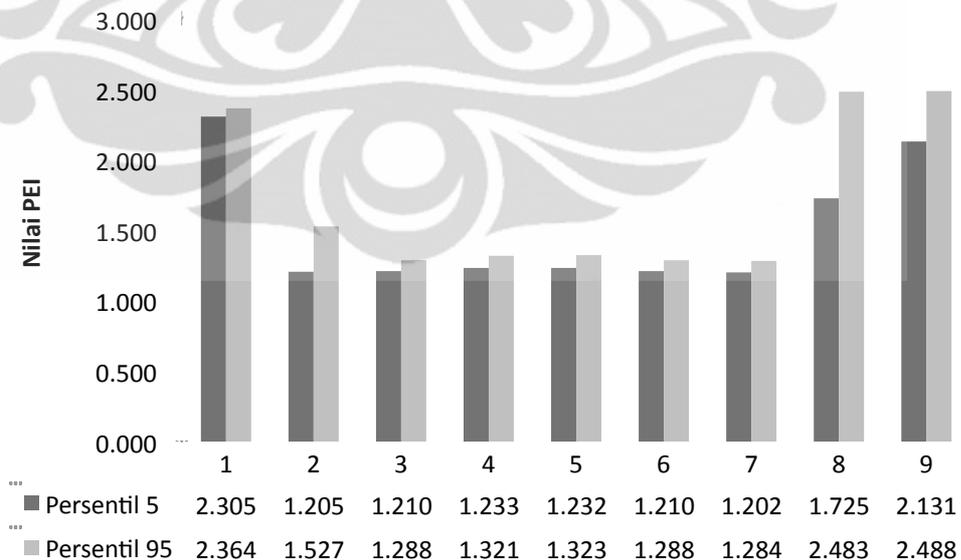
Nilai LBA yang diperoleh dari konfigurasi 1 sampai konfigurasi 9 mengalami nilai yang fluktuatif. Baik pada persentil 5 maupun persentil 95 mengalami tren peningkatan dari konfigurasi 1 hingga konfigurasi 4. Nilai LBA mengalami penurunan pada konfigurasi 5 hingga konfigurasi 7, namun mengalami kenaikan lagi pada konfigurasi 8 dan 9. Perubahan yang fluktuatif yang terjadi dipengaruhi oleh kebengkokan dari tulang belakang yang disebabkan oleh kemiringan kursi. Peningkatan LBA terbesar terjadi pada konfigurasi 4, 5, 8, dan 9, hal tersebut disebabkan sudut kursi diperbesar hingga 110° . Maka berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa, penambahan besar sudut kemiringan pada kursi dapat menyebabkan kenaikan pada beban yang dialami oleh tulang belakang. Adapun nilai LBA yang diperoleh berturut-turut dari konfigurasi 1 sampai konfigurasi 9 bisa dilihat pada Gambar 4.29.

Grafik Perbandingan Nilai LBA



Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Nilai LBA Seluruh Konfigurasi

Grafik Perbandingan Nilai PEI



Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Nilai PEI Seluruh Konfigurasi

Berdasarkan nilai yang diperoleh dari hasil LBA, OWAS, dan RULA, maka didapat nilai PEI untuk masing-masing konfigurasi dengan menggunakan

Universitas Indonesia

persamaan pada persamaan yang telah dijelaskan pada bab 2. Gambar 4.30 merupakan grafik perbandingan nilai PEI seluruh konfigurasi desain kursi penumpang panser pada persentil 5 maupun 95. Adapun informasi yang diperoleh dari grafik ini, bisa dijelaskan sebagai berikut.

Nilai PEI yang besar terjadi pada konfigurasi 1, 8 dan 9. Konfigurasi yang memiliki nilai PEI terbesar terjadi pada konfigurasi 9 persentil 95 yaitu 2,488 dipengaruhi oleh nilai LBA yang paling besar yaitu 1080 N. Juga pada besarnya nilai OWAS dan RULA yang cukup besar pada konfigurasi 9. Begitu pula dengan nilai PEI aktual pada persentil 5 dan 95 memiliki nilai PEI terbesar kedua dan ketiga setelah konfigurasi 9 yang bernilai 2,305 dan 2,364. Dengan demikian jika ditinjau dari nilai PEI, dapat dikatakan konfigurasi 1 dan 9 sebagai desain desain yang paling tidak ergonomis.

Selain itu, nilai PEI pada konfigurasi 2 hingga konfigurasi 7 memiliki nilai PEI berkisar antara nilai 1,202 hingga nilai 1,527. Perubahan nilai PEI pada konfigurasi 2 hingga 7 tidak mengalami perubahan yang cukup berarti dikarenakan nilai dari OWAS dan RULA pada konfigurasi 2 hingga 7 relatif stabil. Perbedaan yang terjadi pada konfigurasi 2 hingga 7 dipengaruhi oleh nilai LBA yang cukup fluktuatif. Perubahan LBA secara fluktuatif tersebut dipengaruhi oleh sudut/ kemiringan sandaran kursi, dimana pada konfigurasi redesign 2 hingga 3 terjadinya perubahan sudut sandaran kursi antara 105 derajat hingga 110 derajat. Berdasarkan nilai PEI dari konfigurasi 2 hingga 7, diperoleh bahwa nilai LBA terkecil terdapat pada konfigurasi 7. Nilai LBA terkecil berturut-turut terjadi pada setiap persentil 5 dan 95 pada konfigurasi 7.

Setelah dilakukan perhitungan nilai PEI untuk seluruh konfigurasi, kemudian dilanjutkan dengan perbandingan seluruh hasil nilai PEI yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa desain kursi penumpang panser yang mengalami perubahan tinggi kursi sebesar 38 cm, sudut kemiringan sandaran 105 derajat dan jarak pegangan tangan yang digeser 22 cm (konfigurasi 7 akan menghasilkan nilai PEI terendah. Hal tersebut menunjukkan konfigurasi 7 merupakan desain kursi penumpang panser dan pegangan tangan yang paling ergonomis bagi penumpangnya.

4.4 Pembuatan Model Kursi

Setelah meninjau hasil analisis diatas, kini sudah diperoleh 3 variabel ukuran kursi penumpang panser, yaitu tinggi kursi, sudut sandaran dan jarak pegangan tangan yang ergonomis. Untuk membuat model kursi baru, tentu diperlukan ukuran-ukuran kursi lainnya, yaitu tinggi sandaran kursi, kedalaman dudukan dan lebar kursi itu sendiri. Berikut ini akan dilakukan penentuan ukuran-ukuran tersebut menurut standar ergonominya.

Model kursi yang baik adalah model kursi yang dapat membuat penggunaannya tidak membentuk postur tubuh yang membahayakan kesehatan, terutama kesehatan sistem muskuloskeletal tubuh. Pembuatan kursi yang baik harus melihat ukuran persentil manusia secara keseluruhan, dari persentil yang terkecil hingga ukuran yang terbesar. Dalam membuat kursi, data antropometri yang dibutuhkan adalah data antropometri duduk. Seperti yang telah dijelaskan dalam Bab 2, ukuran antropometri duduk digunakan dalam pembuatan model kursi pada penelitian ini, namun tidak semua data antropometri duduk digunakan. Berikut adalah daftar ukuran antropometri tubuh yang akan digunakan dalam pembuatan model kursi.

Tabel 4.15 Ketentuan Ukuran Kursi

No.	Komponen Ukuran Kursi	Data Antropometri yang digunakan	Persentil
1	Seat Depth	<i>Buttock Popliteal</i>	5
2	Seat Width	<i>Biacrominal Depth</i>	50
3	Back Rest Height	<i>Sitting Acromial</i>	95

Untuk membuat ukuran-ukuran kursi diatas, diperlukannya data antropometri yang sesuai dengan pengguna langsung dari kursi tersebut. Dalam penelitian ini data antropometri yang digunakan adalah data antropometri Indonesia. Berikut ini merupakan data antropometri Indonesia yang akan digunakan dalam perancangan kursi penumpang panser.

Tabel 4.16 Data Antropometri Posisi Duduk Pria Indonesia

Dimensi	Persentil			SD
	5	50	95	
Knee Height	46 cm	54 cm	62 cm	5,21
Popliteal height	38 cm	44 cm	49 cm	3,78
Foot Length	22 cm	25 cm	29 cm	2,58
Buttock-knee length	48 cm	56 cm	64 cm	4,89
Buttock-popliteal length	40 cm	46 cm	54 cm	4,82
Sitting Sholder Height	52 cm	59 cm	67 cm	6,27
Sitting Eye Height	69 cm	76 cm	84 cm	4,58
Sitting Height	80 cm	89 cm	96 cm	5,24
Elbow-fingertip length	42 cm	47 cm	56 cm	4,55
Sholder Breadth	36 cm	45 cm	52 cm	4,66
Hip Breadth	28 cm	35 cm	43 cm	4,41

Sumber : Chuan, Tan Kay., Hartono, Markus., Kumar, Naresh., (2010).

Anthropometric data for Indonesian males and females. *Journal of Anthropometry of the Singaporean and Indonesian population*, 5 (dengan perubahan)

Model kursi yang akan dibuat mengacu metode. design for extreme, dengan menggabungkan ukuran antropometri dari pria dengan persentil 5 dan pria dengan persenti 95. Berikut adalah penjelasan mengenai ukuran komponen kursi yang akan dibuat dalam penelitian ini.

1. *Seat Depth* (Kedalaman dudukan)

Kedalaman dudukan, atau disebut juga *seat depth*, disesuaikan dengan *buttock-popliteal length* manusia. Adapun *buttock-popliteal length* adalah panjang dari belakang bokong hingga bagian belakang lutut/betis. Panjang yang digunakan adalah panjang manusia terkecil (pria persentil 5) agar kaki / lututnya dapat menekuk sempurna saat duduk. *Ukuran buttock-popliteal length* priaIndonesia persentil 5 adalah 40 cm. Oleh karena itu, kedalaman dudukan kursi ditetapkan sepanjang 40 cm.

2. *Seat Width* (Lebar kursi)

Lebar kursi untuk kursi penumpang panser ini ditentukan menurut perhitungan lebar kursi bersama. Ini mengingat kursi penumpang panser yang terdiri atas 2 buah kursi yang berhadapan dengan masing-masing kursi untuk 5 orang personil tentara. Lebar kursi bersama dan lebar kursi individual itu berbeda. Lebar kursi untuk dua orang persentil 95 tidak sama dengan dua kali ukuran orang persentil 95. Ini juga dikarenakan kecilnya kemungkinan dua orang persentil 95, secara tidak sengaja, duduk bersama di kursi bersama (probabilitasnya 1: 400). Oleh karena itu, perhitungan lebar kursi penumpang ini menggunakan rumus lebar kursi bersama. Adapun ukuran anthropometri yang digunakan untuk lebar kursi adalah lebar bahu. Ini dikarenakan lebar dudukan kursi akan sama dengan lebar sandaran, dimana lebar sandaran menggunakan acuan ukuran bahu. Untuk kasus ini, digunakan *shuolder breadth* orang terbesar, yaitu laki-laki persentil 95. Ukuran tersebut tidak langsung diambil dari data anthropometri jurnal, akan tetapi didapat dari lebar *shuolder breadth* laki-laki rata-rata (persentil 50) yang dihitung dengan rumus lebar kursi bersama, sebagai berikut.

Lebar bahu biacromial laki-laki persentil 50 (mean) = 45 cm.

Standar deviasi (SD) = 4,66 cm.

Tabel 4.16 Perhitungan Lebar Kursi Bersama

Banyak Orang (n)	Mean	SD ($\sqrt{n} \times SD$)	95th Persentil (Mean + SD)	Lebar Kursi/Satuan (95 th Persentil / n)
1	45	4,66	49,66	49,66
2	90	6,59	96,59	48,30
3	135	8,07	143,07	47,69
4	180	9,32	189,32	47,33
5	225	10,42	235,42	47,08

*semua satuan ukuran dalam cm

Melihat tabel diatas, maka untuk lebar kursi untuk 5 orang memiliki lebar sebesar 234,42 cm dengan lebar kursi perorang sebesar 47,08 cm.

3. *Backrest Height* (Tinggi Sandaran Kursi)

Ukuran *backrest height* (ketinggian sandaran kursi) digunakan ukuran *medium – level backrest*, yang memungkinkan dalam menyokong tulang punggung hingga bagian bahu. Untuk dapat menyokong semua ukuran persentil manusia, digunakan ukuran *sitting sholder heigh* pria dengan persentil 95. Ukuran ketinggian ini kemudian dikombinasikan dengan ukuran *seat width* sebagai ukuran lebar sandaran kursi dan dengan derajat kemiringan sebesar 105 derajat, dari hasil analisis kemiringan sandaran kursi yang terbaik. Ukuran *sitting sholder height* pria dengan ukuran antropometri persentil 95 adalah sebesar 67 cm. Ukuran ini berselisih 15 cm dengan ukuran *sitting sholder height* yang dimiliki oleh pria persentil 5, yang memiliki ukuran 52 cm. Oleh karena itu, ketinggian *backrest* yang akan dibuat agar disesuaikan dengan *sitting sholder heigt* tertinggi yaitu dengan ukuran 67 cm.

