

**ANALISIS ERGONOMI DESAIN SEPEDA MOTOR BEBEK
TERHADAP PENGENDARA WANITA
DENGAN METODE *POSTURE EVALUATION INDEX* (PEI)
DALAM *VIRTUAL ENVIRONMENT***

SKRIPSI

**YUNIKA HARINDA PUTRI
0606077636**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2010**

**ANALISIS ERGONOMI DESAIN SEPEDA MOTOR BEBEK
TERHADAP PENGENDARA WANITA
DENGAN METODE *POSTURE EVALUATION INDEX* (PEI)
DALAM *VIRTUAL ENVIRONMENT***

SKRIPSI

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

**YUNIKA HARINDA PUTRI
0606077636**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

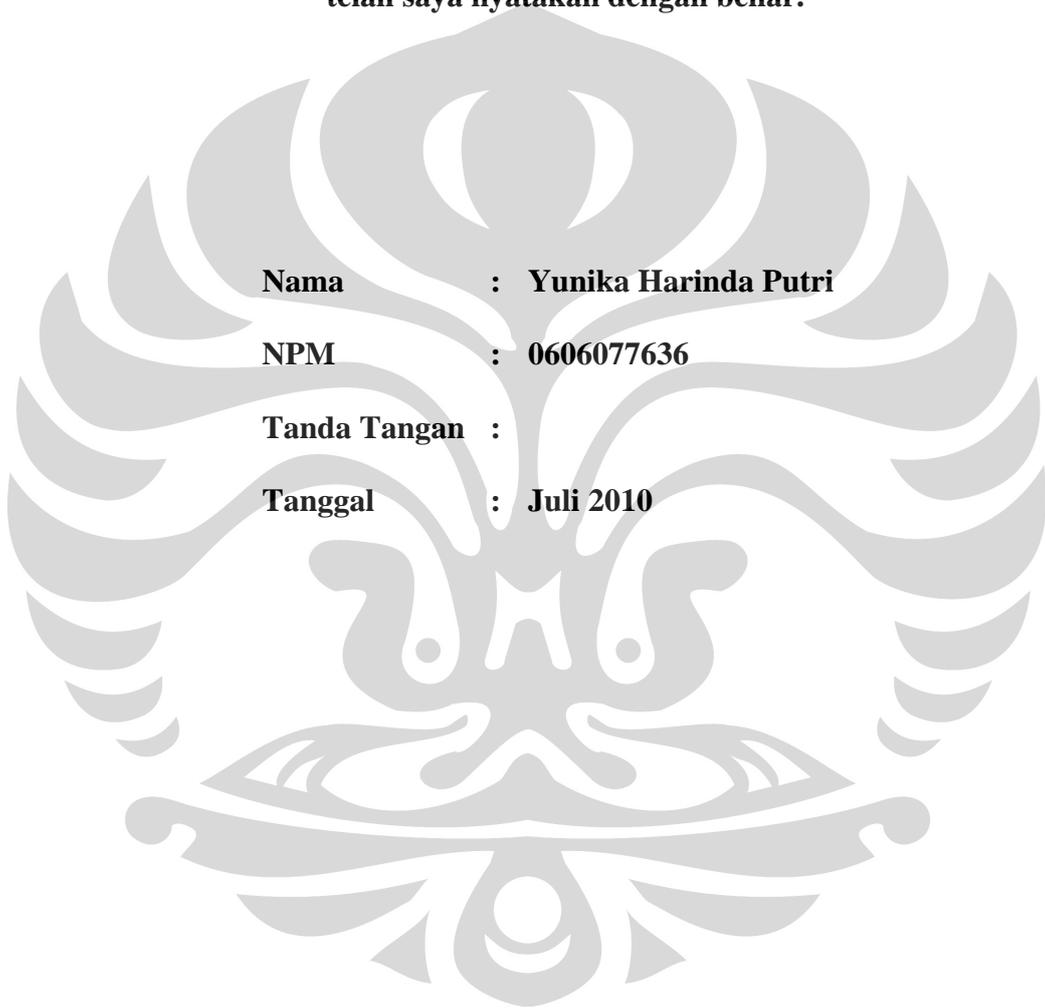
**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Yunika Harinda Putri

NPM : 0606077636

Tanda Tangan :

Tanggal : Juli 2010



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Yunika Harinda Putri
NPM : 0606077636
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Ergonomi Desain Sepeda Motor Bebek terhadap Pengendara Wanita Dengan Metode *Posture Evaluation Index* (PEI) dalam *Virtual Environment*

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Boy Nurtjahyo Moch, MSIE (.....)

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si (.....)

Penguji : Farizal, PhD (.....)

Penguji : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : Juni 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Yunika Harinda Putri
NPM : 0606077636
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Ergonomi Desain Sepeda Motor Bebek terhadap Pengendara Wanita Dengan Metode *Posture Evaluation Index* (PEI) dalam *Virtual Environment*

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Boy Nurtjahyo Moch, MSIE (.....)

Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si (.....)

Penguji : Farizal, PhD (.....)

Penguji : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Boy Nurtjahyo Moch, MSIE., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran serta dorongan dan bimbingan untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE., dan Ibu Arian Dhini, ST, MT., yang telah memberikan dorongan dan bimbingan pada saya dalam penyusunan skripsi ini;
3. Keluarga besar tercinta, terutama ayahanda, ibunda, ghata dan faris yang telah memberikan saya kasih sayang dan dukungan serta motivasi untuk tetap bersemangat dalam mengerjakan skripsi ini;
4. Tuty, Ema, Pei, Hana, Eki yang telah menjadi tempat berkeluh kesah selama pengerjaan skripsi ini;
5. Saudara Budi NK, atas pinjaman motor, bantuan dan kerjanya selama pembuatan skripsi ini;
6. Amenk, Venita, Novi, Herian, Herbert, Ayu, Arya, Aldi, Jeni, Herman dan anak – anak ergocen lain yang selalu memberi ide – ide baru, dukungan, saran dan keceriaan selama mengerjakan skripsi ini;
7. Seluruh TI'06 tercinta atas empat tahun yang tidak akan pernah terlupakan ini karena sangat indah nya;
8. Mas Iwan, Pak Mursyid, Mas Latief, Bu Har, Mbak Anna, Mbak Willy, Mas Acil, dan Mas Dody atas semua bantuan yang telah diberikan selama ini.
9. Saudara Dudit yang telah membantu saya dalam penginstalan *software* – *software* yang saya butuhkan dalam pengolahan data skripsi ini.;

10. Seluruh pihak yang telah membantu, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, saya pribadi berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan saudara dan semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pembacanya.

Depok, Juli 2010

Penulis



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

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

Nama : Yunika Harinda Putri

NPM : 0606077636

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

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

”Analisis Ergonomi Desain Sepeda Motor Bebek Terhadap Pengendara Wanita Dengan Metode *Posture Evaluation Index* (PEI) dalam *Virtual Environment*”

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juli 2010

Yang menyatakan

(Yunika Harinda Putri)

ABSTRAK

Nama : Yunika Harinda Putri
Program Studi: Teknik Industri
Judul : Analisis Ergonomi Desain Sepeda Motor Bebek terhadap Pengendara Wanita Dengan Metode *Posture Evaluation Index* (PEI) dalam *Virtual Environment*

Penelitian ini mengkaji aspek ergonomi sepeda motor bebek dalam *virtual environment*. Analisis dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* Jack 6.1 dengan pendekatan *Posture Evaluation Index* (PEI) yang mengintegrasikan hasil analisis tiga buah metode, yaitu *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Analysis* (OWAS), dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi desain aktual sepeda motor dan mencari konfigurasi redesign paling ergonomis ditinjau dari tinggi stang dan jarak jok-stang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain sepeda motor bebek yang paling ergonomis bagi pengendara wanita adalah desain yang memiliki tinggi stang 16cm dan jarak jok-stang sebesar 20cm yang memiliki nilai PEI terendah yaitu 1,45.

Kata Kunci :

Ergonomi, *Virtual Environment*, Sepeda Motor Bebek, *Posture Evaluation Index*, LBA, OWAS, RULA

ABSTRACT

Name : Yunika Harinda Putri
Study Program : Industrial Engineering
Judul : Analysis of Motorcycle Design toward Female Rider Based On Posture Evaluation Index (PEI) Approached in Virtual Environment

This research tried to study ergonomic aspect of motorcycle in virtual environment. This research were conducted by using Jack software 6.1 with Posture Evaluation Index (PEI) approach which can integrated the results of three methods: Lower Back Analysis (LBA), Ovako Working Analysis (OWAS) and Rapid Upper Limb Assessment (RULA). The objectives are evaluating existing motorcycle design and determining the most ergonomic redesign that concern at handlebar height and distance between motorcycle' seat and handlebar. The result showed that the most ergonomic design of motorcycle for female rider is motorcycle that has 16cm handlebar height and 20cm distance between motorcycle' seat and handlebar, which have 1,45 of PEI score.

Key Words:

Ergonomics, *Virtual Environment*, Motorcycle, *Posture Evaluation Index*, LBA, OWAS, RULA

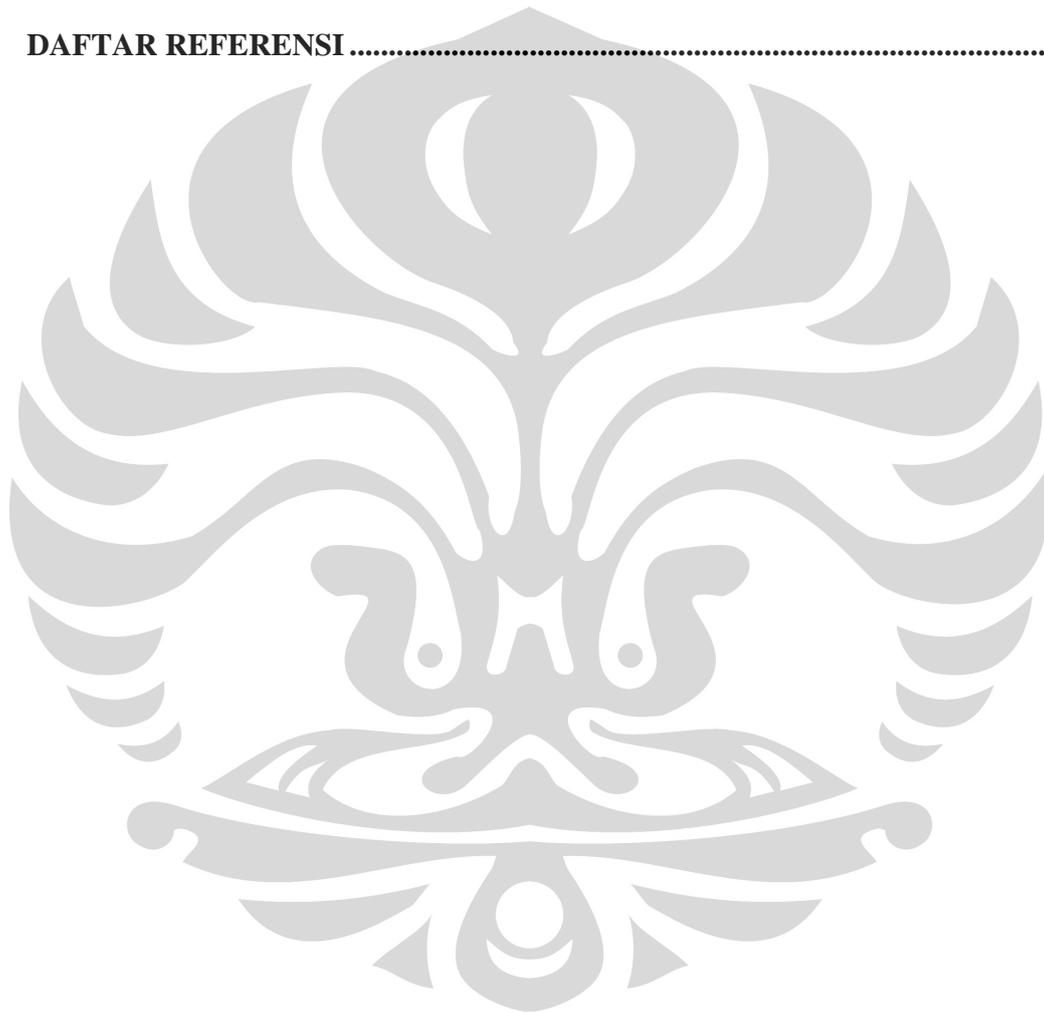
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR PERSAMAAN.....	xvi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Diagram Keterkaitan Masalah.....	3
1.3 Perumusan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	8
2. DASAR TEORI.....	10
2.1 Ergonomi.....	10
2.1.1 Pengertian Ergonomi.....	10
2.1.2 Ergonomi dan Desain Produk.....	11
2.2 Antropometri.....	14
2.2.1 Definisi Antropometri.....	14
2.2.2 Variabilitas Manusia.....	18
2.2.3 Tipe Data Antropometri.....	20