4. *Seat Tilt* (sudut kursi/dudukan)

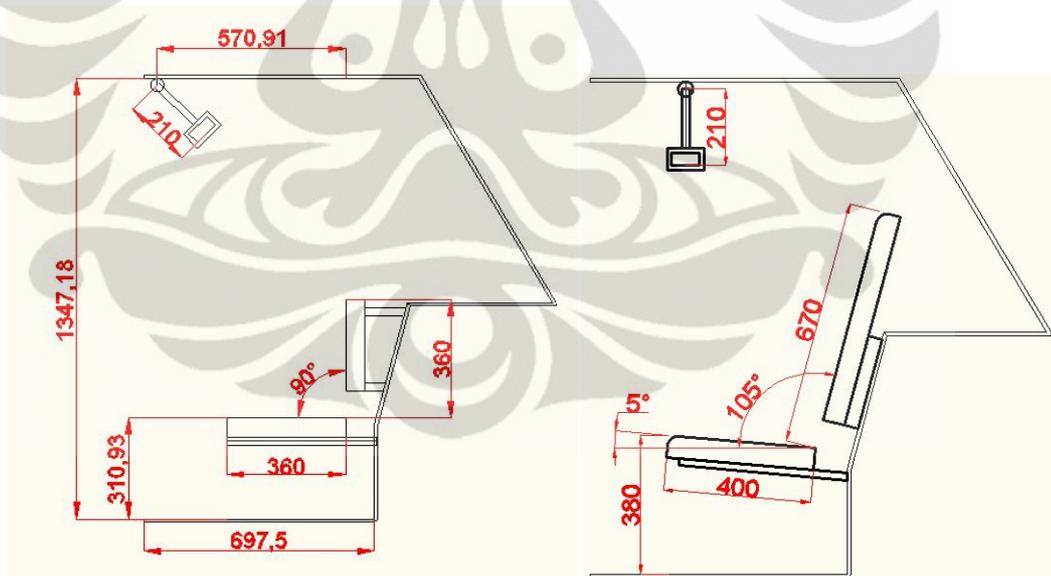
Menurut Grandjean (1973) sudut kursi yang baik yaitu antara range 5-10 derajat. Sudut tersebut sangat cocok untuk postur duduk istirahat, mengingat waktu yang dihabiskan untuk duduk dalam kendaraan panser yang cukup lama lebih dari 1 jam perjalanan. Ditambah lagi menurut standard militer amerika menyebutkan bahwa sudut dudukan yang baik adalah range 5-8 derajat. Untuk itu sudut kursi 5 derajat digunakan untuk mendesain kursi penumpang ini.

Dengan lengkapnya ukuran-ukuran kursi yang ergonomis, kursi baru pun siap dimodelkan. Sebelumnya, ukuran-ukuran kursi yang sudah fix ini direkap terlebih dahulu untuk memudahkan pembuatan model. Dalam tabel juga ditampilkan dimensi kursi awal untuk melihat perbandingan perubahannya.

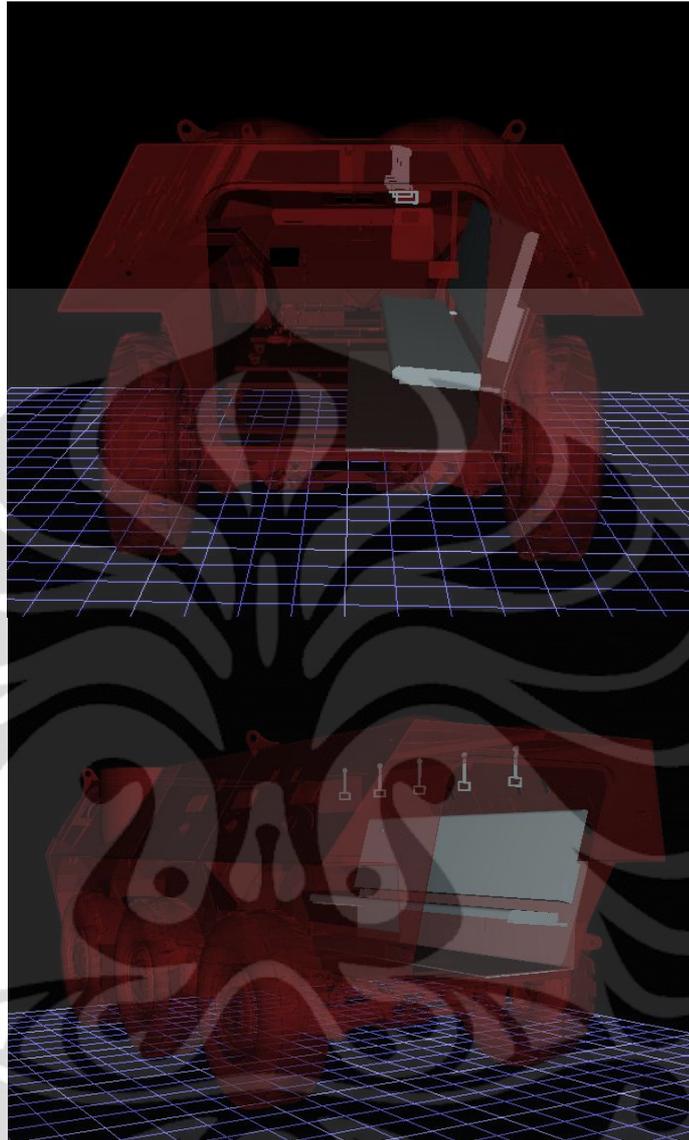
Tabel 4.17 Rekapitulasi Dimensi Kursi Penumpang Panser Aktual dan Redesain

Variabel	Dimensi	
	Aktual	Redesain
Tinggi Kursi	31 cm	38 cm
Tingg Sandaran Kursi	36 cm	67 cm
Sudut Sandaran Kursi	90 derajat	105 derajat
Kedalaman dudukan	36 cm	40 cm
Lebar Kursi (untuk 5 orang)	225 cm	235,42 cm
Sudut dudukan	0 derajat	5 derajat

Berdasarkan dimensi dari variabel-variabel kursi yang ditunjukkan pada tabel 4.17, maka tahap selanjutnya membuat model kursi dengan menggunakan software NX 6. Berikut ini merupakan model kursi penumpang panser yang ergonomis berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

**Gambar 4.32** Perbandingan Desain Kursi Penumpang Aktual dan Redesain

Sumber: Penulis



Gambar 4.33 Gambar Kursi Penumpang Redesain dalam *Virtual Environment*

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.

5.1 Kesimpulan

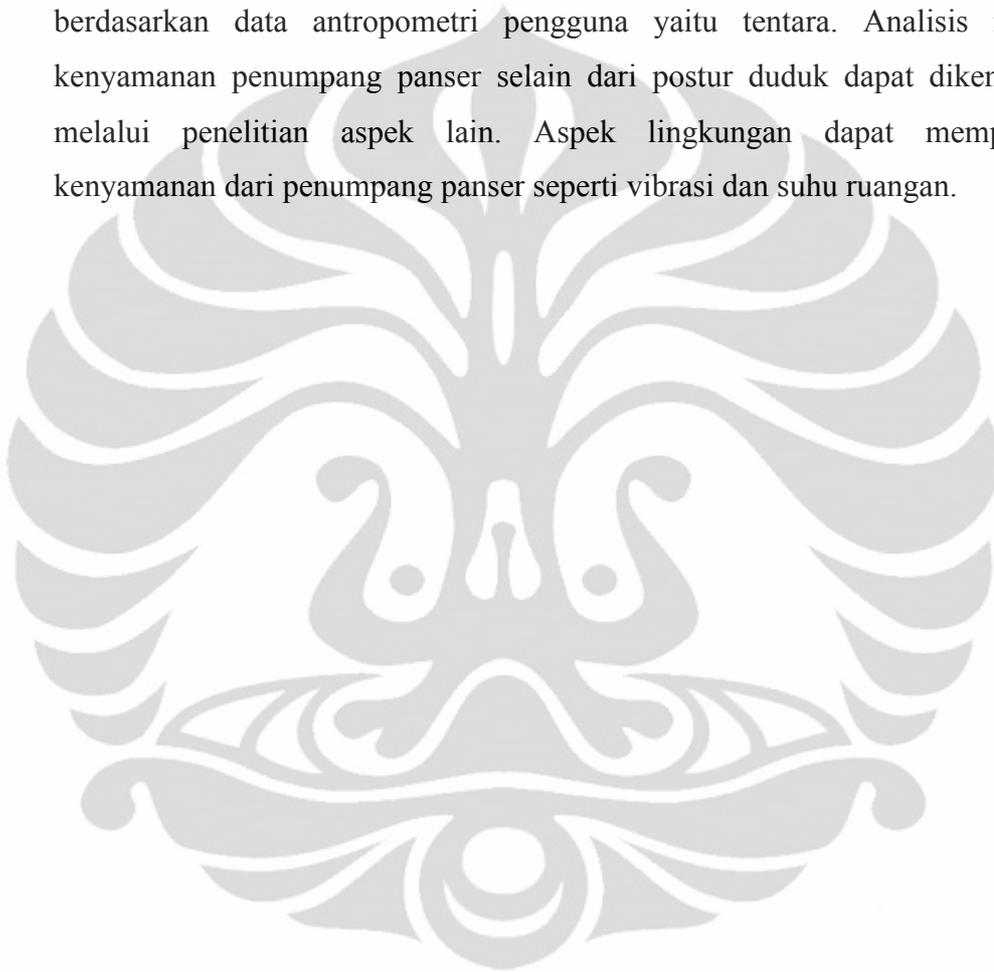
Dari penelitian “Analisis Postur Duduk Tentara Indonesia dan Perancangan Kursi Penumpang Kendaraan Tempur Tipe APC (*Armoured Personnel Carrier*) yang Ergonomis dalam *Virtual Environment*” dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Tentara Batalyon Infantri Mekanis 201 selaku pengguna kendaraan tempur tipe APC (*Armored Personnel Carrier*) cenderung merasakan gangguan pada anggota tubuh mereka setelah duduk selama perjalanan dalam kendaraan. Anggota tubuh yang mengalami gangguan yaitu 67% mengalami gangguan pada leher (*Neck*), 61% punggung bagian bawah (*Lower Back*), 39% punggung bagian atas (*Upper Back*), dan 30% lutut (*knee*). Hal ini disebabkan oleh postur duduk yang tidak menunjang secara ergonomis, sesuai dengan hasil analisis postur duduk pada kursi penumpang aktual yang digunakan.
2. Nilai PEI yang dihasilkan dari postur duduk pada kursi penumpang panser konfigurasi 1 (aktual) adalah sebesar 2,305 untuk persentil 5 dan 2,364 untuk persentil 95.
3. Hasil perbandingan PEI kondisi aktual dan 8 konfigurasi usulan didapatkan nilai PEI terkecil yaitu pada konfigurasi 7 yaitu dengan nilai PEI sebesar 1,202 untuk persentil 5 dan 1,284 untuk persentil 95. Berdasarkan konfigurasi dengan nilai PEI terkecil tersebut, didapatkan bahwa ketinggian kursi penumpang terbaik adalah sebesar 38 cm, kemiringan sandaran kursi yang terbaik adalah sebesar 105 derajat, dan

jarak pegangan tangan yang terbaik adalah digeser 22 cm dari posisi aktual.

5.2 Saran

Untuk dapat memperbaiki kualitas postur duduk tentara yang menjadi keluhan utama dalam penelitian ini adalah dibuatnya kursi penumpang panser berdasarkan data antropometri pengguna yaitu tentara. Analisis mengenai kenyamanan penumpang panser selain dari postur duduk dapat dikembangkan melalui penelitian aspek lain. Aspek lingkungan dapat mempengaruhi kenyamanan dari penumpang panser seperti vibrasi dan suhu ruangan.