2.2.4	Aplikasi Distribusi Normal dalam Data Antropometri	21
2.3	Kelelahan (<i>Fatigue</i>)	24
2.3.1	Pengertian Kelelahan (<i>Fatigue</i>)	24
2.3.2	Penyebab Kelelahan dalam Berkendara.....	25
2.3.3	Efek dari Kelelahan dalam Berkendara.....	25
2.4	Permodelan dan Simulasi.....	26
2.4.1	Permodelan.....	26
2.4.2	Simulasi.....	28
2.5	<i>Virtual Environment</i>	30
2.6	<i>Software Jack 6.1</i>	31
2.6.1	Pendahuluan	31
2.6.2	<i>Jack Task Analysis Toolkit</i>	33
2.7	Metode <i>Posture Evaluation Index (PEI)</i>	34
2.7.1	Fase Pertama : Analisis Terhadap Lingkungan Kerja.....	35
2.7.2	Fase Kedua : Analisis Keterjangkauan dan Aksesibilitas	35
2.7.3	Fase Ketiga : <i>Static Strength Prediction</i>	36
2.7.4	Fase Keempat : <i>Low Back Analysis</i>	36
2.7.5	Fase Kelima : <i>Ovako Working Analysis (OWAS)</i>	37
2.7.6	Fase Keenam : <i>Rapid Upper Limb Assessment</i>	38.....
2.7.7	Fase Ketujuh : <i>Posture Evaluation Index (PEI) Evaluation</i>	40
2.8	Sepeda Motor	41
2.8.1	Sejarah Sepeda Motor	41
2.8.2	Sekilas Mengenai Motor Bebek.....	42
3.	PENGUMPULAN DATA.....	43
3.1	Pengumpulan Data	43
3.1.1	Karakteristik Perilaku Pengendara Motor.....	43
3.1.2	Spesifikasi Sepeda Motor.....	44
3.1.3	Data Antropometri	46
3.1.3.1	Segmentasi	46
3.1.3.2	Dimensi Antropometri.....	46

3.1.3.3 Data Antropometri.....	47
3.1.4 Data Lintasan	49
3.2 Perancangan Model.....	49
3.2.1 Membuat Lingkungan Virtual (<i>Virtual Environment</i>)	49
3.2.2 Membuat <i>Virtual Human</i>	51
3.2.3 Memposisikan <i>Virtual Human</i> ke dalam <i>Virtual Environment</i>	53
3.2.4 Memberikan Gaya / Beban Tambahan pada <i>Virtual Human</i>	54
3.2.5 Membuat Rangkaian Animasi.....	55
3.2.6 Menganalisis Performa <i>Virtual Human</i>	55
3.2.7 Melakukan Perhitungan PEI (<i>Posture Evaluation Index</i>).....	56
3.3 Perancangan Konfigurasi Model.....	57
3.4 Verifikasi dan Validasi Model	59
4. ANALISIS.....	60
4.1 Analisis Desain Aktual	60
4.1.1 Hasil <i>Static Strength Prediction</i> (SSP)	60
4.1.2 Hasil <i>Lower Back Analysis</i> (LBA).....	61
4.1.3 Hasil <i>Ovako Working Analysis</i> (OWAS)	62
4.1.4 Hasil <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> (RULA).....	64
4.1.5 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi (Desain Aktual).....	66
4.2 Analisa Konfigurasi Redesain Sepeda Motor	67
4.2.1 Analisis Konfigurasi 2	67
4.2.2 Analisis Konfigurasi 3	69
4.2.3 Analisis Konfigurasi 4	70
4.2.4 Analisis Konfigurasi 5	71
4.2.5 Analisis Konfigurasi 6	73
4.2.6 Analisis Konfigurasi 7	74
4.2.7 Analisis Konfigurasi 8	75
4.2.8 Analisis Konfigurasi 9	77
4.2.9 Analisis Konfigurasi 10	79
4.2.10 Analisis Konfigurasi 11	80.....

4.2.11 Analisis Konfigurasi 12	82
4.3 Analisis Perbandingan Nilai PEI Seluruh Konfigurasi	83
5. KESIMPULAN DAN SARAN	89
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	91
DAFTAR REFERENSI	92



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah	4
Gambar 1.2	Diagram alir metodologi penelitian	7
Gambar 2.1	Peranan Konsep Ergonomi dalam Pengembangan Desain Produk	13
Gambar 2.2	Skema <i>Design Management</i>	14
Gambar 2.3	Perbedaan Tinggi Tubuh Manusia Dalam Posisi Tegak Untuk Berbagai Suku	19
Gambar 2.4	Variabel – variabel Umum Pada data Antropometri Struktural	20
Gambar 2.5	Distribusi Normal pada Variabel Antropometri	21
Gambar 2.6	Faktor – faktor yang Berkontribusi pada Kelelahan Pengendara	25
Gambar 2.7	Diagram Alir Metode PEI	35
Gambar 2.8	Pengelempokkan Tubuh Metode RULA	39
Gambar 2.9	“Reitwagen” Motor Pertama di Dunia	42
Gambar 3.1	Contoh Postur Pengendara Motor	44
Gambar 3.2	Rekapitulasi Hasil Kuesioner Waktu Mengendara	44
Gambar 3.3	Rekapitulasi Hasil Kuesioner Berat Barang Bawaan Pengendara	44
Gambar 3.4	Spesifikasi Sepeda Motor Bebek	45
Gambar 3.5	Dimensi Antropometri Tubuh yang Diukur	47
Gambar 3.6	Hasil Uji Normalitas Berat Badan Responden	47
Gambar 3.7	Hasil Uji Normalitas Tinggi Badan Responden	48
Gambar 3.8	<i>Pie Chart</i> Data Lintasan	49
Gambar 3.9	Model Sepeda Motor Bebek	50
Gambar 3.10	<i>Virtual Environment</i> dalam <i>Software Jack 6.1</i>	51
Gambar 3.11	Tampilan Menu <i>Build Human</i> pada <i>Software Jack 6.1</i>	51
Gambar 3.12	Tampilan Menu <i>Advanced Scaling</i> pada <i>Software Jack 6.1</i>	52
Gambar 3.13	Tampilan Menu <i>Human Control</i>	53
Gambar 3.14	Penyesuaian Postur pada <i>Virtual Human</i>	53
Gambar 3.15	Penambahan Gaya Luar pada Model	54

Gambar 3.16	Tampilan Kotak Dialog pada <i>Animation System</i>	55
Gambar 3.17	Tampilan TAT saat Simulasi Dijalankan	56
Gambar 4.1	Desain Aktual Sepeda Motor Bebek	60
Gambar 4.2	Titik Ekstrem pada Kondisi Aktual.....	61
Gambar 4.3	Analisis LBA Desain Aktual Lintasan Rata.....	62
Gambar 4.4	Analisis LBA Desain Aktual Lintasan Berpolisi Tidur.....	62
Gambar 4.5	Hasil OWAS Desain Aktual di lintasan rata	63
Gambar 4.6	Hasil OWAS desain aktual di lintasan berpolisi tidur.....	63
Gambar 4.7	Nilai RULA desain aktual	64
Gambar 4.8	<i>Task Entry</i> RULA pada <i>software</i> Jack 6.1	66
Gambar 4.9	Desain Sepeda motor konfigurasi 2.....	67
Gambar 4.10	Desain sepeda motor konfigurasi 3	69
Gambar 4.11	Desain sepeda motor konfigurasi 4	70
Gambar 4.12	Desain sepeda motor konfigurasi 5	71
Gambar 4.13	Desain Sepeda motor konfigurasi 6.....	73
Gambar 4.14	Desain sepeda motor konfigurasi 7	74
Gambar 4.15	Desain sepeda motor konfigurasi 8	76
Gambar 4.16	Desain sepeda motor konfigurasi 9	77
Gambar 4.17	Desain Sepeda motor konfigurasi 10.....	79
Gambar 4.18	Desain sepeda motor konfigurasi 11	80
Gambar 4.19	Desain sepeda motor konfigurasi 12	82
Gambar 4.20	Grafik rekapitulasi nilai RULA seluruh konfigurasi	85
Gambar 4.21	Grafik LBA tiap konfigurasi	86
Gambar 4.22	Grafik perbandingan nilai PEI seluruh konfigurasi terhadap desain aktual	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Definisi <i>Human Factors</i> dan Ergonomi	10
Tabel 2.2	Struktur Kategori Terminologi Ergonomi.....	11
Tabel 2.3	Daftar Variabel Antropometri ISO.....	15
Tabel 2.4	Perhitungan Persentil.....	22
Tabel 2.5	Efek dari <i>Fatigue Rider</i>	26
Tabel 2.6	Pembobotan Nilai pada OWAS.....	38
Tabel 2.7	Deskripsi Kode OWAS	38
Tabel 2.8	Bobot Nilai Dalam RULA.....	39
Tabel 3.1	Spesifikasi Sepeda Motor Bebek.....	45
Tabel 3.2	Dimensi Antropometri Setiap Persentil.....	48
Tabel 3.3	Diagram Kapabilitas Hasil Analisis SSP	57
Tabel 3.4	Rekapitulasi Nilai LBA, OWAS dan RULA Konfigurasi 1	57
Tabel 3.5	Konfigurasi Model yang Akan Dibuat.....	58
Tabel 4.1	Rekapitulasi PEI Konfigurasi 1 (Desain Aktual)	67
Tabel 4.2	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 2.....	68
Tabel 4.3	Rekapitulasi Perhitungan PEI konfigurasi 3	70
Tabel 4.4	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 4.....	71
Tabel 4.5	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 5.....	72
Tabel 4.6	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 6.....	74
Tabel 4.7	Rekapitulasi Perhitungan PEI konfigurasi 7	75
Tabel 4.8	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 8.....	77
Tabel 4.9	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 9.....	78
Tabel 4.10	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 10.....	80
Tabel 4.11	Rekapitulasi Perhitungan PEI konfigurasi 11	81
Tabel 4.12	Rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 12.....	83
Tabel 4.13	Rekapitulasi nilai RULA seluruh konfigurasi.....	84

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Persamaan NIOSH	37
Persamaan 2.2 Persamaan PEI	40



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, sepeda motor makin diminati oleh masyarakat. Harganya yang murah, bahan bakarnya yang irit, biaya perawatan dan operasionalnya yang hemat, dan fungsinya yang semakin diperlukan sebagai transportasi alternatif baik di kota dan di pedesaan, mengantarkan sepeda motor sebagai primadona dalam transportasi di dalam dan luar negeri. Di Indonesia, menurut data penjualan sepeda motor, jumlah sepeda motor yang ada mencapai sekitar 5,7 juta unit pada tahun 2009, atau hanya berkurang sekitar 6% dari penjualan tahun 2008 lalu¹.