DAFTAR PUSTAKA

- Bridger, R.S, (1995). *Introduction to Ergonomics*. Singapore: McGraw-Hill.
- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis.
- Caputo, F., Di Gironimo, G., Marzano, A. (2006). Ergonomic Optimization of a Manufacturing System Work Cell in a Virtual Environment. *Acta Polytechnica Vol. 46 No. 5/2006*.
- Choffin, Don, B., Johnson, Louise G., & Lawton, G. (2003). *Some Biomechanical Perspectives on Musculoskeletal Disorders: Causation and Prevention*. University of Michigan.
- Chuan, Tan Kay., Hartono, Markus., Kumar, Naresh., (2010). International Journal of Industrial Ergonomics. *Anthropometry of the Singaporean and Indonesian populations*. National University of Singapore.
- Davies, Roy C. (2000). *Application of Systems Design Using Virtual Environment*. Sweden: University of Lund.
- 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.
- Gale, Mary. (2006). *The Theory of Ergonomic Task Seating vs the Facts*.
www.bambach.co.uk/pdf/theoryofergonomics.pdf

- Genaidy, A.M., Karwowski, W.. (1993). The effects of neutral posture deviation on perceived joint discomfort ratings in sitting and standing postures. *Ergonomics* 36, 785–792.
- Glenn D., Israel. (1992). *Determining Sample Size*. University of Florida
- Grandjean, E. (1973) *Ergonomics of the Home*. London: Taylor & Francis.
- Grandjean, E., Nishiyama, K., Hunting, W., Piderman, M.. (1984). A laboratory study on preferred and imposed settings of a VDT workstation. *Behaviour and Information Technology* 3, 289–304.
- Grimes, P., Legg, S., (2004). Musculoskeletal disorders (MSD) in students as a risk factor for adult MSD: a review of the multiple factors affecting posture, comfort and health in classroom environments. *Journal of the Human Environmental System* 7 (1), 1–9.
- Hedge, Allan. (2001). “*Cornell Musculoskeletal Discomfort Questioneries (CMDQ)*”, Cornell University.
<http://ergo.human.cornell.eduahmsquest.html>
- Hedge, Allan. (2009). *Anthropometry and Workspace Design*, Cornell University.
<http://ergo.human.cornell.edu/.../DEA3250pdfs/AnthroDesign.pdf>.
- Helander, M.G., Czaja, S.J., Drury, C.G., Cary, J.M.. (1987). An ergonomic evaluation of office chairs. *Office: Technology and People* 3, 247–262.
- Helander, Martin. (1997). *A Guide to the Ergonomics of Manufacturing*. London: Taylor & Francis.
- Helander, Martin. (2003). *A Guide to Human Factors and Ergonomics* (2nd ed). New York: Taylor & Francis.
- Hoogendoorn, W. Bongers PM. de Vet HCW. Douwes M. Koes BW. Miedema MC. Ariens GAM. Bouter LM. (2000) Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain. *Spine* 25, 3087–3092.

- 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.
- Kroemer, K.H.E. Kroemer, H.B. Kroemer-Elbert, K.E.. (2001). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency (2nd ed.)*. New Jersey: Prentice Hall
- Mandal, A.C.. (1981). The seated man (Homo sedens): the seated work position, theory and practice. *Applied Ergonomics* 12, 19–26.
- Pheasant, Stephen. (1986) *Bodyspace*. London: Taylor and Francis.
- Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and Design of Work*. London: Taylor & Francis.
- Putz-Anderson, Vern. (Ed.). (2005). *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Disease of the Upper Limbs*. London: Taylor & Francis
- Sanders, Mark and Ernest McCormick. (1993). *Human Factors in Engineering and Design 7th Edition*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- The International Ergonomics Association. (2000). *The Discipline of Ergonomics*.
 <www.iea.cc>
- UGS The PLM Company, E-Factory JACK. (2004). UGS Launches New Version of E-factory Jack, its Human Simulation and Ergonomics Analysis Software. <http://www.plm.automation.siemens.com>
- Vink, P., Overbeeke, C.J., and P.M.A. Desmet. (2005). Comfort and Design Principles and Good Practice. *Comfort Experience*. Delft University of Technology.
- Wilson, J.R. (1999). Virtual Environments and Applied Ergonomics.” *Applied Ergonomics* 30.

Zacharkow, D.. (1988). *Posture: Sitting, Standing, Chair Design and Exercise*.
Springfield: Thomas.



Lampiran 1

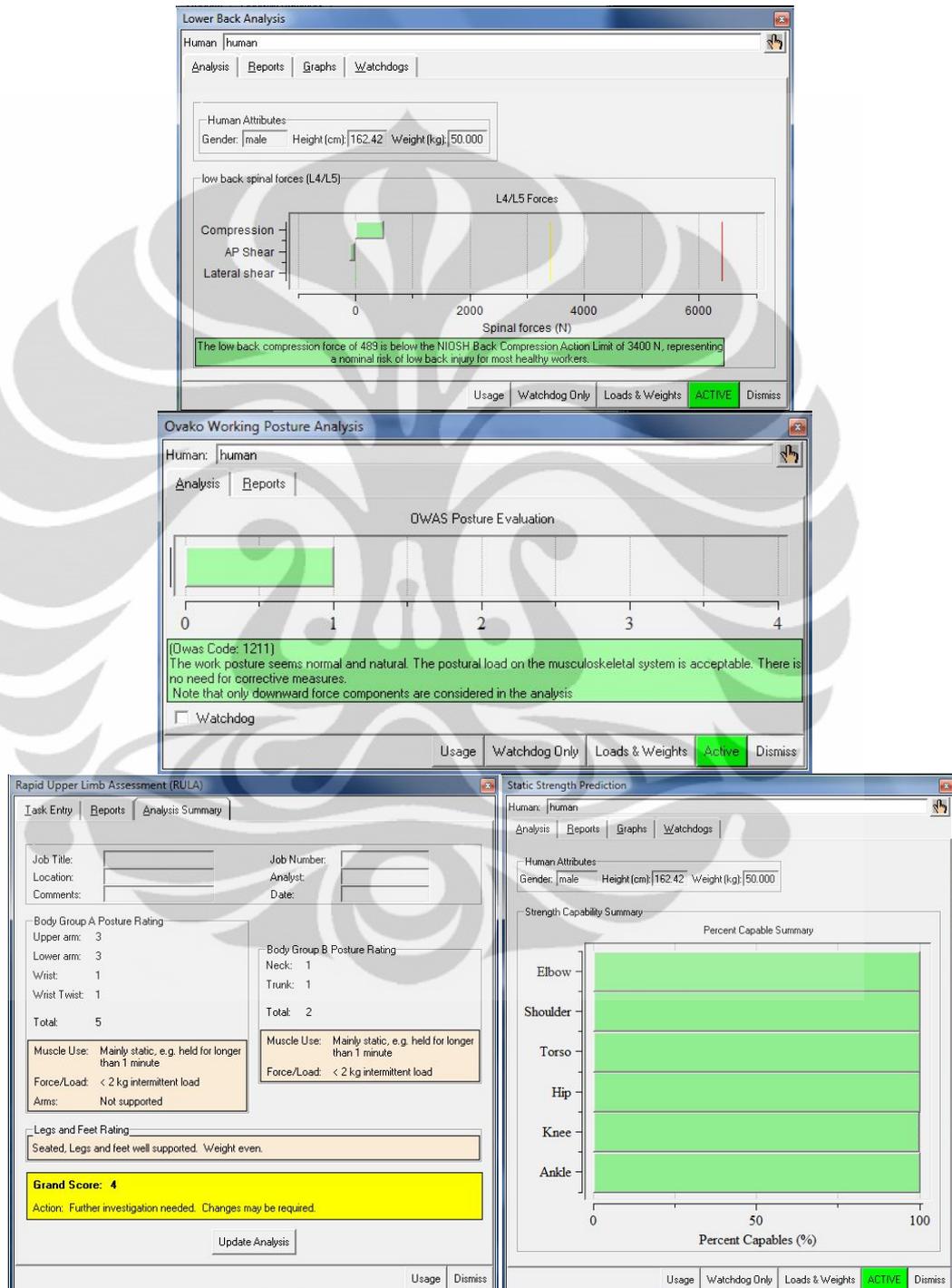
Data Antropometri Tentara Yonif Mekanis 201

No	Umur	Tinggi Badan	Berat Badan	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n
1	24	174	92	60	45.5	26	62	52	57	76	86.5	37	48	42	36	40	26
2	21	171	59	55	47	26	55	44	54	73	86	34	43	39	27	34	15
3	23	171	58	55	46.5	27	57	49	54	74	89	35	46	39	30	34	19
4	21	178	66	56	47	25	56	56	59	80	94	34.5	45	42	27	33	18
5	28	168	75	54	42	25	53.5	44	57	78.5	88	33	43	40	30	37	20
6	29	166	58	53	43	25	54	44	55	76	83	37	43	40	28	33	18.5
7	21	166	55	53	41	24.5	51	42	56	70	87	37	42	41	26.5	31	16
8	22	170	62	55	42	25	55	43	56	75.5	86.5	35	47	41	29	33	16
9	20	170	60	57.5	44	25	55	44	56	74	87	34	47	40	28	35	18
10	30	170	70	55	44	26	57	46	60	80	90	34	49	40	29	36	19
11	32	168	67	55.5	45	25	53	45	57	75.5	86	33	43	41	30	35	14
12	31	168	58	55.5	45	26	55	48	53	70	82	34	43	40	29	35	22
13	27	169	73	54	45	25	54	46	58	77	87	33	46	40	29	33	18
14	31	176	73	55	47	25	54	45	60	82	91	35	45	43	29	35	21
15	30	164	57	50	42	25	48	42	52	70	81	33	42	38	27	32	14
16	31	176	70	57	47	25	58	49	58.5	78	91.5	34	45	42	27	32	19
17	27	167.5	52	56	46.5	25	56	47	54	70	81	36	45	40	26	34	15
18	31	170	61	55	45	26	55	47	54.5	71	84.5	34	46	42	27	34	18
19	31	165	54	53	45	25	55	47	55	70	82	33	45	39	26	32	18
20	32	177	64	59	48	30	58	47	57	72	85	34	47	43	31	39	21
21	31	177	67	54	44	27	49	40	54	74	84	34	40	40	33	40	20
22	29	171	57	57	46	28	58	47	51	69	82	37	46	43	29	35	19
23	30	169	58	54	44	27	54	44	54	70	83	32	43	40	29	38	18
24	31	175	67	57	47	28	60	50	57	74	86	36	47	44	27	40	20
25	33	169	78	56	46	28	61	51	53	70	84	35	46	45	35	39	24
26	31	176	65	57	45	28	61	46	59	78	80	33	45	44	32	39	20
27	29	168	56	55	46	28	54	44	52	66	78	33	46	40	28	34	17
28	32	165	75	56	45	27	59	48	52	65	80	33	44	44	36	40	22
29	29	169	68	57	45	28	59	47	51	65	80	33	43	41	30	36	20
30	32	166	65	55	45	27	54	44	55	73	84	33	43	40	31	38	21
31	30	166	65	55	45	28	55	45	51	72	81	33	42	39	29	34	18
32	25	170	58	56	45	27	55	45	54	68	73	33	43	39	29	34	19
33	28	167	56	55	45	27	54	44	54	73	81	34	44	40	28	36	17
34	27	166	55	55	44	27	56	46	50	69	81	31	42	40	27	38	18
35	27	174	60	58	46	29	58	45	56	76	85	34	49	42	30	40	18
36	27	182	70	59	48	30	62	51	56	74	85	34	48	46	30	34	24
37	28	170	55	56	47	27	57	45	58	76	85	33	45	39	31	34	20
38	27	178	63	59	47	28	60	48	57	75	86	34	45	40	28	32	22
39	23	168	55	53	42	29	53	41	54	72	84	33	38	38	28	32	18
40	27	172	56	56	44	28	59	47	55	68	82	37	48	43	26	34	18
41	28	170	60	55	44	28	55	44	53	74	83	33	47	43	30	34	19
42	33	173	70	56	45	27	58	49	56	67	47	34	43	44	30	37	19
43	21	166	60	56	45	26	54	46	53	73	81	34	46	43	28	33	19
44	30	170	65	57	45	26	62	49	52	69	81	33	45	42	33	36	22
45	29	168	56	56	46	26	58	48	51	72	82	31	42	39	29	34	19
46	29	169	68	56	46	27	57	45	53	72	83	34	47	42	34	39	19
47	33	171	70	55	45	27	55	47	54	74	83	33	39	43	30	37	25
48	29	172	72	58	48	26	52	45	58	75	85	33	45	43	30	37	25
49	32	175	76	59	49	25	58	50	56	77	86	35	46	43	32	36	26
50	22	170	59	56	46	26	54	46	51	73	82	35	47	40	28	34	19