Tetapi, ironisnya, Polda Metro mencatat angka kecelakaan kendaraan bermotor dari tahun ke tahun terus meningkat, hampir 1000 kasus per tahunnya di Jakarta. Tercatat di tahun 2007, angka kecelakaan motor mencapai 4,933 kasus, tahun 2008 sebanyak 5,898 kasus, dan tahun 2009 sebanyak 6,608 kasus², atau secara nasional AISI (Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia) mencatat bahwa hingga akhir 2008, persentase kecelakaan motor adalah sebesar 67% dari jumlah motor yang beredar, dengan kata lain setengah pengguna motor di Indonesia sudah pasti pernah mengalami kecelakaan serius dan banyak juga yang menjadi korban hingga meninggal³.

Seorang pengendara sepeda motor membutuhkan konsentrasi yang lebih dalam berkendara dibandingkan pengendara mobil selain itu pengendara motor juga lebih mudah merasa lelah, dan faktor kelelahan ini disebut-sebut sebagai salah satu faktor penyebab terjadinya kecelakaan. New South Wales (NSW) Road Traffic Authority (RTA) mencatat bahwa 5,4% dari korban kecelakaan motor adalah pengendara yang lelah, dimana angka 5,4% tersebut adalah persentase

¹ www.tvone.co.id; Penjualan Sepeda Motor 2009 Turun 6%; Minggu, 13 Desember 2009 14:07 WIB

² www.detiknews.com; Kecelakaan Motor Di Jskarta Meningkat 1,000 Kasus Per Tahun; Minggu, 20 Desember 2009 11:14 WIB; E Mei Amelia Rei

³ www.stephenlangitan.com; Panel Diskusi Soal Pemudik Sepeda Motor dan Safety Riding; 17 September 2009; Stephen Langitan

yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan pengendara lain (selain motor) yang terlibat dalam kecelakaan dikarenakan faktor pengendara yang lelah⁴. Data kecelakaan tersebut menyoroti fakta bahwa *fatigue* lebih membahayakan keselamatan pengendara motor dibanding pengendara kendaraan yang lain.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prof. Narelle Haworth & Peter Rowden (2006) terdapat beberapa faktor yang potensial berkontribusi pada kelelahan yang dialami pengendara motor, salah satu dari faktor-faktor tersebut adalah faktor kendaraan. Faktor kendaraan tersebut meliputi vibrasi dan kebisingan dari mesin sepeda motor yang secara langsung berkontribusi pada *fatigue*, selain itu Prof. Narelle Haworth & Peter Rowden juga menyebutkan bahwa *physical demand* lain seperti postur dan *vehicle control* juga ikut berdampak, sama halnya dengan *cognitive demands* yang berhubungan dengan *vehicle operation* yang juga ikut berkontribusi. Hal ini diperkuat dengan pernyataan dari dr. Aviandy Sukarto, Msc. SpKP, ahli kedokteran komunitas. Beliau mengatakan “Saat manusia duduk, beban maksimal lebih berat 6 – 7 kali dari berdiri. Tulang atlas yang menyangga tengkorak mengalami beban terberat. Jika *riding – position* nya salah, bagian tulang belakang yakni vertebra lumbal 2-3 (mendekati tulang pinggul) akan terserang nyeri punggung bawah. Jika salah terus, berulang-ulang apalagi ditambah getaran kontinu akan timbul radang (artrosis lumbalis) lalu pengapuran tulang belakang dan terjepitnya syaraf tulang belakang. Jika sudah parah akan terjadi fraktur atau patah.”

Sayangnya di Indonesia, fakta-fakta tersebut belum diikuti dengan penelitian-penelitian ilmiah dan *improvement – improvement* terkait. Hal inilah yang kemudian melatarbelakangi perlunya dilakukan penelitian terhadap desain sepeda motor, khususnya tipe bebek.

Ergonomi adalah suatu ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan lingkungan dan alat kerja yang dipakai sehingga dapat berperan untuk menyelesaikan masalah ketidakserasian manusia dengan peralatan yang dipakai⁵. Analisis aspek ergonomis yang akan dilakukan terhadap sepeda motor tersebut mempertimbangkan tiga komponen penting dalam desain sepeda motor yang

⁴ The New South Wales (NSW) Road Traffic Authority (RTA) Traffic Accident Database, 1996 - 2001

⁵ Bridger.R.S,IntroductiontoErgonomics,McGrawHill,Singapore,2003,p.1.

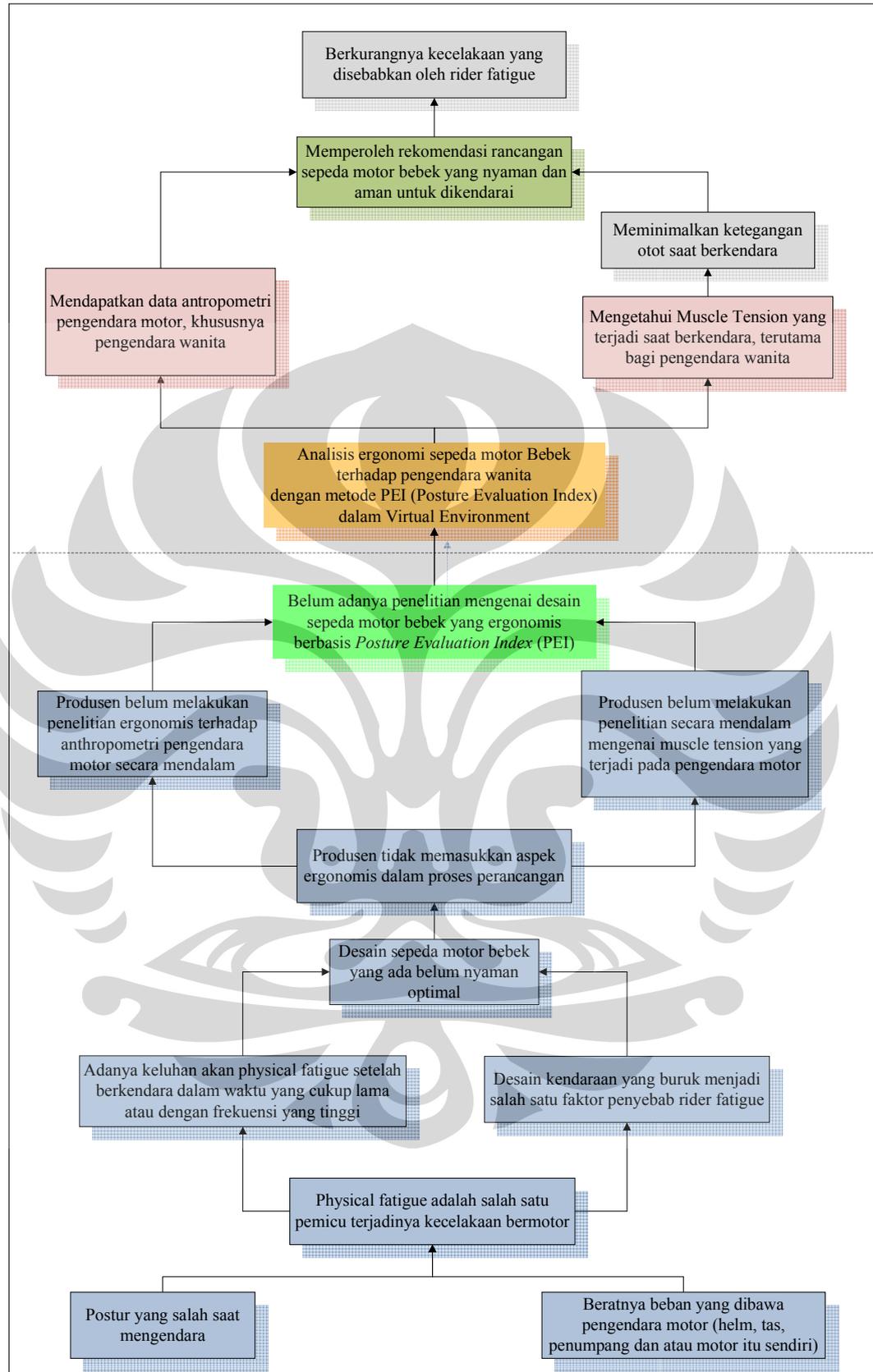
berhubungan erat dengan pengendaranya, yaitu jok (*seat*), pedal, dan stang (*handlebar*).

Analisis ergonomi dilakukan dengan menggunakan bantuan software Jack 6.1. Software ini dirancang khusus untuk memodelkan dan mensimulasikan interaksi manusia dengan lingkungan dan alat kerja yang dipakai. Software ini dilengkapi dengan Task Analysis Toolkit yang dapat menganalisis aspek ergonomic model yang telah dibuat ketika simulasi dijalankan. Hasil analisis yang dikeluarkan dari Task Analysis Toolkit dapat dijadikan bahan evaluasi untuk lingkungan atau alat kerja yang dimodelkan. Pada penelitian ini, metode evaluasi yang akan digunakan adalah metode *Posture Evaluation Index* (PEI) yang dikembangkan oleh Francesco Caputo, Prof., Giuseppe Di Gironimo, Ph.D. dan Adelaide Marzano, Ing. dari University of Naples Frederico II, Italia. Metode ini bertujuan untuk mengkalkulasi tingkat kenyamanan postur manusia yang dimodelkan dalam software Jack 6.1 berdasarkan hasil yang dikeluarkan oleh Task Analysis Toolkits.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis ketegangan otot/syaraf (*muscle tension*) yang dialami oleh seseorang saat mengendarai sepeda motor pada berbagai kondisi jalan yang ada, yaitu jalan datar dan banyak polisi tidur. Ketegangan otot/syaraf (*muscle tension*) memiliki kaitan dengan kenyamanan seseorang saat mengendarai sepeda motor dan dapat menunjukkan apakah desain sepeda motor yang ada sudah ergonomis bagi penggunaannya atau belum sehingga nyaman dan aman dikendarai dengan mensimulasikan proses mengendara tersebut kedalam *software* Jack 6.1.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih utuh dan menyeluruh terhadap masing-masing masalah dan keterkaitan yang muncul di antaranya, maka digunakan diagram keterkaitan seperti terlihat pada **gambar 1.1** berikut..



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas maka pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah belum adanya penelitian mengenai desain sepeda motor bebek terhadap pengendara wanita khususnya yang berbasis *Posture Evaluation Index (PEI)* sehingga perlu dilakukan analisis terkait.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan hasil berupa rekomendasi rancangan sepeda motor yang telah memenuhi standar ergonomi sehingga dapat nyaman dan aman saat dikendarai.

1.5 Batasan Masalah

1. Objek penelitian adalah sepeda motor bebek merk Honda Supra X,
2. Pengukuran antropometri dilakukan pada pengendara wanita kelompok umur 17 hingga 24 tahun.
3. Lintasan sepeda motor yang dipilih adalah lintasan yang rata dan banyak polisi tidur.
4. Penelitian menggunakan *tools* dari *Software Jack 6.1* yang baru dikembangkan oleh Departemen Teknik Industri,
5. Penelitian ini hanya meninjau dari aspek antropometri.

1.6 Metodologi Penelitian

Untuk mencapai tujuan dari penelitian, maka keseluruhan kegiatan penelitian dirancang untuk mengikuti diagram alir seperti tampak pada **Gambar 1.2.** Secara umum metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Pendahuluan
 - a. Persiapan dan koordinasi riset
 - b. Identifikasi kebutuhan objektif

2. Tahap Dasar Teori

Pada tahap ini penulis mulai menentukan dan kemudian mengumpulkan bahan-bahan mengenai dasar teori yang dibutuhkan

3. Tahap Persiapan Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan identifikasi variabel dan data penelitian yang diperlukan, kemudian melakukan perancangan sistem pengambilan data

4. Tahap Pengumpulan Data

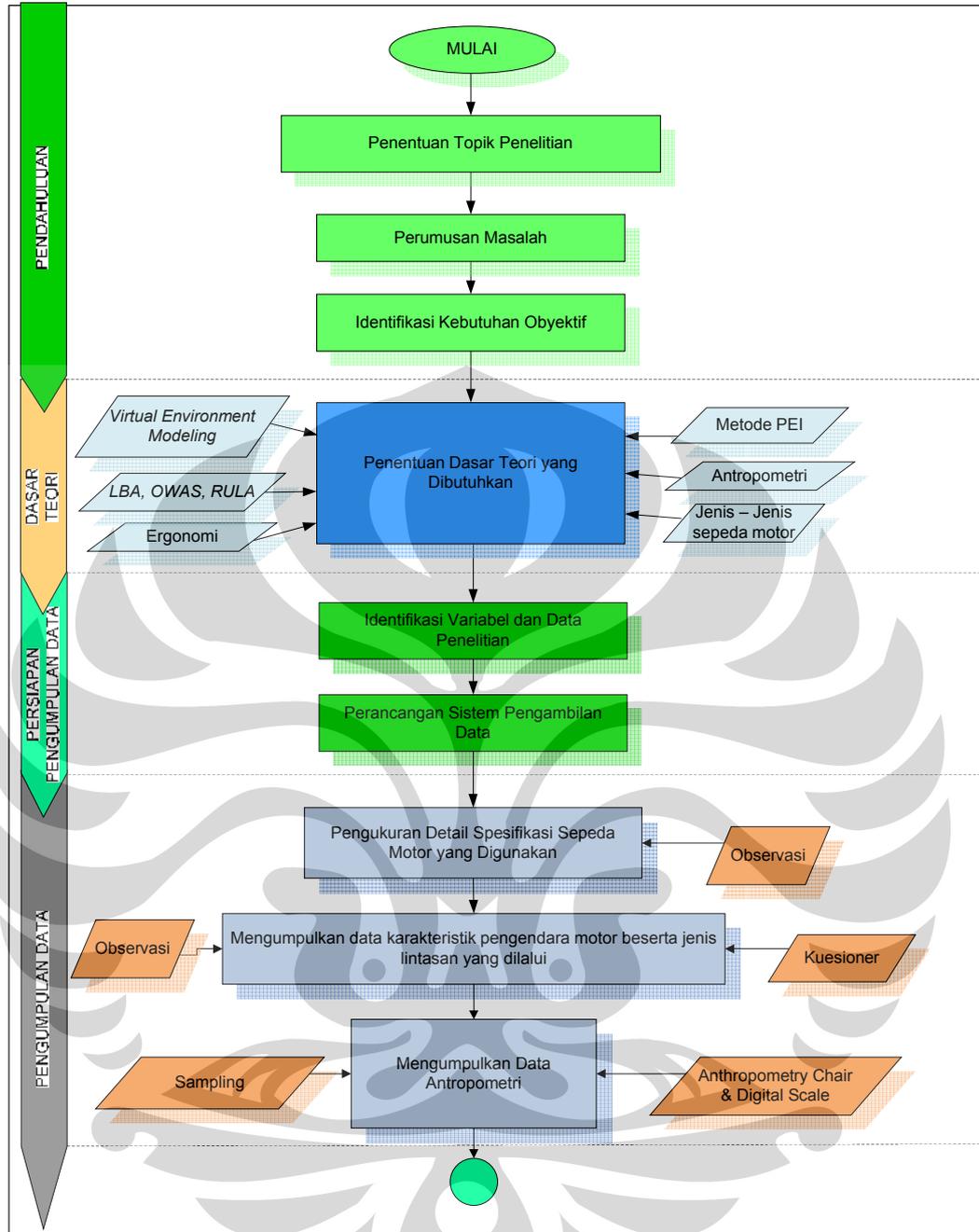
Pada tahap ini dilakukan pengukuran spesifikasi standar sepeda motor yang digunakan, kemudian mencari data mengenai kondisi jalan yang sering dilewati pengendara motor, mengumpulkan data mengenai karakteristik pengendara motor dan mengumpulkan data antropometri mahasiswa UI sebagai pengguna sepeda motor.

5. Tahap Pengolahan dan Analisis Data

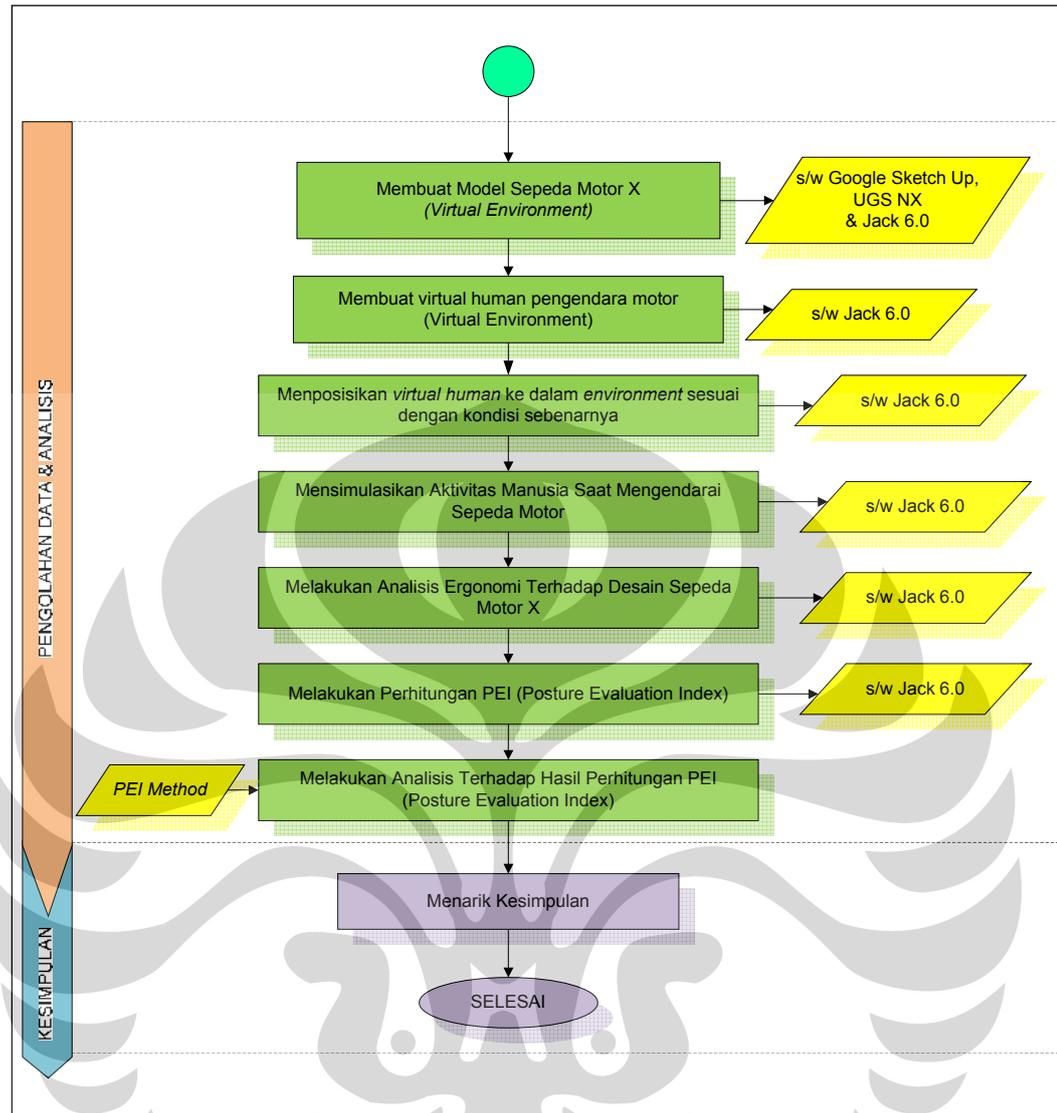
- a. Membuat model sepeda motor dengan *software* Jack 6.1,
- b. Membuat *virtual human* pengendara,
- c. Memosisikan *virtual human* ke dalam environment sesuai dengan postur dan kondisi nyata,
- d. Mensimulasikan aktivitas manusia saat mengendarai sepeda motor dengan menggunakan *software* Jack 6.1
- e. Melakukan analisis ergonomi terhadap desain sepeda motor X dengan bantuan Jack 6.1
- f. Melakukan perhitungan PEI
- g. Menganalisa perhitungan PEI

6. Tahap Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dibuat maka akan didapat kesimpulan berupa desain sepeda motor yang nyaman dan ergonomis sehingga dapat meningkatkan kenyamanan pengendara dan membantu mungurangi fatigue yang dialami pengendara.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian (lanjutan)

1.7 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan ini dilakukan dengan mengikuti aturan sistematika penulisan yang baku sehingga memudahkan dalam proses penyusunannya. Laporan ini terdiri dari 5 bab dengan rincian sebagai berikut:

Bab 1 adalah bab pendahuluan. Bab ini berisikan tentang latar belakang, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab 2 adalah bab tinjauan pustaka. Bab ini berisikan penjelasan mengenai teori-teori ergonomi, antropometri, *virtual environment*, *software* Jack TM,

metode *Static Strength Prediction*, metode *Low Back Analysis*, metode *Ovako Working Posture Analysis*, metode *Rapid Upper Limb Assessment*, dan metode *posture evaluation index* (PEI) serta mengenai jenis – jenis sepeda motor yang ada di Indonesia.

Bab 3 adalah bab metode penelitian. Data-data yang dikumpulkan terdiri dari karakteristik perilaku pengendara motor, data spesifikasi sepeda motor, data mengenai jenis lintasan yang sering dilalui pengendara, dan data antropometri pengendara. Bab ini juga memuat daftar konfigurasi spesifikasi sepeda motor yang akan disimulasikan pada *software* Jack ini. Pada bagian akhir bab3 ini, akan dijelaskan alur pembuatan modelnya secara lengkap, proses verifikasi dan validasi model dan kemudian nilai PEI dari model tersebut dihitung untuk mendapatkan gambaran kualitas ergonomi dari konfigurasi tersebut.

Bab 4 adalah bab analisis. Pada bab ini, keduabelas buah model konfigurasi dianalisis. Kemudian, variabel yang diteliti akan dianalisis pengaruhnya terhadap nilai PEI. Pada bagian akhir bab ini, konfigurasi-konfigurasi yang paling optimal ditetapkan. Berdasarkan analisis tersebut, maka kesimpulan akhir dapat ditarik dan saran-saran dapat diberikan. Kesimpulan dan saran tersebut kemudian dipaparkan pada Bab 5.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Ergonomi

2.1.1 Pengertian Ergonomi

Istilah ergonomi seringkali diidentikkan dengan istilah *human factors*. Banyak pakar profesional yang berpendapat bahwa istilah *human factors* merupakan sinonim dari ergonomi. Namun ada pula beberapa pendapat yang mencoba membedakan definisi di antara keduanya. **Tabel 2.1** dibawah ini menyebutkan beberapa definisi lain mengenai *human factors* dan ergonomi.