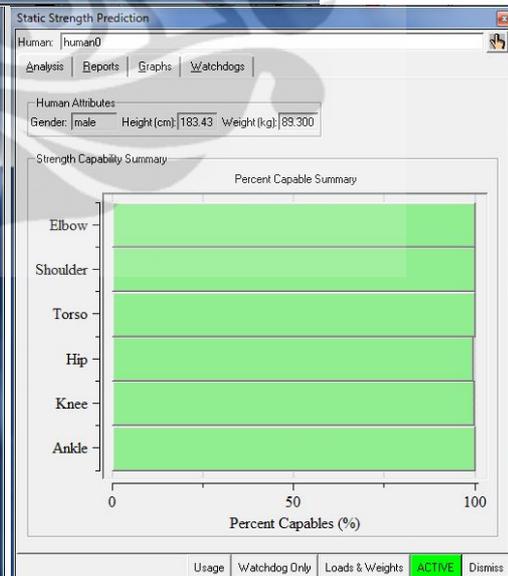
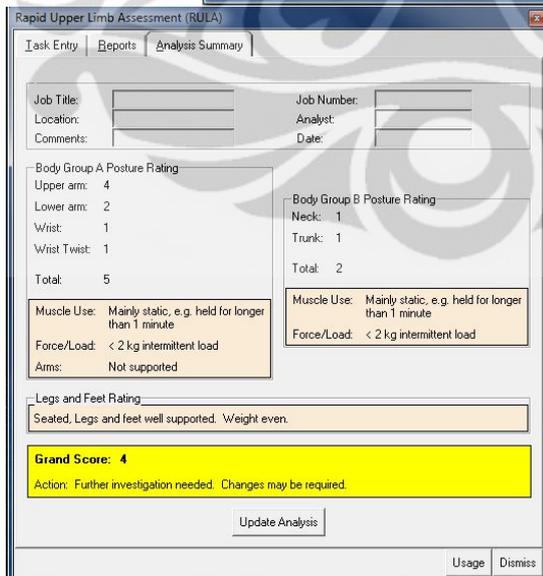
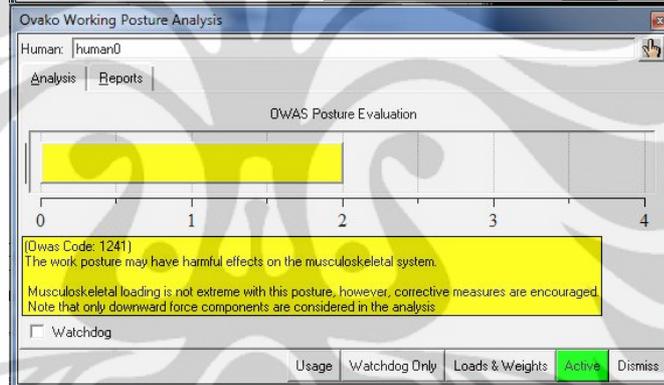
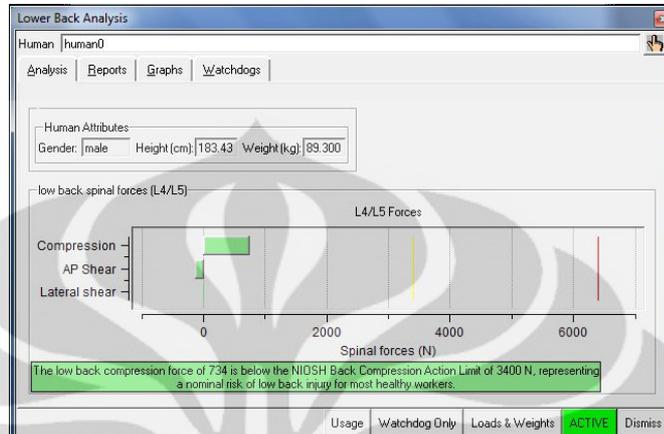
51	27	164	59	55	46	26	53	43	54	76	85	32	46	40	28	34	18
52	30	163	56	53	43	25	56	48	49	70	79	32	43	40	30	35	19
53	30	170	73	55	45	26	58	48	58	72	84	32	47	42	32	32	20
54	23	172	62	56	47	25	53	43	57	77	90	33	43	43	28	34	18
55	32	165	65	55	44	24	54	41	50	67	80	33	43	42	33	35	19
56	22	174	68	58	49	27	58	49	54	73	84	33	44	43	35	39	22
57	35	165	70	54	45	26	58	48	56	70	82	30	42	42	30	45	21
58	24	169	55	56	47	25	55	45	51	70	81	32	46	40	24	30	17
59	23	170	60	55	45.5	25	52	44	54	72	83	34	47	38	26	32	16
60	23	167	57	54	44	29	52	45	54	74	84	34	46	44	29	40	19
61	22	169	58	54	45	27	60	50	50	73	84	34	47	43	28	38	20
62	26	170	71	55	45	27	57	45	59	75	84	33	47	44	30	39	24
63	25	170	68	55	45	26	57	46	54	76	85	31	45	42	28	36	19
64		173	69	58	48	25	56	47	51	72	82	37	49	43	29	35	20
65	32	176	78	55	46	25	59	48	58	77	88	35	47.5	42	26	33	20
66	26	167	63	52	42	26	56	45	55	70	82	33	46	43	30	40	23
67	31	163	58	54	46	26	54	44	54	76	84	33	42	42	30	38	22
68	26	166	66	52	44	26	55	46	50	71	82	33	42	41	30	36	19
69	23	168	60	52	42	24	57	45	53	74	84	32	42	40	30	37	18
70	30	164	55	55	47	26	51	43	54	71	80	33	42	43	31	36	23
71	38	165	60	53	43	25	57	47	53	70	80	33	43	40	30	38	19
72	21	168	58	54	44	27	58	48	50	71	81	33	47	44	30	39	19
73	29	173	61	55	45	26	55	45	60	76	86	34	48	43	32	34	19
74	28	165	54	50	41	25	53	43	59	80	89	33	45	44	32	35	18
75	31	165	65	53	43	25	57	47	54	73	83	34	47	46	32	34	18
76	29	169	61	55	44	25	54	44	53	72	83	34	48	46	30	33	17
77	23	170	58	51	43	24	54	46.5	58	81	92	33	46	42	24	34	16
78	22	166	58	52	44	24	53.5	45	54	74.5	85	33	46	42	24	35	17
79	29	164	58	51	43	23	53	45	53	76	86	33	44	41	28	34	17
80	24	175	68	55	45	27	56	46	58	76	85	35	48	43	33	35	20
81	28	167	60	55	45	26	56	45	63	73	82	34	46	45	32	34	19
82	21	173	59	56	45	25	56	46	54	77	90	36	48	45	30	37	18
83	26	173	60	53	44	26	59	48	55	76	88	34	46	43	31	35	18
84	29	171	58	56	46	26	61	53	53	71	83	37	48	41	30	38	18
85	23	166	61	53	44	26	53	41	56	76	87	31	44	42	31	38	20
86	23	171	58	54	44	26	55	45	59	75	83	36	46	42	32	39	23
87	36	165	54	54	44	26	52	43	53	25	84	31	44	44	30	36	24
88	28	172	65	54	45	27	59	49	55	74	83	34	45	46	32	36	24
89	28	166	60	54	44	26	56	47	56	72	83	35	45	44	34	48	24
90	26	172	65	55	47	26	56	45	55	76	84	32	44	43	32	35	22
91	30	172	60	53	47	26	58	49	54	75	84	34	46.5	41	28	35	18.5
92	24	166	58	57	44	25	57	48	52	74	84	35	46	42	31	35	18
93	25	166	62	54	44	26	56	45	50	71	83	35	46	41	26	34	18
94	25	171	72	56	45	27	54	46	54	76	85	34	45	46	30	34	21
95	27	168	82	55	42	28	60	48	54	74	84	33	47	45	38	44	26
96	27	167	52	54	43	26	58	48	50	69	80	34	42	41	32	32	19
97	28	165	52	56	46	26	53	45	54	69	83	33	46	39	29	36	18
98	24	167	58	54	44	26	56	45	48	69	80	32	45	41	30	34	19
99	27	168	70	57	46	25	59	48	56	74	86	33	47	35	34	37	20
100	28	163	60	62	46	26	53	47	52	75	83	35	42	46	35	38	12
101	22	164	58	54	44	25	53	43	50	70	78	30	43	42	29	32	18
102	31	165	56	54	44	25	51	41	51	70	82	30	45	39	28	31	18
103	26	171	63	54	44	27	60	49	54	74	82	33	44	44	33	36	19
104	29	164	68	51	40	25	55	46	53	72	81	33	46	44	30	39	22
105	41	167	74	55	45	25	55	46	56	72	84	33	45	43	32	35	22
106	29	167	65	56	44	26	53	43	53	70	82	33	45	42	31	34	19
107	23	171	60	56	46	25	53	43	57	77	87	37	46	40	25	33	18
108	24	170	64	57	47	26	59	48	55	72	81	33	46	45	31	36	19
109	21	180	66	57	47	27	60	49	60	80	92	36	46	42	27	34	19
110	26	176	58	57	48	26	56	47	52	73	82	34	46	42	27	35	23
111	27	165	55	54	46	26	54	47	52	72	81	34	43	42	29	37	19
112	29	172	65	58	48	26	60	53	55	75	84	36	47	44	32	34	22
113	38	162	63	55	46	25	58	47	48	69	74	33	45	44	31	34	23
114	22	170	68	56	44	26	17	45	53	73	83	32	47	43	33	39	19
115	22	169	59	54	45	25	57	46	44	71	81	33	44	44	29	19	

116	30	165	55	55	45	25	57	47	51	69	78	31	45	40	27	33	17
117	29	170	58	53	41	26	57	45	49	69	81	32	45	43	29	35	19
118	30	167	65	51	45	26	56	44	52	73	83	32	42	45	28	35	20
119	34	172	75	55	43	26	60	48	54	73	83	30	45	46	32	37	24
120	32	163	75	53	43	27	53	43	53	72	82	32	43	47	32	39	28
121	20	165	50	53	44	26	58	47	63	77	86	34	44	39	27	30	18
122	30	168	65	52	43	26	53	43	56	77	88	32	43	39	29	34	19
123	23	166	56	53	43	27	57	46	51	74	83	31	43	44	26	35	17
124	23	172	53	52	44	27	56	46	57	78	87	31	46	42	27	36	18
125	28	165	68	54	44	27	57	46	54	71	83	32	45	44	31	37	19
126	23	169	63	56	45	26	56	45	56	75	85	34	46	44	32	34	19
127	23	174	65	58	47	26	60	50	55	75	86	37	48	41	24	33	16
128	29	168	60	55	45	25	56	48	53	71	80	35	46	42	28	36	24
129	22	172	65	53	44	25	55	46	54	77	89	32	45	40	18	33	16
130	23	173	76	57	47	26	57	51	53	74	82	34	44	45	32	35	24
131	28	167	59	53	43	24	58	48	52	75	85	34	45	40	27	32	18
132	19	172	60	55	47	27	58	46	56	77	85	35	46	46	32	34	23
133	29	170	73	58	48	26	60	50	55	74	83	34	46	42	35	37	29
134	27	173	75	59	48	27	57	47	56	75	85	31	48	44	28	34	19.5
135	27	171	68	56	47	27	58	47	55	74	84	34	47	46	33	38	26
136	27	171	57	56	46	25	57	48	55	78	88	32	47	42	26	33	17
137	24	170	60	55	46	26	58	49	56	77	86	36	40	42	28	34	24
138	25	163	50	51	43	24	54	46	52	71	79	32	42	41	26	33	21
139	30	171	65	55	45	25	60	50	55	77	87	33	45	43	30	34	21
140	26	173	60	56	49	25	60	49	54	75	84	36	45.5	42	26	33	18
141	31	171	85	56	45	25	60	51	55	76	85	33	44	47	40	44	34
142	29	169	57	53	43	27	56	49	52	74	84	34	45	42	30	39	19
143	31	166	60	51	41	27	56	45	56	74	83	32	45	43	30	38	21
144	26	168	61	57	47	26	56	47	56	76	84	34	44	44	34	37	28
145	26	172	63	56	47	26	59	49	58	77	84	36	44	42	32	35	25
146	29	169	80	53	42	25	59	49	53	73	82	31	42	44	38	42	31
147	27	165	57	52	42	26	53	47	50	72	82	33	43	41	28	37	18
148	28	165	60	50	41	26	54	43	56	74	83	32	45	43	30	38	21
149	25	167	60	56	46	26	55	46	55	75	83	33	43	43	33	36	27
150	25	170	62	55	48	26	58	48	57	76	85	37	45	43	33	34	25
151	27	170	78	51	41	24	57	47	52	72	80	30	40	42	37	41	30
152	28	167	59	52	43	27	52	46	51	73	81	32	44	41	29	38	19
153	27	165	59	49	41	26	53	43	55	74	83	33	45	42	30	37	19
154	23	166	56	53	43	27	57	46	51	74	83	31	43	44	26	35	17
155	29	167	65	56	44	26	53	43	53	70	82	33	45	42	31	34	19
156	25	166	62	54	44	26	56	45	50	71	83	35	46	41	26	34	18
157	24	170	64	57	47	26	59	48	55	72	81	33	46	45	31	36	19
158	30	163	56	53	43	25	56	48	49	70	79	32	43	40	30	35	19
159	31	176	65	57	45	28	61	46	59	78	80	33	45	44	32	39	20
160	27	167	52	54	43	26	58	47	50	69	80	34	42	41	32	32	19
161	27	173	75	59	48	27	57	46	56	75	85	31	48	44	28	34	19.5
162	24	170	64	57	47	26	59	48	55	72	81	33	46	45	31	36	19
163	25	169	60	58	47	27	58	46	54	73	80	33	45	44	30	35	22
164	28	171	63	59	48	26	57	46	56	82	82	34	47	45	32	36	24
165	27	168	63	55	46	26	59	47	57	76	83	36	47	44	32	36	23
166	24	166	58	57	44	25	57	48	52	74	84	35	46	42	31	35	18
167	29	167	65	56	44	26	53	43	53	70	82	33	45	42	31	34	19
168	27	165	55	54	46	26	54	47	52	72	81	34	43	42	29	37	19
169	29	172	65	58	48	26	60	53	55	75	84	36	47	44	32	34	22
170	29	168	60	55	45	25	56	48	53	71	80	35	46	42	28	36	24

Lampiran 2
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 2 Persentil 5



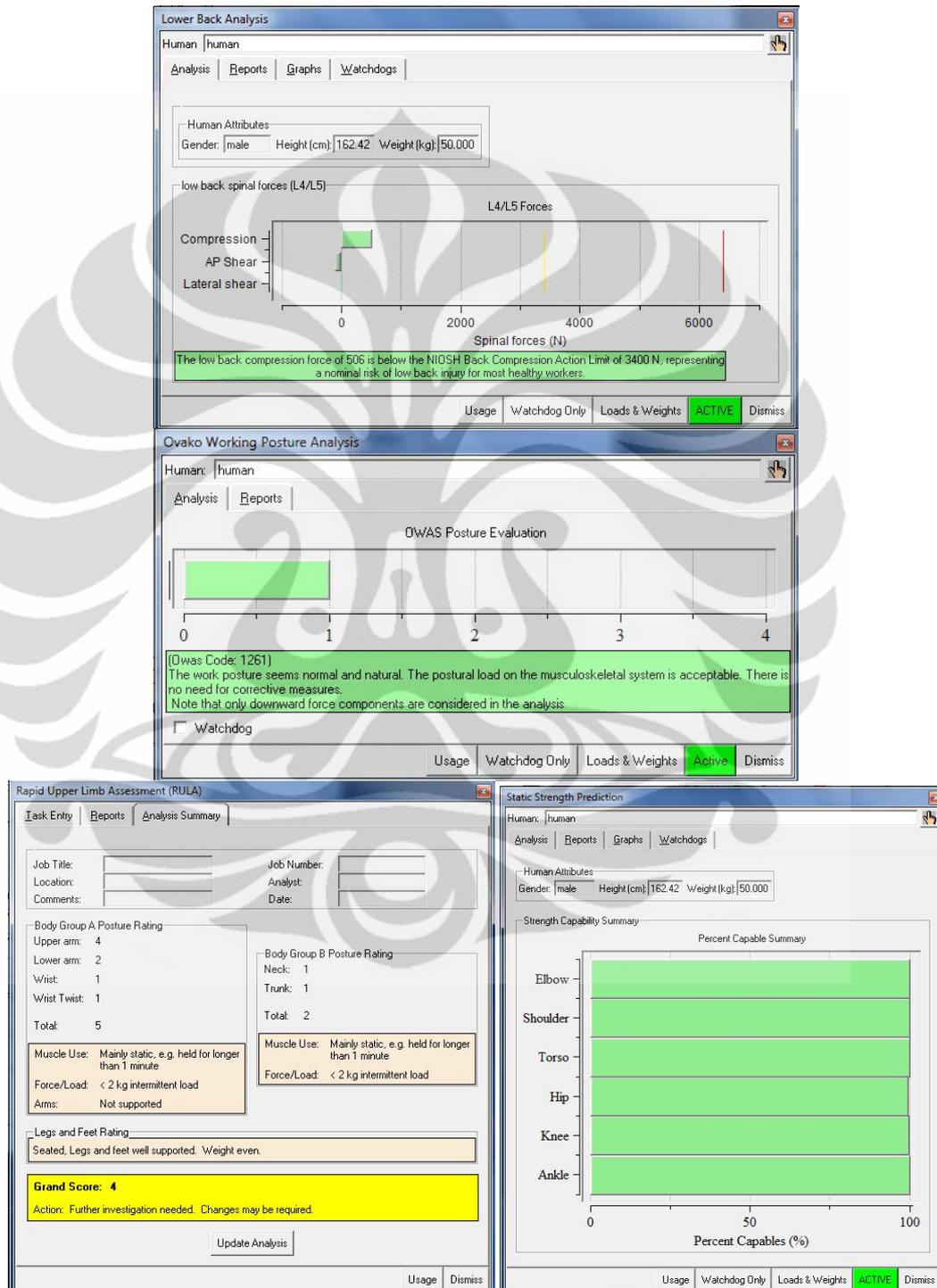
Lampiran 2
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 2 Persentil 95



Lampiran 2

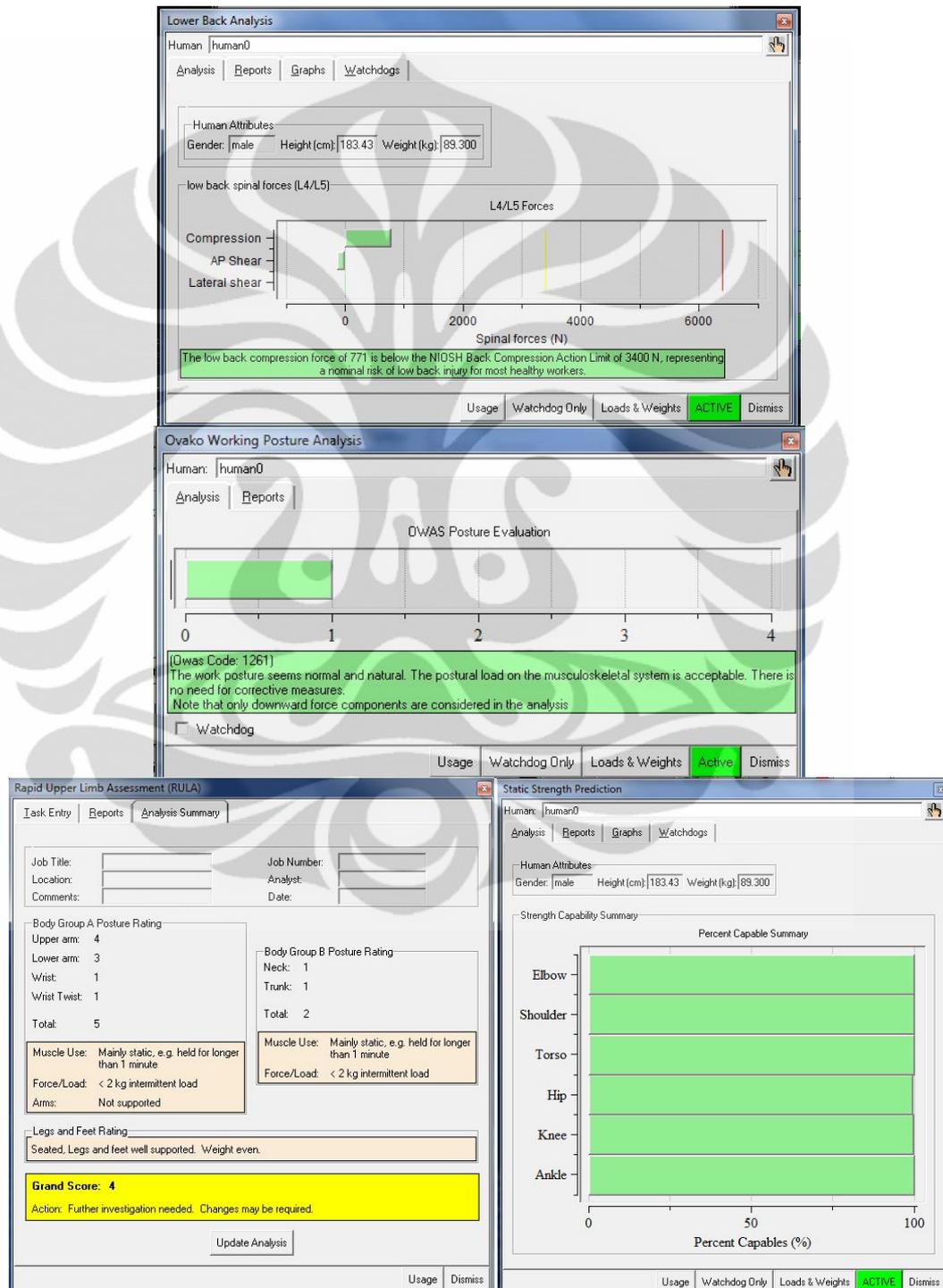
Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 3 Persentil 5