Tabel 2.1 Definisi *Human Factors* dan Ergonomi

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

Sumber: Dempsey, P.G., Wolgalter, M.S., and Hancock, P.A., 2000

Tetapi diluar semua pendapat tersebut, ergonomi memiliki satu tujuan utama yaitu desain (chapanis, 1995). Dengan demikian ergonomi merupakan ilmu yang berbeda dari kebanyakan badan ilmu yang digunakan untuk mendukung HFE (*Human Factors Ergonomics*), seperti antropologi, *cognitive science*, psikologi, sosiologi, dan *medical science*, dimana tujuan utama badan-

badan ilmu tersebut adalah untuk memahami dan membuat model dari perilaku manusia – bukan untuk mendesain.

Pendekatan lain untuk memudahkan dalam memahami terminologi ergonomi bisa dilihat pada **tabel 2.2** di bawah ini. Pendekatan ini dilakukan dengan cara mengkategorikan struktur sederhana yang menjelaskan tentang ergonomi ke dalam bentuk *who, what, how, when/where, dan goal*.

Tabel 2.2 Struktur Kategori Terminologi Ergonomi

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

Sumber: Karwowski, 2003

2.1.2 Ergonomi dan Desain Produk

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.

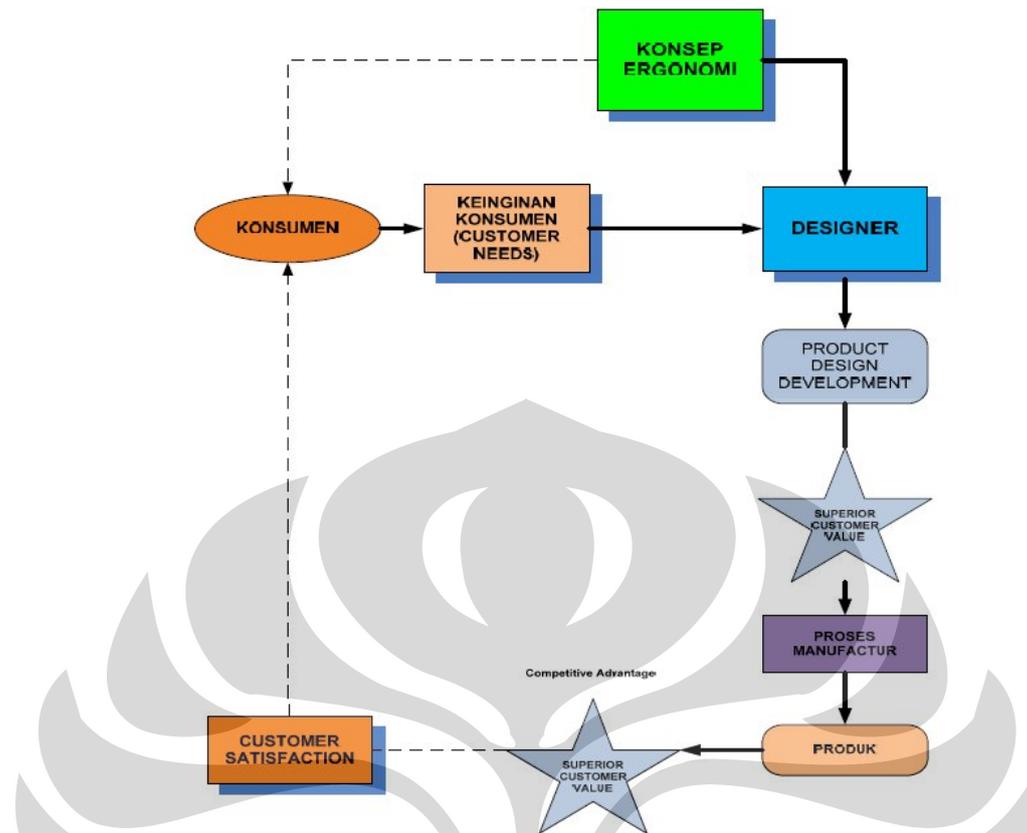
Dalam menciptakan suatu desain produk yang sesuai dengan keinginan konsumen, banyak kendala dan hambatan (*constrains*) yang dihadapi, seperti bervariasinya keinginan konsumen, belum tersedianya teknologi (kalaupun ada masih relatif mahal), persaingan yang ketat antar perusahaan, dan sebagainya. Terlepas dari kendala tersebut, sebagai kunci keberhasilan yaitu seorang desainer harus menetapkan bahwa konsep ergonomi harus dijadikan sebagai kerangka dasar dalam pengembangan desain produk, sedangkan atribut dan karakteristik lainnya dapat mengikuti sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan yang ada.

Dalam aplikasi ergonomi, secara ideal kita dapat menerapkan “*to fit the job to the man*” dalam perancangan sistem kerja begitu juga dalam pengembangan desain produk (Bridger, 1995; Kroemer, 2001; 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 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.

Dengan demikian, konsep ergonomi harus dijadikan sebagai kerangka dasar dalam pengembangan desain produk sehingga diharapkan hasil desain dan produknya memiliki nilai tambah yang dapat meningkatkan manfaat (*tangible & intangible benefits*) yang akan dirasakan oleh konsumen serta sekaligus dapat memenuhi harapannya sehingga dapat memberikan kepuasan bagi pemakainya. Sebagaimana dijelaskan oleh Kotler & Amstrong (2004) bahwa “*consumers make choice based on their perceptions of the value and satisfaction. Customer satisfaction is a key influence on future buying behavior*”, konsumen akan membuat suatu pilihan yang didasarkan pada persepsinya terhadap nilai dan kepuasan, dimana kepuasan konsumen merupakan suatu pengaruh kunci terhadap perilaku pembelian masa depan. Untuk memperjelas pemahaman di atas, maka dapat dilihat pada **gambar 2.1** berikut¹

¹ Syafei, Yani Ir, MT (2007). *Aplikasi Konsep Ergonomi dalam Pengembangan Desain Produk Akan Memberikan Nilai Jual Produk yang Tinggi dan Keunggulan Bersaing*, Seminar Nasional-Ergonomics in Product Development

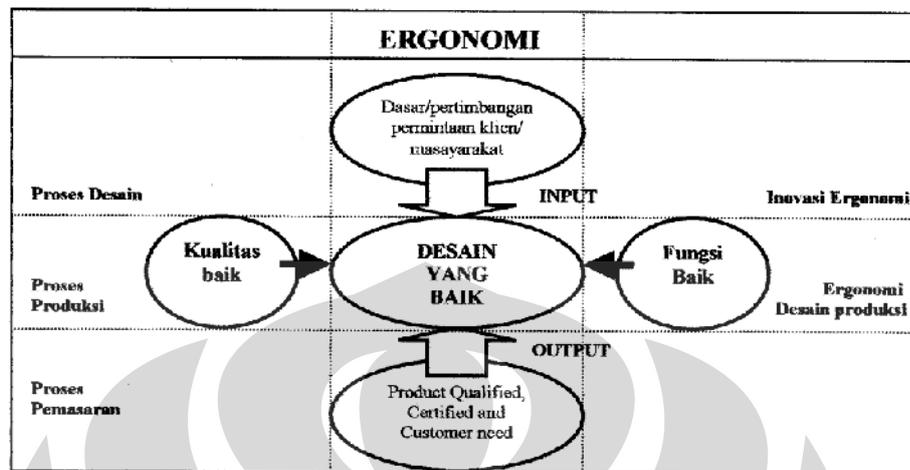


Gambar 2.1 Peranan Konsep Ergonomi dalam Pengembangan Desain Produk

Untuk menilai suatu hasil akhir dari produk sebagai kategori nilai desain yang baik biasanya ada tiga unsur yang mendasari, yaitu fungsional, estetika, dan ekonomi. Kriteria pemilihannya adalah *function and purpose*, *utility and economic*, *form and style*, *image and meaning*. Unsur fungsional dan estetika sering disebut *fit-form-function*, sedangkan unsur ekonomi lebih dipengaruhi oleh harga dan kemampuan daya beli masyarakat (Bagas, 2000). Desain yang baik berarti mempunyai kualitas fungsi yang baik, tergantung pada sasaran dan filosofi mendesain pada umumnya, bahwa sasaran berbeda menurut kebutuhan dan kepentingannya, serta upaya desain berorientasi pada hasil yang dicapai, dilaksanakan dan dikerjakan seoptimal mungkin.

Ergonomi merupakan salah satu dari persyaratan untuk mencapai desain yang *qualified*, *certified*, dan *customer need*. Ilmu ini akan menjadi suatu keterkaitan yang simultan dan menciptakan sinergi dalam pemunculan gagasan,

proses desain, dan desain final, seperti yang digambarkan pada gambar 2.2 berikut².



Gambar 2.2 Skema *Design Management*

Sumber : Bagas, 2000

2.2 Antropometri

2.2.1 Definisi Antropometri

Secara etimologis, istilah antropometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu *antropos* yang berarti manusia, dan *metron* yang berarti ukuran. Sehingga bisa dikatakan, antropometri adalah studi tentang ukuran tubuh manusia. Manusia mempunyai ukuran dan bentuk tubuh yang berbeda-beda. Ilmu teknik yang menggunakan informasi yang telah ada dan perkembangan informasi yang baru tentang ukuran tubuh manusia disebut ilmu antropometri.

Penelitian awal tentang ukuran tubuh manusia dilakukan pada akhir abad 14. Data antropometri yang agak lengkap dihasilkan pada awal tahun 1800. Tetapi banyak permasalahan yang muncul pada data – data antropometri tersebut, terutama di Amerika Serikat dan Eropa, seperti umur data yang tidak berlaku lama dan lemahnya standardisasi antar survey yang ada. Dikarenakan tidak semua peneliti mengukur dengan variable antropometri yang sama. *Internasional Standart Organization (ISO)* telah melakukan upaya untuk membuat standardisasi dari pengukuran antropometri, yaitu ISO DIS 7250, Technical Committee 159.

² Kusuma wardani, Laksmi (2003). Evaluasi Ergonomi dalam Perancangan Desain, <http://puslit.petra.ac.id/journals/interior>

Variabel – variabel antropometri yang terdapat pada ISO tersebut tersaji pada **Tabel 2.3** berikut.