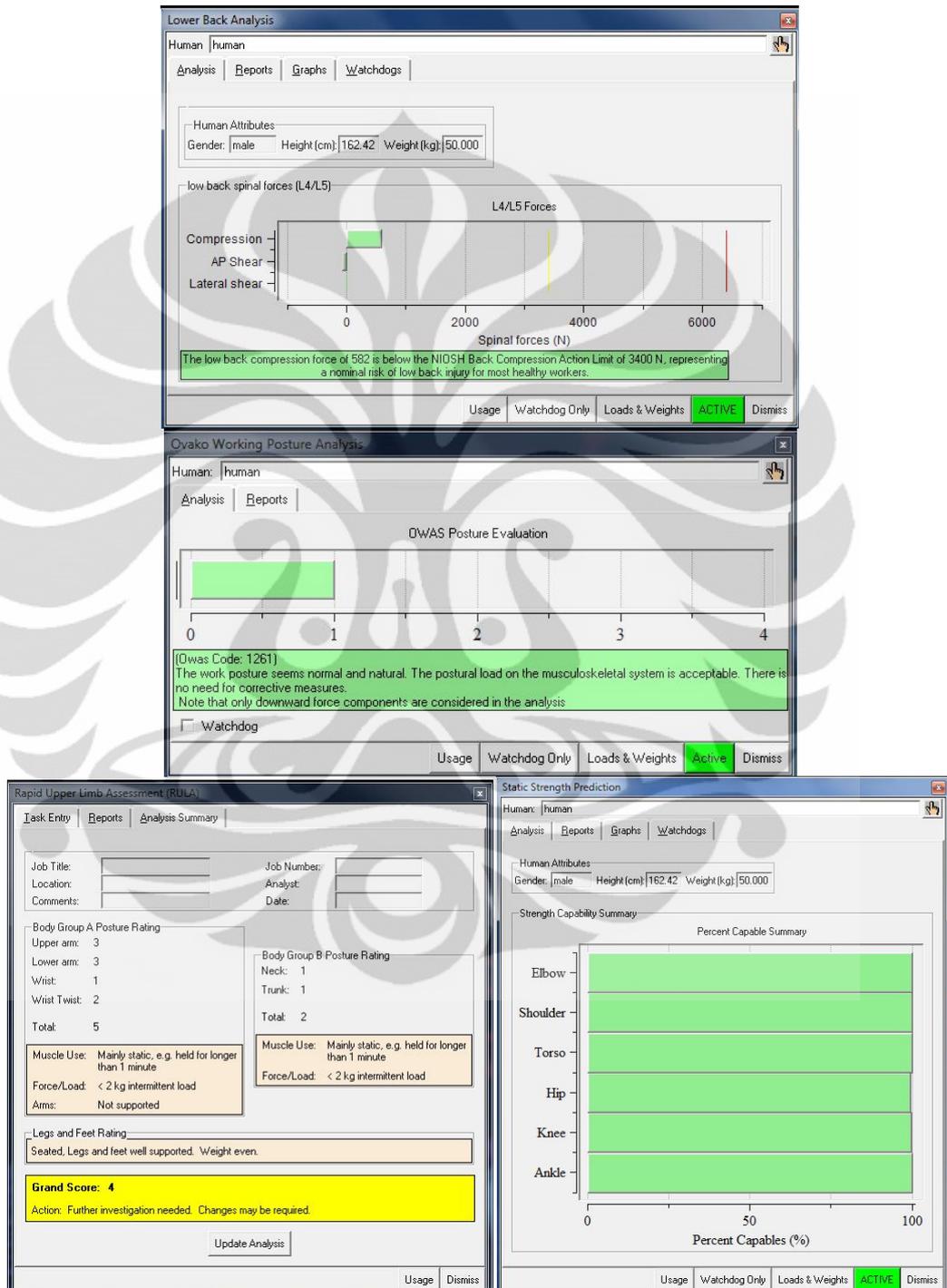


Lampiran 2

Hasil Analisis Jack TAT Konfigurasi 3 Persentil 95

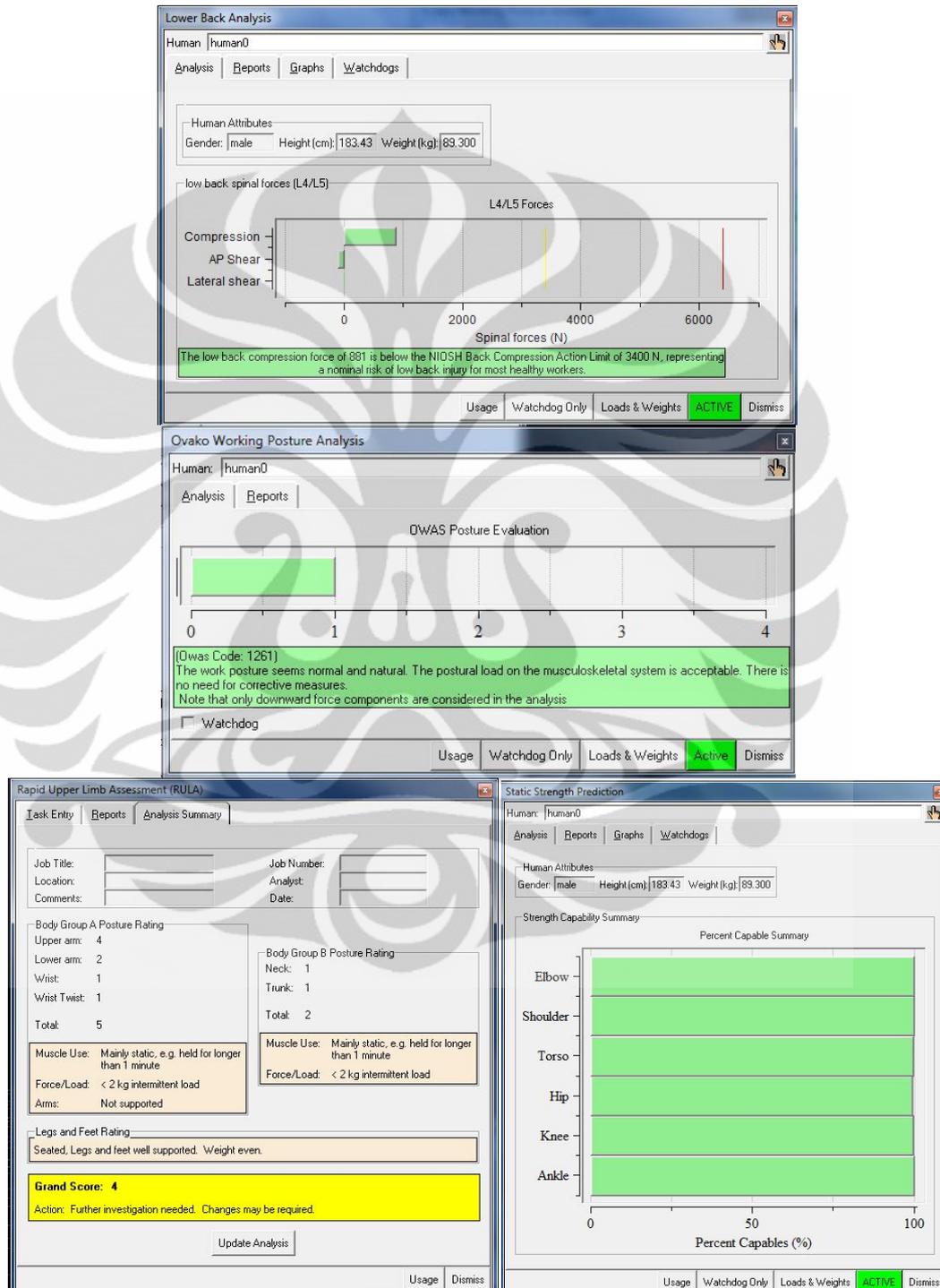


Lampiran 2
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 4 Persentil 5



Lampiran 2

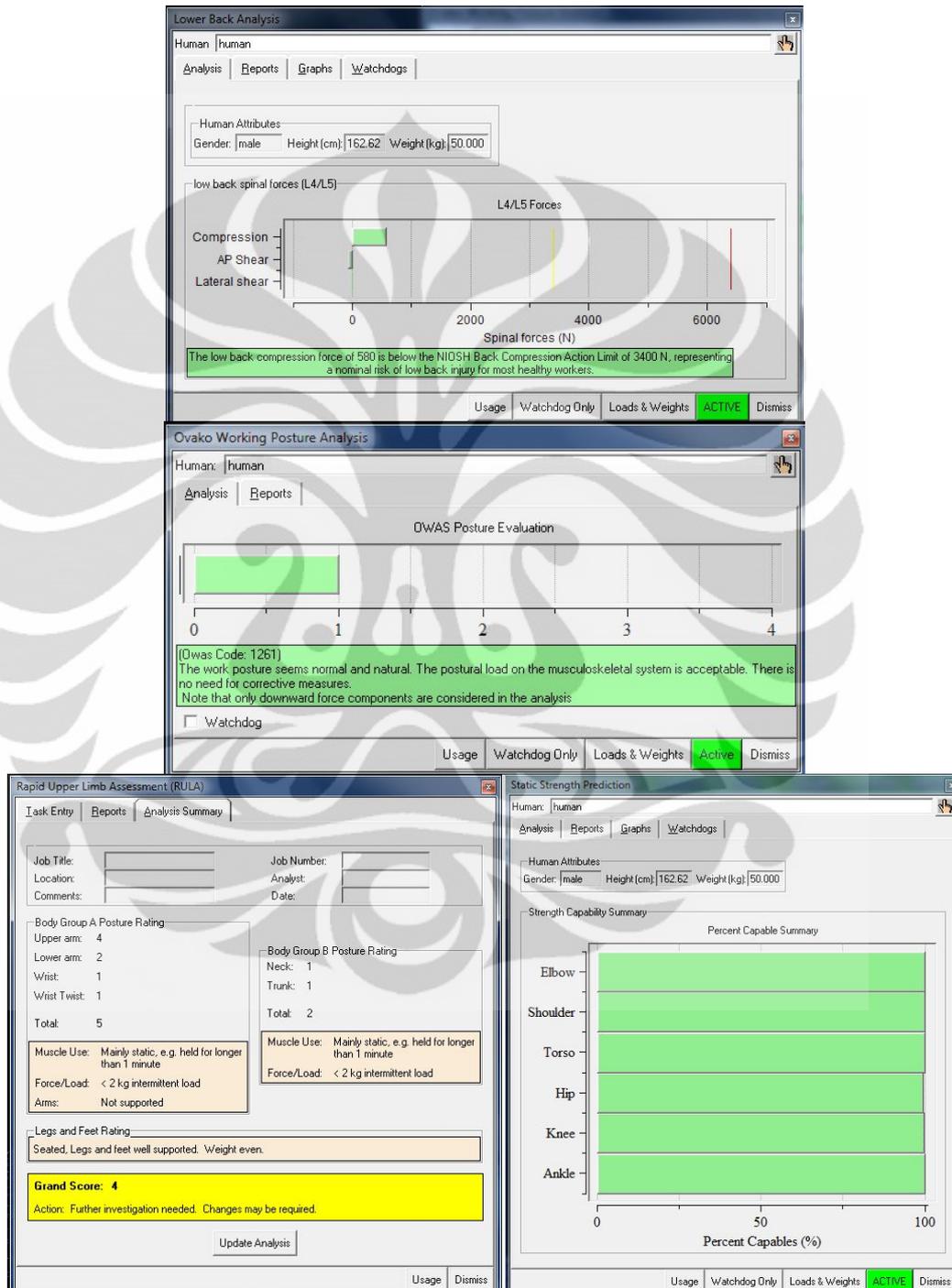
Hasil Analisis Jack TAT
Konfigurasi 4 Persentil 95