Tabel 2.3 Daftar Variabel Antropometri ISO

NO	VARIABLE	METHOD OF MEASUREMENT
1	Body weight	Subject stands on weighing scale
2	Stature	Vertical distance to highest part of head. Subject stands erect, with feet together with heels, buttocks, shoulders, back of head touching a vertical surface
3	Eye height	Vertical distance floor to inner corner of eye. Subject stands as above
4	Shoulder height	Vertical distance from floor to acromium. Subject stands as above
5	Elbow height	Vertical distance from floor to lowest bony point of elbow. Upper arm hangs freely and elbow is flexed 90 degrees
6	Spina iliaca height	Height of anterior superior iliac spine above floor
7	Tibial height	Height of anterior head of tibia above floor
8	Sitting height (erect)	Distance of highest point of head to horizontal sitting surface. Subject sits against a vertical surface, thighs fully supported and lower legs hanging freely
9	Eye height (sitting)	As for standing but in the seated posture above
10	Shoulder height (sitting)	Vertical distance from horizontal sitting surface to acromion
11	Elbow height (sitting)	As for standing, but in the sitting position above.
12	Cervical height (sitting)	Vertical distance from seat surface to skin overlying tip of 7th cervical vertebra
13	Shoulder breadth	Distance between the acromions
14	Lower leg length	Vertical distance from floor to lowest part of thigh behind knee (90 degrees of knee flexion)
15	Knee height	Vertical distance from floor to upper surface of thigh (90 degrees of knee flexion)
16	Hand length	Distance from the tip of the middle finger to the most distal point of the styloid process of the radius with the hand outstretched
17	Hand breadth (at metacarpal)	Distance between the radial and ulnar metacarpals
18	Index finger length	Distance from tip of 2nd finger to the proximal skin furrow between the digits
19	Index finger breadth	Distance between the medial and lateral surfaces of the 2nd finger in the region of the joint between the proximal and medial phalanges (first knuckle)
20	Index finger breadth (distal)	As above but medial and distal phalanges

Tabel 2.3 Daftar Variabel Antropometri ISO (Sambungan)

NO	VARIABLE	METHOD OF MEASUREMENT
21	Foot length	Maximum distance from the back of the heel to the tip of the longest toe
22	Foot breadth	Maximum distance between the medial and lateral surfaces of the foot
23	Head length	Distance along a straight line from the glabella to the rearmost point of the skull
24	Head breadth	Maximum breadth of the head above the ears
25	Head circumference	Maximum circumference of the head over the glabella the rearmost point of the skull
26	Sagittal arc	The arc from the glabella to the inion (protrusion where the back of the head meets the neck in the mid-sagittal plane)
27	Bitracion arc	Arc from one tracion over the top of the head to the other
28	Face length	Distance between the sellion and the menton with the mouth closed
29	Forward reach	Maximum distance from a wall against which the subject presses the shoulder blades to the grip axis of the hand
30	Forearm–hand length	Distance from the back of the upper arm at the elbow to the grip axis of the hand (90 degrees of elbow flexion)
31	Fist height	Vertical distance from the floor to the grip axis of the hand, with the arms hanging freely
32	Crotch height	Distance from the floor to the distal part of the pubis
33	Hip breadth (standing)	Maximum horizontal distance across the hips
34	Hip breadth (sitting)	As above
35	Elbow to elbow breadth	Maximum distance between the lateral surfaces of the ebows
36	Waist circumference	Trunk circumference in the region of the umbilicus
37	Body depth (sitting)	Horizontal distance from the rear of the knee to the back of the buttock
38	Buttock–knee length	Horizontal distance from the front of the kneecap to the rearmost part of the buttock
39	Wrist circumference	The circumference of the wrist between the styloid process and the hand, with the hand outstretched

Sumber: Bridger, 2003

Data antropometri sendiri pertama kali digunakan pada abad 19 dalam dunia kriminalitas, yang digunakan untuk mengidentifikasi narapidana berdasarkan karakteristik wajah. Pada awal abad 20, data antropometri telah digunakan secara ekstensif oleh ahli antropologi di US dan Eropa dimana salah satu tujuan utamanya adalah mencoba mendiferensiasikan perbedaan antar ras

pada manusia, dan sering digunakan untuk mengetahui ras mana yang “inferior” dari ras lainnya. Tetapi seiring perkembangan jaman, antropometri dipelajari untuk berbagai macam tujuan. Bagi akademisi, data antropometri digunakan untuk meneliti *the evolutionary significance* dari perbedaan – perbedaan ukuran tubuh dalam suatu populasi yang memiliki leluhur yang tinggal di lingkungan yang berbeda – beda sedangkan bagi non- akademisi, data antropometri digunakan untuk menentukan rentang ukuran baju atau *item* lainnya yang ingin diproduksi.

Pengertian antropometri menurut Stevenson (1989) dan Eko Nurmiyanto (1991) adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi-dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang dirancang dan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut. Maka perancangan produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi terbesar yang akan menggunakan produk hasil rancangan tersebut.

Secara umum sekurang-kurangnya 90% - 95% dari populasi yang menjadi target dalam kelompok pemakai suatu produk haruslah mampu menggunakannya dengan selayaknya. Pada dasarnya peralatan kerja yang dibuat dengan mengambil referensi dimensi tubuh tertentu jarang sekali bisa mengakomodasi seluruh range ukuran tubuh dari populasi yang akan memakainya.

Untuk dapat mengakomodasi seluruh range ukuran tubuh populasi, haruslah diadakan suatu survey antropometri tetapi sayangnya survey dalam skala besar tersebut menghabiskan waktu dan biaya. Ada sebuah metode alternatif yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah tersebut yaitu dengan mengerjakan survey khusus untuk memperoleh dimensi pokok. Dimensi pokok tersebut akan menghasilkan dimensi lain dengan menggunakan prosedur statistik. Biasanya metode ini tidak dapat menghasilkan data yang akurat, akan tetapi metode ini akan menjadi cukup akurat untuk beberapa pelaksanaan praktek tertentu. Aplikasi utama dari penerapan data antropometri adalah :

- Desain lingkup kerja
- Desain lingkungan

- Desain peralatan, perlengkapan mesin
- Desain produk konsumen

2.2.2 Variabilitas Manusia

Manusia mempunyai ukuran-ukuran tubuh yang berbeda-beda. Perbedaan etnis, suku dan bangsa mempunyai ciri-ciri psikologi yang membuat mereka berbeda-beda satu sama lain. Perbedaan bahkan muncul dalam kelompok yang sama dikarenakan karakteristik dari gen yang dimiliki.

Perbedaan – perbedaan tersebut akan mempengaruhi dimensi tubuh. Para perancang harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dan menyesuaikan rancangan dengan faktor tersebut. Faktor-faktor yang paling penting adalah :

1. Usia

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

2. Jenis kelamin

Secara distribusi statistik ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan yang signifikan diantara rata-rata dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan begitu saja. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya dari pada wanita kecuali didaerah pinggul dan paha. Lipatan kulit wanita juga lebih besar dari lipatan kulit pria. Oleh karenanya data antropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

3. Posisi Tubuh (*Posture*)

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

4. Cacat Tubuh

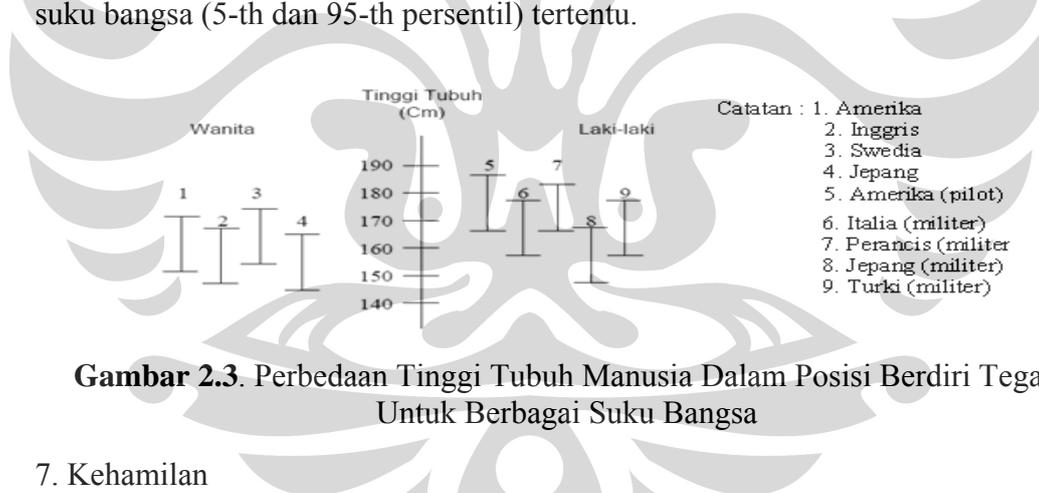
Data antropometri akan diperlukan untuk perancangan produk bagi orang-orang cacat (kursi roda, kaki/tangan palsu, dan lain-lain).

5. Tebal/Tipisnya Pakaian

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

6. Suku bangsa

Suku / bangsa (*ethnic*). Setiap suku, bangsa ataupun kelompok etnik akan memiliki karakteristik fisik yang akan berbeda satu dengan yang lainnya. Gambar 2.2 berikut menunjukkan perbedaan dimensi ukuran (tinggi) dari berbagai macam suku bangsa (5-th dan 95-th persentil) tertentu.



7. Kehamilan

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

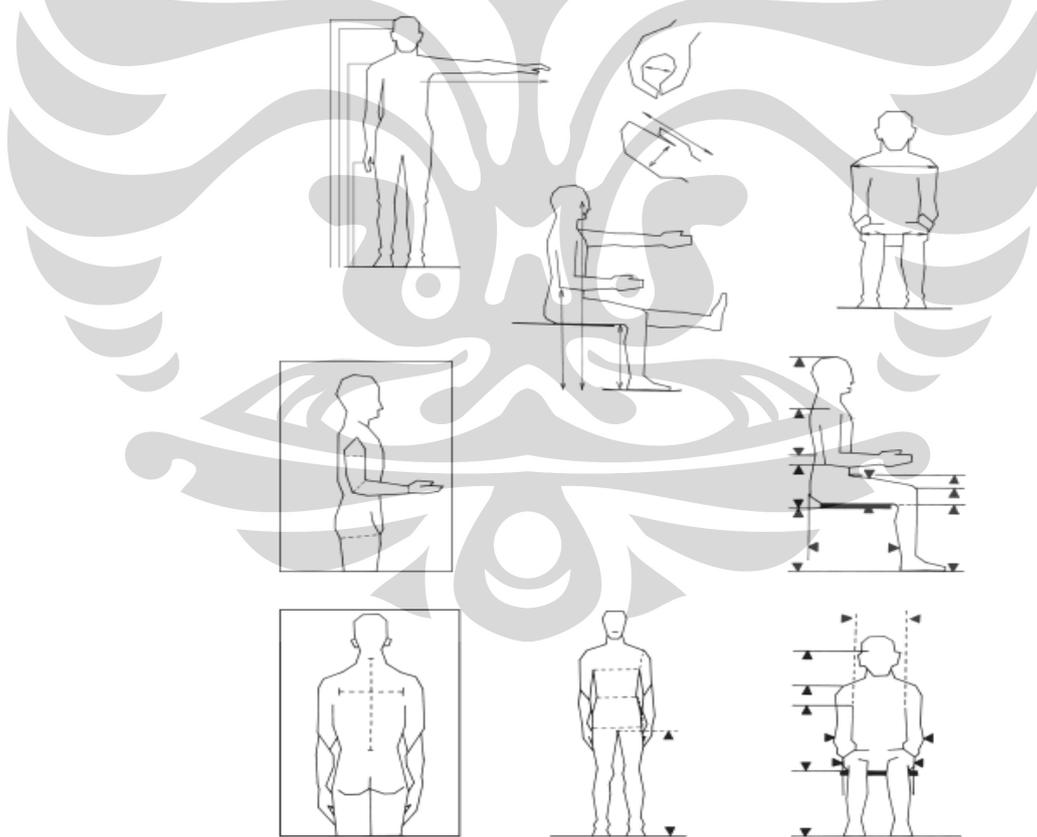
Akhirnya, sekalipun segmentasi dari populasi yang ingin dituju dari rancangan suatu produk selalu berhasil diidentifikasi sebaik-baiknya berdasarkan faktor-faktor seperti yang telah diuraikan; namun adanya variasi ukuran bukan tidak mungkin bisa tetap dijumpai. Permasalahan variasi ukuran

sebenarnya akan mudah diatasi dengan cara merancang produk (*adjustable*) dalam suatu rentang dimensi ukuran pemakaiannya.

2.2.3 Tipe Data Antropometri

Ada beberapa kategori data antropometri dalam kaitannya dengan posisi tubuh, yaitu :

1. Data antropometri structural (*structural anthropometric data*), yaitu pengukuran dimensi tubuh subjek dalam posisi static (*fixed position*). Dimensi tubuh yang diukur meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri maupun duduk, ukuran kepala, tinggi / panjang lutut saat berdiri / duduk, panjang lengan, dan variabel – variabel lain yang akan ditampilkan pada **Gambar 2.4**. Data pengukuran tipe ini digunakan untuk merinci dimensi dan tingkat pengaturan perabotan (*furniture*) dan untuk menentukan tingkat ukuran yang akan dipakai dalam membuat baju.



Gambar 2.4 Beberapa Variabel umum pada Data Antropometri Struktural

2. Data antropometri fungsional, yaitu pengukuran yang dilakukan pada saat tubuh sedang melakukan gerakan – gerakan tertentu yang berkaitan

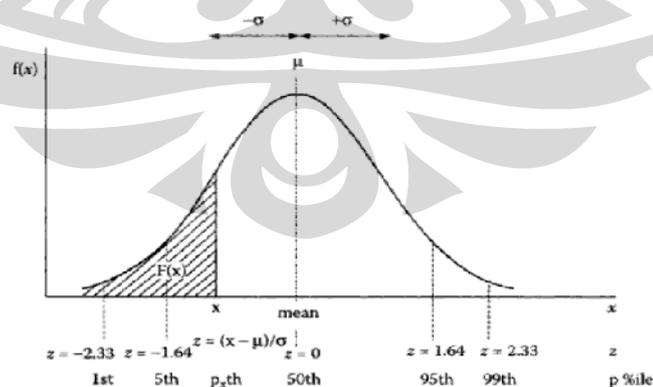
dengan kegiatan yang harus diselesaikan. Cara pengukuran seperti ini akan menghasilkan data “*dynamic anthropometry*”. Data ini akan banyak diaplikasikan dalam proses perancangan fasilitas maupun ruangan kerja. Sebagai contoh perancangan kursi mobil dimana posisi tubuh pada saat melakukan gerakan mengoperasikan kemudi, tangkai pemindah gigi, pedal dan jarak antara kepala dengan atap mobil ataupun *dashboard* harus menggunakan data antropometri jenis ini.

3. *Newtonian anthropometric data*, merupakan data yang digunakan pada analisa mekanis terhadap beban yang ada pada tubuh manusia. Data ini biasanya digunakan untuk beban yang terjadi pada tulang belakang yang dikarenakan perbedaan teknik pengangkatan beban.

2.2.4 Aplikasi Distribusi Normal dalam Data Antropometri

Data antropometri merupakan data yang paling dibutuhkan untuk pengoptimalan suatu desain agar dapat sesuai dengan penggunanya. Tetapi, untuk membuat suatu desain yang optimal tersebut, para perancang terkadang kebingungan dalam menentukan data antropometri yang bagaimana yang dapat sesuai dengan semua pengguna. Hal itu dikarenakan ukuran individu akan berbeda satu dengan yang lainnya.

Bila kita meletakkan semua data – data antropometri yang telah kita dapat ke dalam suatu grafik seperti yang terlihat pada **Gambar 2.5** di bawah ini.



Gambar 2.5 Distribusi Normal pada Variabel Antropometri

Sumber : Stephen Pheasant, C. M. Haslegrave, 2006

Secara statistik, distribusi normal tersebut memiliki 2 parameter penting. Parameter yang pertama adalah *mean*, dimana *mean* tersebut menjelaskan dimana distribusi itu diletakan pada sumbu-x. Parameter yang kedua adalah *standard deviation* (SD), yang merupakan derajat variabilitas dari populasi yang diteliti.

Dari nilai yang ada tersebut, maka “*percentiles*” dapat diterapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Dengan persentil, maka yang dimaksudkan disini adalah suatu nilai yang menunjukkan prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau dibawah nilai tersebut. Sebagai contoh 95-th *percentile* akan menunjukkan 95% populasi akan berada atau dibawah ukuran tersebut; sedangkan 5-th *percentile* akan menunjukkan 5% populasi akan berada populasi akan berada atau dibawah ukuran itu.

Dalam antropometri, angka 95-th akan menggambarkan ukuran manusia yang “terbesar” dan 5-th *percentile* sebaliknya akan menunjukkan ukuran “terkecil”. Bilamana diharapkan ukuran yang mampu mengakomodasi 95% dari populasi yang ada, maka disini diambil rentang 2,5-th dan 97,5-th *percentile* sebagai batas-batasnya.

Tabel 2.4. Perhitungan Persentil

Persentil	Perhitungan
1 St	$X - 2.325 \sigma_x$
2.5 th	$X - 1.960 \sigma_x$
5 th	$X - 1.645 \sigma_x$
10 th	$X - 1.280 \sigma_x$
50 th	X
90 th	$X + 1.280 \sigma_x$
95 th	$X + 1.645 \sigma_x$
97.5 th	$X + 1.960 \sigma_x$
99 th	$X + 2.325 \sigma_x$

Sumber: Pheasant, 2003

Prinsip-prinsip yang harus diambil dalam aplikasi data antropometri adalah sebagai berikut :

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim.

Disini rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 (dua) sasaran produksi, yaitu :

- a. Bisa sesuai ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya.
- b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).

Untuk memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara :

- Untuk dimensi minimum yang harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai persentil terbesar seperti 90 th, 95 th atau 99 persentil
- Untuk dimensi maksimum yang harus ditetapkan diambil berdasarkan nilai persentil yang paling rendah (1 th, 5 th, 10 th persentil) dari distribusi data antropometri yang ada.

Secara umum aplikasi data antropometri untuk perancangan produk ataupun fasilitas kerja akan menetapkan nilai 5 th persentil untuk dimensi maksimum dan 95 th persentil untuk dimensi minimumnya.

2. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berbeda dalam ukuran rata-rata. Berdasarkan dengan aplikasi data antropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa langkah-langkah yang perlu diperhatikan yaitu :

- a. Anggota tubuh mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.
- b. Menentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut.
- c. Menetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel (*adjustable*) atau ukuran rata-rata.

- d. Pilih persentase populasi yang diikuti ; 90 th, 95 th, 99 th atau nilai persentil yang lain yang dikehendaki.
- e. Untuk setiap dimensi tubuh yang telah diidentifikasi selanjutnya tetapkan nilai ukurannya dari tabel data antropometri yang sesuai. Aplikasikan data tersebut dan tambahkan faktor kelonggaran (*allowance*) bila diperlukan.

Data antropometri untuk penggunaan teknik paling baik digambarkan dalam persentil. Nilai-nilai ekstrim menggambarkan data keluar dan akan diabaikan dalam aplikasinya. Dengan sekumpulan data besar yang diberikan pada karakteristik antropometri khusus persentil dapat diketemukan dengan mengikuti prosedur:

1. Menghitung *mean* (rata-rata)
2. Menghitung standar deviasi
3. Menemukan faktor yang berhubungan dengan angka persentil.

Aplikasi data untuk kasus desain sesuai dengan prosedur yang berikut :

1. Menemukan dimensi-dimensi tubuh yang penting dari dalam desain
2. Menetapkan populasi pengguna
3. Memilih perentase populasi yang akan direkomendasikan.

2.3 Kelelahan (*Fatigue*)

2.3.1 Pengertian Kelelahan (*fatigue*)

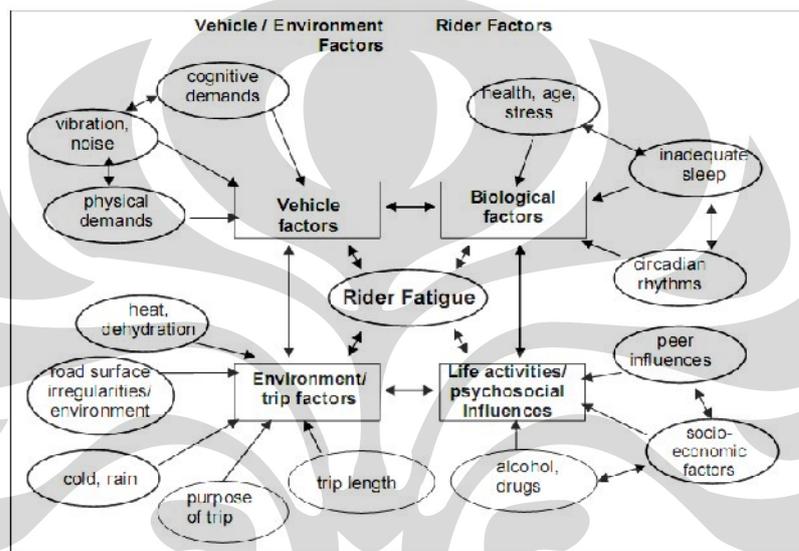
Pada dasarnya tidak ada definisi khusus yang menjelaskan mengenai pengertian akan kelelahan. Rasa lelah merupakan “pesan” bahwa tubuh membutuhkan istirahat. Jika terjadi kelelahan, seseorang akan mengalami peningkatan kesulitan konsentrasi dalam melakukan kerja baik fisik maupun mental. Secara umum, kelelahan biasanya ditandai oleh perasaan letih atau lesu dan kesulitan untuk berkonsentrasi.

Kelelahan saat berkendara, menurut *Fatigue Expert Group (National Transport Commission, 2001)* dapat didefinisikan sebagai proses melemahnya performa (berkurangnya konsentrasi, melambatnya waktu bereaksi akan sesuatu, melemahnya dalam pengambilan keputusan, buruknya performa pada pekerjaan

yang membutuhkan keterampilan dalam pengontrolan dan meningkatnya probabilitas akan terlelap) dan perasaan subjektif akan kelelahan itu sendiri.

2.3.2 Penyebab Kelelahan dalam Berkendara

Pengendara bermotor memiliki karakteristik yang berbeda jauh dengan pengendara mobil. Secara fisik pengendara motor lebih rentan terhadap kelelahan daripada pengendara mobil hal ini dapat disebabkan berbagai macam hal seperti yang terlihat pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Faktor – faktor yang Berkontribusi pada Kelelahan Pengendara

Sumber : *National Transport Commission, Australia 2001*

Motorcycle Council of New South Wales menyatakan bahwa pengendara motor akan memiliki kecenderungan untuk lebih cepat *stress* dibanding pengendara mobil, hal ini disebabkan karena pada saat berkendara, pengendara motor akan berada pada posisi yang sama dan pergerakan yang terbatas untuk waktu yang cukup lama. Keadaan tersebut dapat menyebabkan cedera otot dan mengurangi aliran darah sehingga menghasilkan ketidaknyamanan, kelelahan (ETD) dan hilangnya konsentrasi.

2.3.3 Efek dari kelelahan dalam berkendara

Berdasarkan pengalamannya dalam berkendara sebagai pengendara, dan sebagai *US Navy Surgeon General, Arthur (2005)*, memberikan suatu daftar untuk beberapa efek dari kelelahan dari pengendara (**Tabel 2.5**).