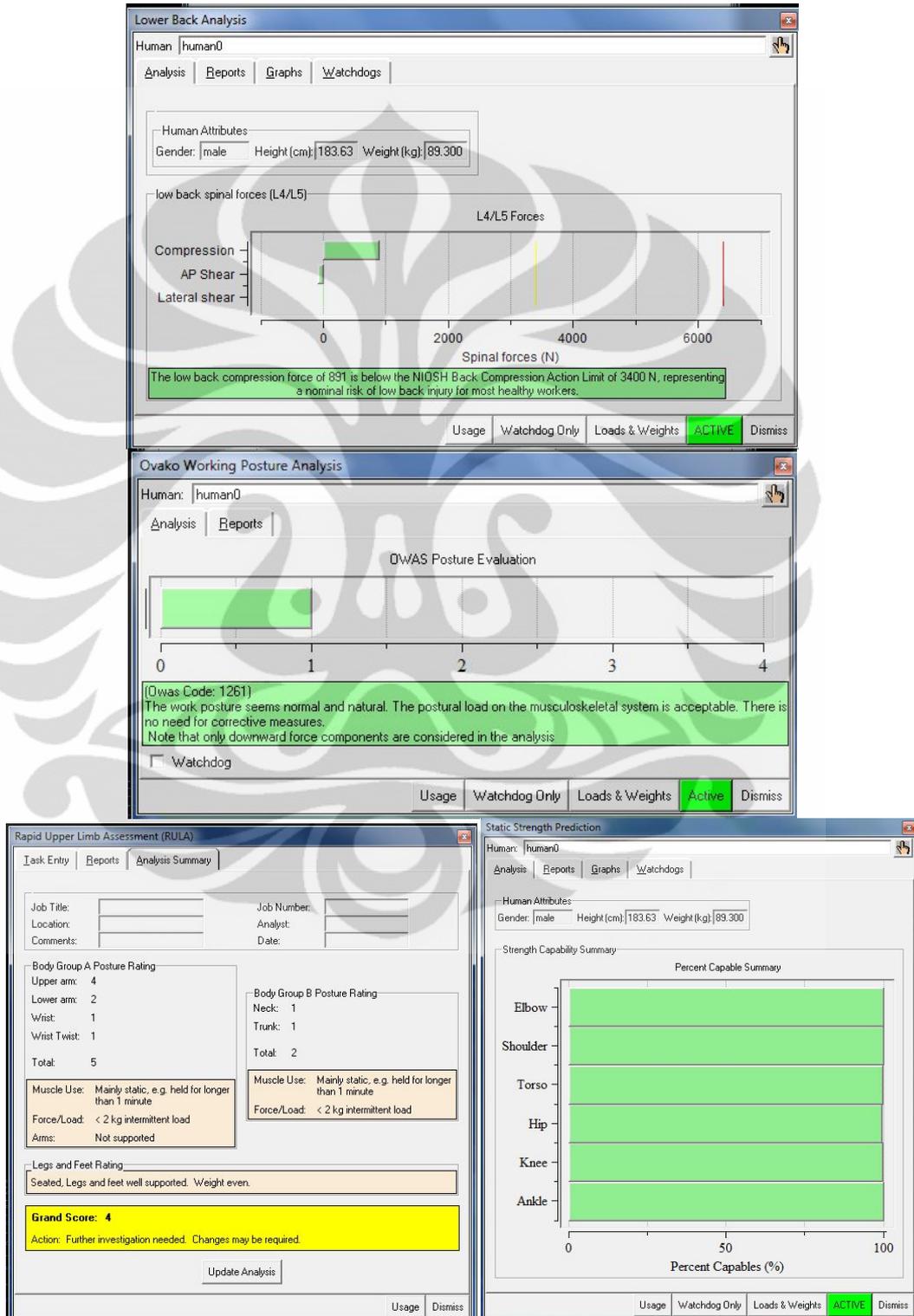
Lampiran 2

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 5 Persentil 5



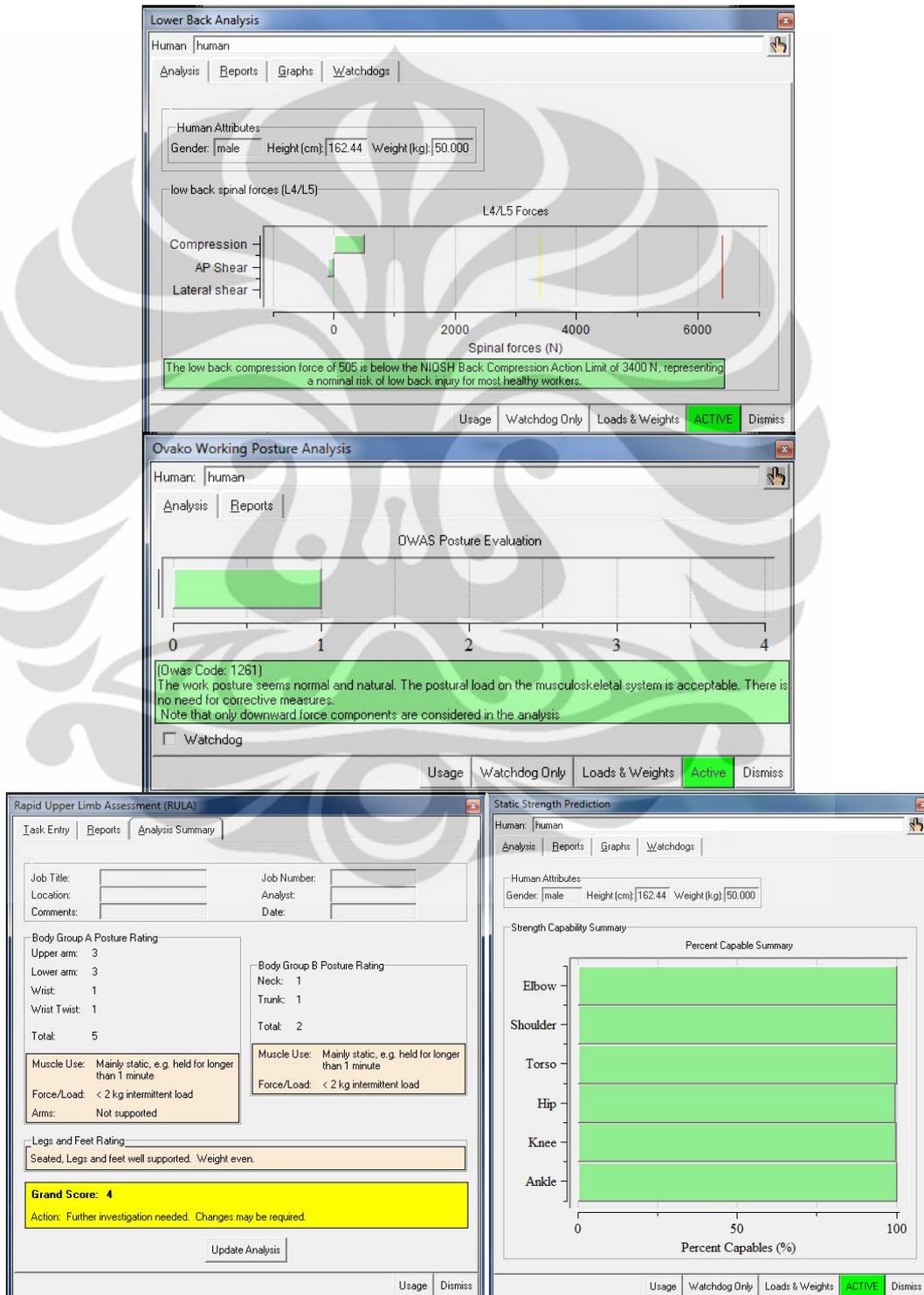
Lampiran 2
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 5 Persentil 95



Lampiran 2

Hasil Analisis Jack TAT

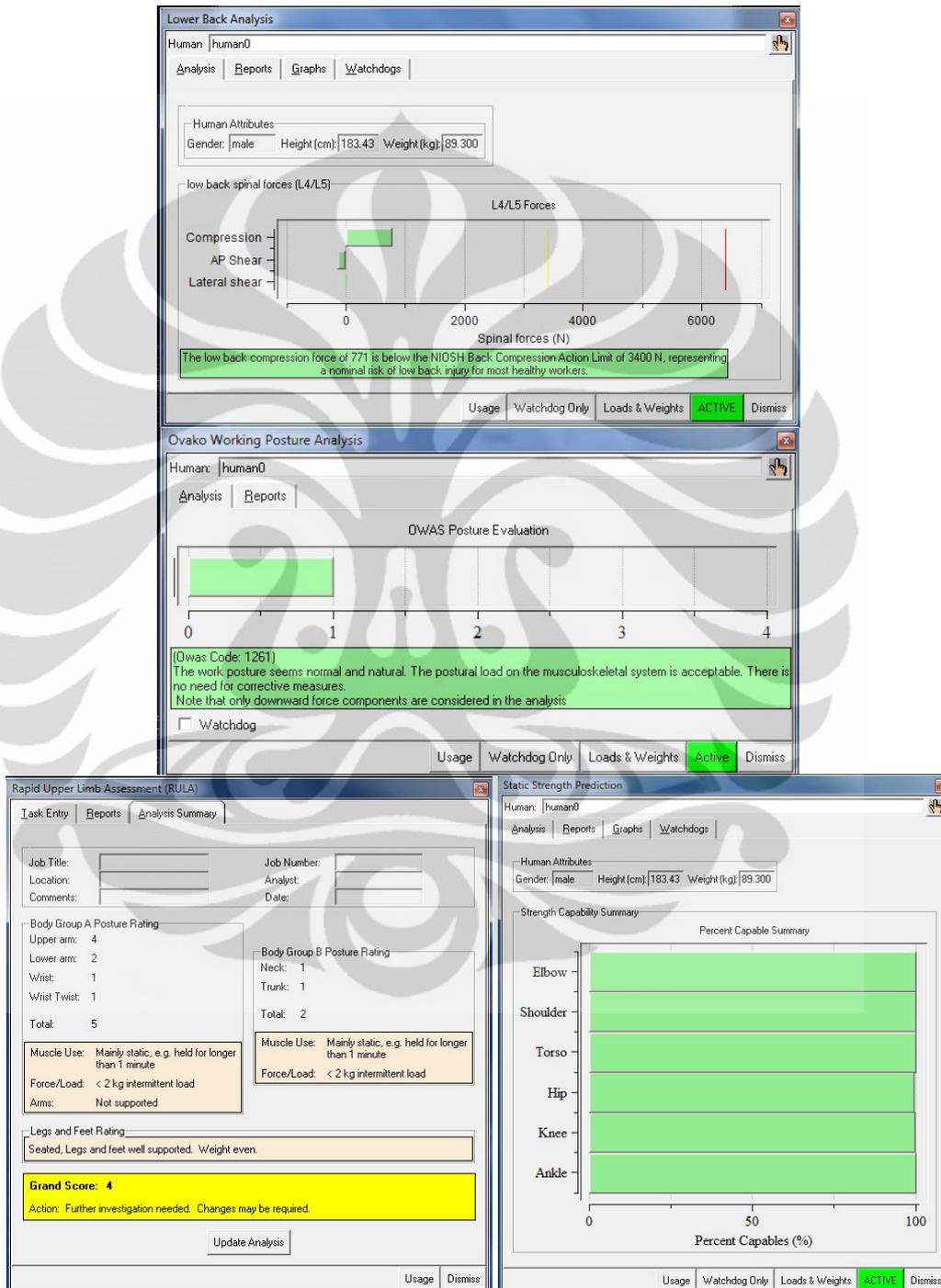
Konfigurasi 6 Persentil 5



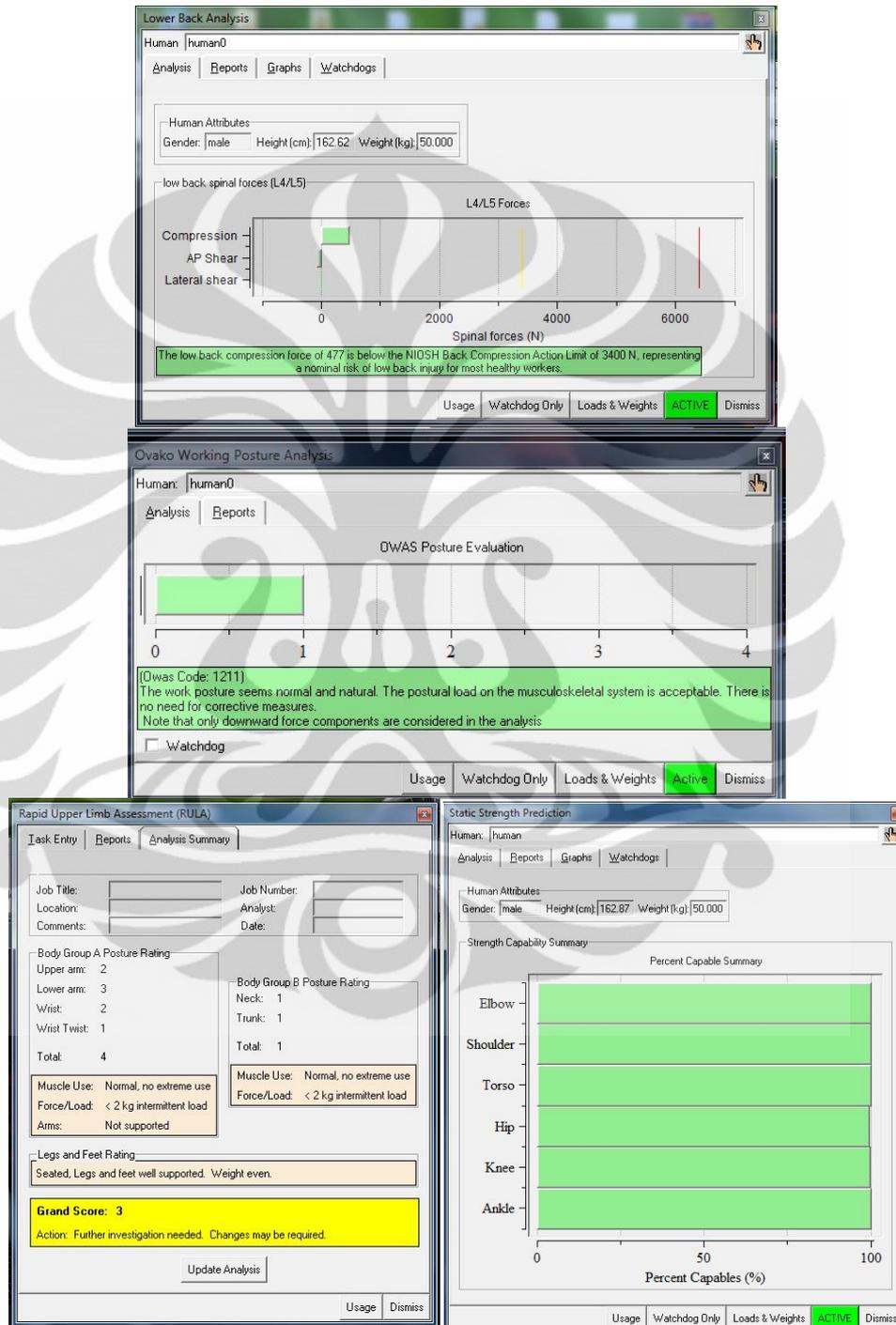
Lampiran 2

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 6 Persentil 95

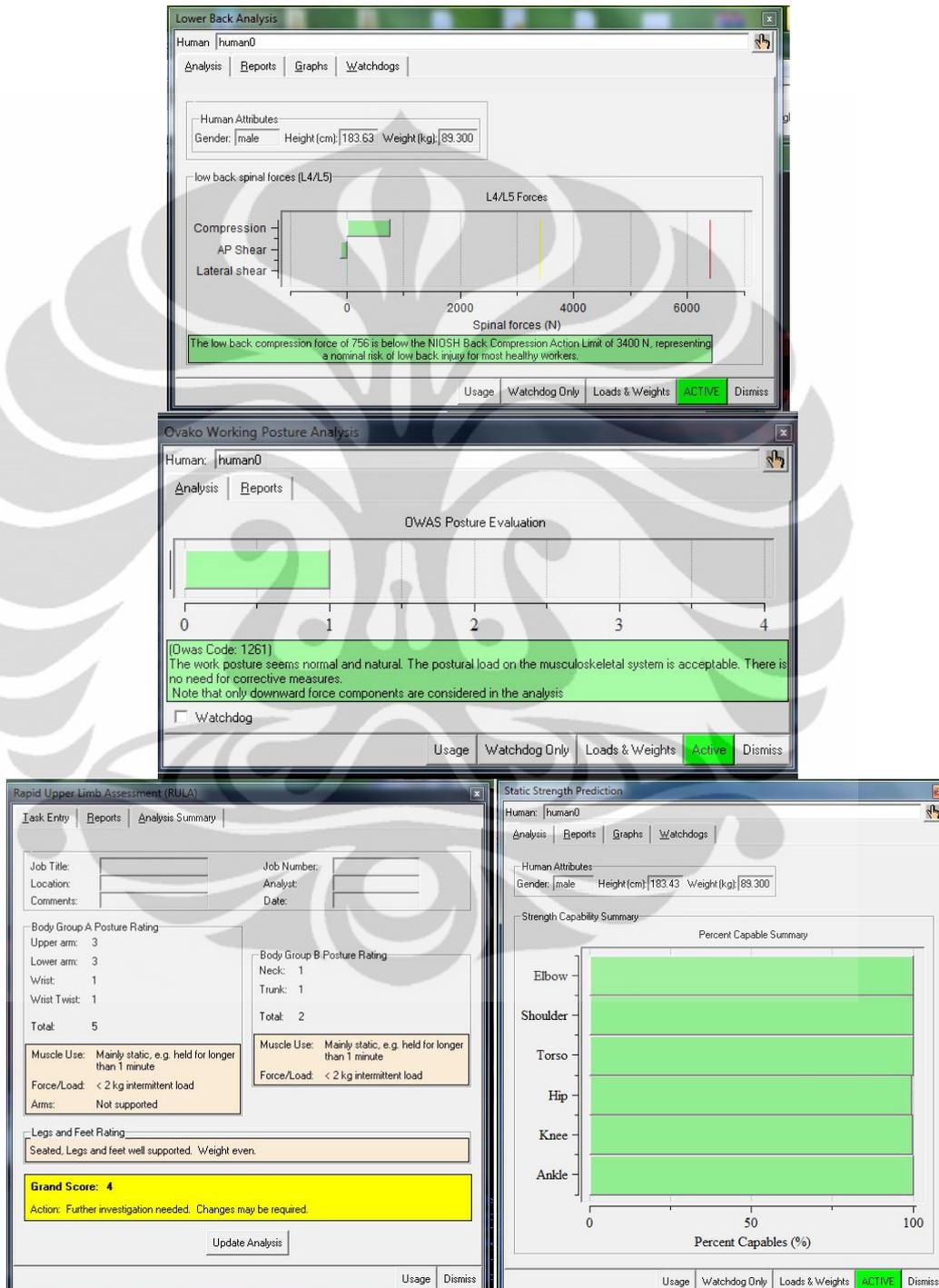


Lampiran 2
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 7 Persentil 5



Lampiran 2

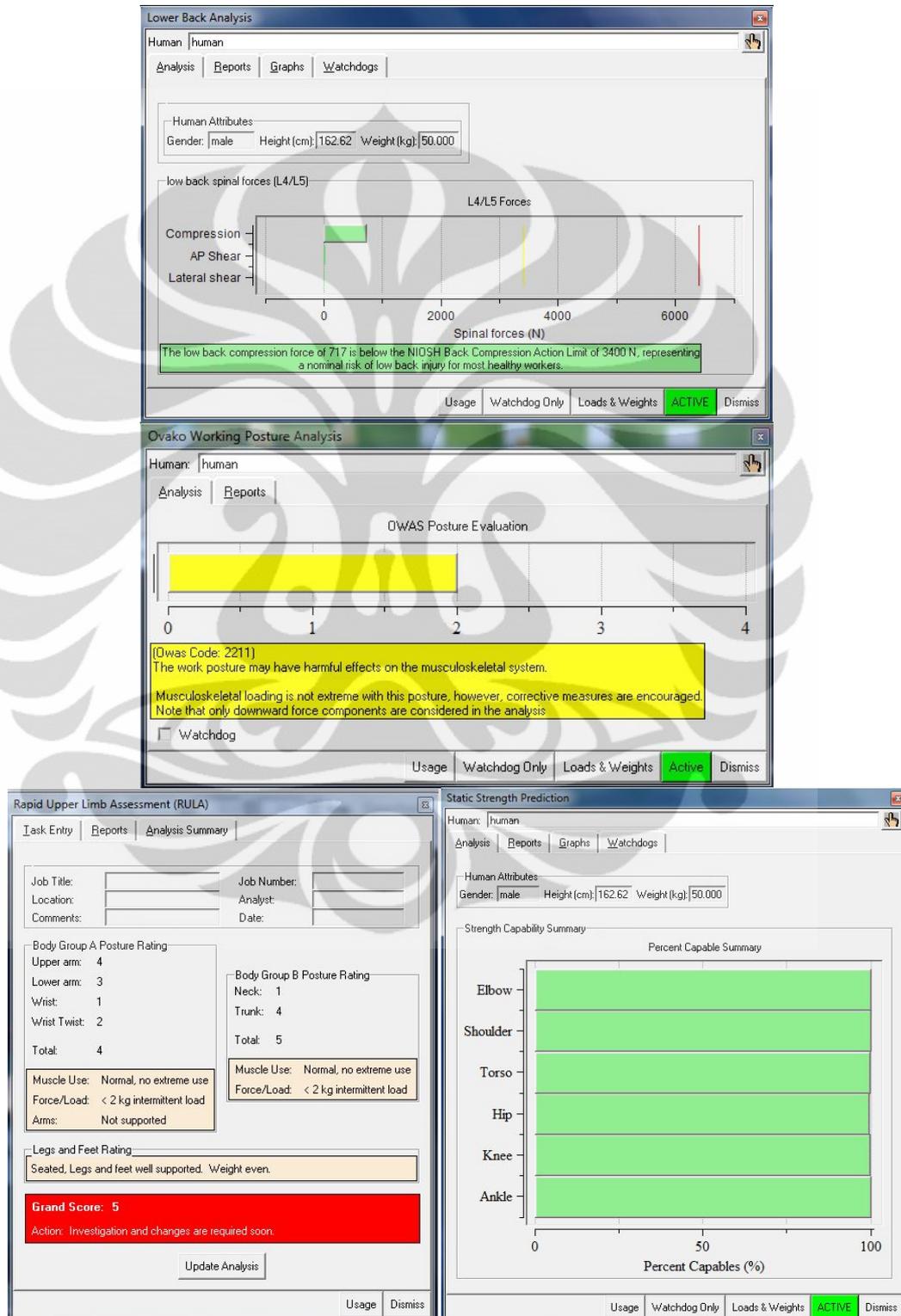
Hasil Analisis Jack TAT Konfigurasi 7 Persentil 95



Lampiran 2

Hasil Analisis Jack TAT

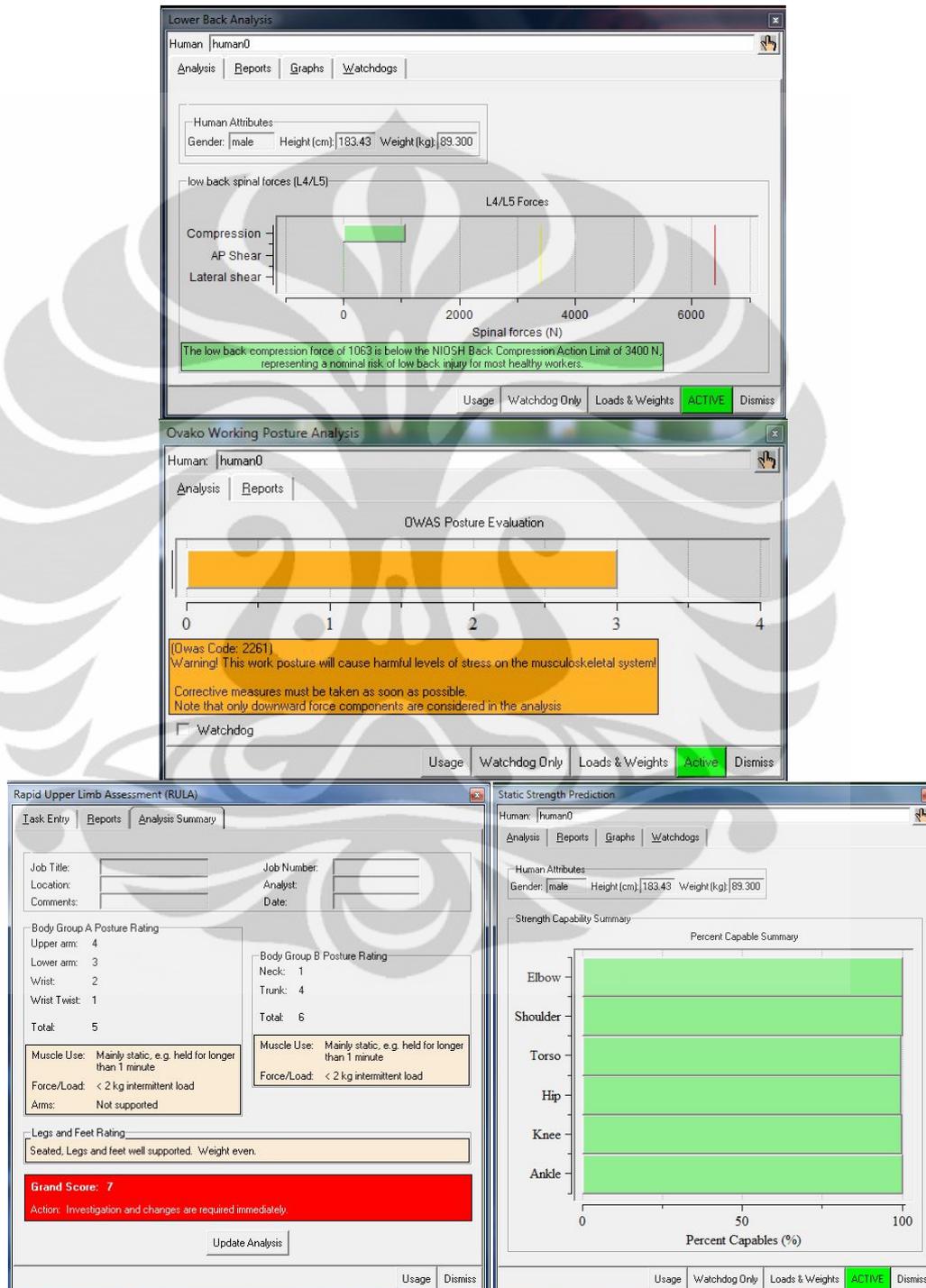
Konfigurasi 8 Persentil 5



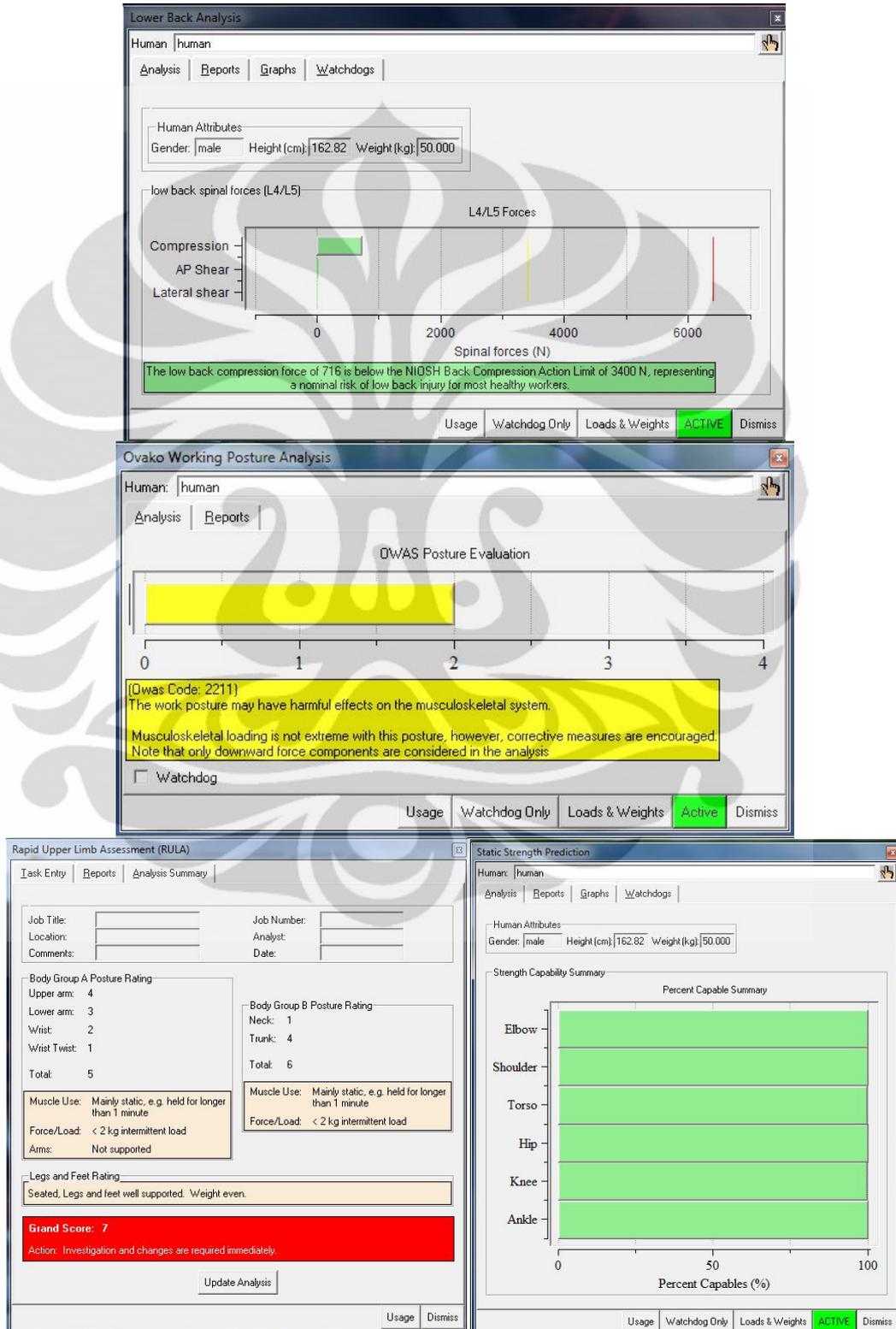
Lampiran 2

Hasil Analisis Jack TAT

Konfigurasi 8 Persentil 95



Lampiran 2
 Hasil Analisis Jack TAT
 Konfigurasi 9 Perseutil 5



Lampiran 2

Hasil Analisis Jack TAT Konfigurasi 9 Persentil 95