Tabel 2.5 Efek dari *Rider Fatigue*

Effect	Example of effect	Possible type of fatigue involved		
		ETD	Under-stimulation	Sleepiness
Slow reaction time	<ul style="list-style-type: none"> Braking hard to avoid a hazard 	Potentially in some situations	Yes	Yes
Reduced awareness/vigilance	<ul style="list-style-type: none"> Driving slower than normal Being surprised by a passing car Tailgating Not seeing road hazards 	Potentially in some situations	Yes	Yes
Impaired memory	<ul style="list-style-type: none"> Passing a petrol station when low on fuel Forgetting your wallet after fuelling 	No	Potentially in some situations	Yes
Impaired decision-making	<ul style="list-style-type: none"> Not stopping to rest when tired Taking an inappropriate route 	No	Potentially in some situations	Yes
Loss of situational awareness	<ul style="list-style-type: none"> Failure to recognise stop signs or signals Not putting the kickstand down Failure to put feet down when stopping Stopping in a high gear Failing to 'go' when traffic lights turn green 	No	Potentially in some situations	Yes
Performance decrement	<ul style="list-style-type: none"> Inability to formulate routing plans Failure to communicate with riding buddies Task fixation 	Potentially in some situations	Potentially in some situations	Yes

Sumber : Road Safety Research Report No. 78, February 2008, Departement for Transport, London

2.4 Permodelan dan Simulasi

2.4.1 Permodelan

Pada dasarnya literature tentang model sepakat untuk mendefinisikan kata “model” sebagai suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu (yang disepakati) dari suatu system nyata. Permodelan itu sendiri merupakan kumpulan aktivitas pembuatan model dimana salah satu dasar utama untuk mengembangkan model-model tersebut adalah menemukan variabel-variabel apa yang penting dan tepat. Permodelan sistem memiliki beberapa tujuan, diantaranya :

1. Memperkecil biaya dan tenaga yang harus dikeluarkan
2. Mempersingkat waktu percobaan
3. Memperkecil risiko
4. Model dari suatu sistem dapat berguna dalam menggambarkan, memahami dan memperbaiki sistem tersebut

5. Dapat mengetahui performansi dan informasi yang ditunjukkan oleh suatu sistem

Menurut Forrester (1961), terdapat 5 klasifikasi model yang biasa digunakan :

1. Model fisika atau abstrak

Model fisika adalah model yang paling mudah dimengerti. Model ini biasanya berbentuk replica. Sedangkan model abstrak adalah sebuah model yang lebih banyak menggunakan simbol daripada bentuk fisik.

Model abstrak dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

- Model mental merupakan model yang dimiliki oleh semua manusia yang ada di dalam benaknya untuk mewakili proses atau kejadian yang terjadi di sekitarnya.
- Model bahasa/verbal adalah model komunikasi yang dilakukan oleh manusia.
- Model matematik sebenarnya model khusus dari model verbal, perbedaan terletak pada penggunaan bahasa yang lebih tepat yang diwakili oleh simbol-simbol atau lambing

2. Model statis atau dinamis

Kedua jenis model merupakan jenis model yang mewakili situasi yang berhubungan terhadap waktu

3. Model linear atau non linier

Pada sistem linear, pengaruh luar pada sistem adalah murni penjumlahan. Sedangkan pada sistem non linear pengaruh luar pada sistem tidak hanya penjumlahan saja.

4. Model stabil atau tidak stabil

Sistem stabil adalah sistem yang cenderung akan kembali ke kondisi semula setelah mengalami gangguan atau sengaja diganggu. Sedangkan sistem tidak stabil adalah sebuah sistem yang jika mengalami gangguan tidak akan kembali ke kondisi semula.

5. Model *steady state* atau *transient*

Pada kondisi *steady state* sebuah model yang mengalami perubahan terhadap waktu akan memperlihatkan pola perilaku yang sama dari waktu

ke waktu. Sedangkan model *transient* adalah fenomena sesaat yang tidak dapat terulang lagi.

2.4.2 Simulasi

Simulasi adalah salah satu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari satu sistem nyata (Siagian, 1987). Sedangkan menurut Schroeder (1997), simulasi adalah suatu teknik yang dapat digunakan untuk memformulasikan dan memecahkan model-model dari golongan yang luas, golongan atau kelas ini sangat luasnya sehingga dapat dikatakan “jika semua cara lain gagal, cobalah simulasi.” Simulasi juga dapat didefinisikan sebagai teknik analisa yang mengimitasi *performance* dari sistem yang sebenarnya dalam suatu lingkungan yang dikontrol untuk mengestimasi *performance* yang sesungguhnya dari sistem (Hitler, Frederick S. Lieberman, Gerald J. 1990).

Simulasi dapat digunakan sebagai alat yang dapat memberikan informasi dalam kaitannya dengan pengambilan keputusan sehingga dapat mempersingkat waktu, selain itu simulasi juga dapat menjawab ketidakmampuan dari metode analitik. Beberapa alasan yang dapat menunjang kesimpulan di atas adalah sebagai berikut :

1. Model simulasi lebih realistis terhadap sistem nyata karena memerlukan asumsi yang lebih sedikit,
2. Perubahan konfigurasi dan struktur dapat dilaksanakan lebih mudah untuk dapat menjawab pertanyaan : *what happen if ...*
3. Dalam banyak hal simulasi lebih murah dari percobaannya sendiri,
4. Simulasi dapat digunakan untuk maksud pendidikan
5. Untuk sejumlah proses dimensi, simulasi memberikan penyelesaian yang langsung dan terperinci dalam periode waktu khusus.

Namun, model simulasi juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Simulasi bukanlah presisi dan juga bukan suatu proses optimisasi. Simulasi tidak menghasilkan solusi, tetapi ia menghasilkan cara untuk menilai solusi, termasuk solusi optimal,
2. Model simulasi yang baik dan efektif sangat mahal dan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan model analitik.

3. Tidak semua situasi dapat dinilai melalui simulasi kecuali situasi yang memuat ketidakpastian (Siagian, 1987).

Model – model simulasi yang ada dapat dikelompokkan ke dalam beberapa penggolongan, antara lain:

1. Model *Stochastic* atau *Probabilistic*

Model *Stochastic* adalah model yang menjelaskan kelakuan sistem secara probabilistic atau model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidakpastian. Model ini kadang – kadang juga disebut sebagai model monte carlo.

2. Model deterministik

Pada model ini tidak diperhatikan unsure random, sehingga pemecahan masalahnya menjadi lebih sederhana.

3. Model dinamik

Model yang memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada bila terjadi pada waktu yang berbeda.

4. Model statik

Kebalikan dari model dinamik, model statik tidak memperhatikan perubahan-perubahan nilai dari variabel-variabel yang ada bila terjadi pada waktu yang berbeda.

5. Model Heuristik

Model yang dilakukan dengan cara coba-coba, kalau dilandasi suatu teori masih bersifat ringan, langkah perubahannya dilakukan berulang-ulang, dan pemilihan langkahnya bebas, sampai diperoleh hasil yang baik, tetapi belum tentu optimal (Subagyo, 2000).

Pada umumnya, simulasi dapat dipandang sebagai aktivitas yang memiliki tiga fase (Pidd 1992), yaitu :

1. Permodelan

Fase ini terdiri dari beberapa langkah, yaitu :

- a. Formulasi masalah dan rencana studi
- b. Pengumpulan data dan pendefinisian model
- c. Permodelan sistem
- d. Validasi

2. Komputasi

Terdiri dari beberapa langkah berikut :

- a. Membuat program atau model komputer
- b. Verifikasi
- c. *Running* percobaan

3. Eksperimen

2.5 *Virtual Environment*

Virtual Environment (VE) atau yang juga dikenal dengan istilah *Virtual Reality* (VR) merupakan representasi tiruan sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer yang memungkinkan penggunaanya untuk berinteraksi dengan lingkungan sintesis (tiruan) yang memiliki kemiripan dengan lingkungan nyata³. Salah satu definisi yang terlengkap pada teknologi ini adalah *Virtual reality dapat diidentifikasi sebagai cara manusia untuk mensimulasikan, memanipulasi dan berinteraksi pada komputer dan pada data yang sangat kompleks* (Aukstakalnis & Blatner 1992).

Simulasi dengan *Virtual environment* memberikan peneliti untuk melakukan penelitian secara *real time* tanpa harus mengeluarkan banyak biaya dan waktu. Variabel-variabel yang terdapat pada *virtual environment* tersebut dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan sehingga kita dapat menganalisis dan mengevaluasi performa dari sistem tanpa harus mengubah kondisi sebenarnya dan sistem sesungguhnya. Dalam fase simulasi, pada *virtual environment*, dibuatlah suatu *virtual human* yang merupakan suatu 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.

Virtual environment ini telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang, seperti :

³ R. Kalawsky, *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Addison-Wesley Publishing Company, Cambridge, 1993, hal. 396.

1. Arsitektur, digunakan untuk mengevaluasi desain dari struktur baru dan digunakan untuk penilaian struktur dari segi estetika, akustik dan pencahayaan.
2. Dalam pendidikan dan pelatihan, digunakan untuk memungkinkan manusia melihat bentuk-bentuk dunia seperti lapisan plante, model-model molekul dan interior dari tubuh manusia dan hewan.
3. Hiburan, untuk membuat film, mainan, dll
4. Kesehatan, untuk simulasi pembedahan dalam proses pelatihan
5. Pengendalian informasi, menampilkan kumpulan data yang kompleks dalam bentuk yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dipahami
6. *Science*, untuk memodelkan dan mempelajari fenomena dan data yang kompleks dalam komputer,
7. *Telepresence*, untuk mengembangkan alat kontrol dari robot (*telerobot*).

Dalam bidang ergonomi, *virtual environment* ini telah digunakan pada bidang K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja), seperti :

1. Penilaian ergonomis tempat kerja, pembagian tugas, seperti dalam perancangan untuk perakitan dan tata letak ruang kerja.
2. Pelatihan teknisi pemeliharaan, misalnya untuk bekerja di lingkungan yang berbahaya.
3. Perbaikan perencanaan dan pengawasan operasi
4. Pelatihan umum untuk industri, termasuk prosedur untuk pergerakan material dan penggunaan mesin pelindung.
5. Diagnosa kesalahan (*error*) yang terjadi dan perbaikan dalam proses yang berlangsung di pabrik.

2.6 Software Jack 6.1

2.6.1 Pendahuluan

Jack adalah produk ergonomi dan faktor manusia yang memungkinkan penggunaanya untuk memposisikan model biomekanikal manusia secara akurat

dalam *virtual environment*, memberikan model tersebut sebuah set tugas yang akan dikerjakan, dan menganalisis kinerja dari pelaksanaan tugas⁴.

Jack Human Modelling membantu organisasi di berbagai industri untuk meningkatkan sisi ergonomis dari produk desain dan memperbaiki *workplace tasks*. *Software* memungkinkan pengguna untuk memosisikan secara biomekanis *accurate digital human* dalam *virtual environment*, memberikan tugas pada mereka dan menganalisis performa mereka. Dengan *Jack digital human*, ahli rekayasa dapat mengetahui apa yang mereka lihat dan mereka jangkau, seberapa nyamannya mereka, kapan dan bagaimana mereka dapat terluka, kapan mereka mulai lelah, dan informasi-informasi ergonomis penting lain. Informasi yang didapat dari Jack dapat membantu untuk membuat desain yang lebih aman, lebih ergonomis, dengan harga yang lebih terjangkau.

Bagi banyak organisasi, Jack dipercaya memiliki berbagai keuntungan, diantaranya :

1. Waktu desain yang lebih cepat
2. Rendahnya biaya pengembangan
3. Meningkatnya kualitas, produktivitas, keamanan dan moral para pekerja.

Untuk dapat melakukan simulasi menggunakan *software* Jack, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan, yaitu :

1. Membuat *virtual environment*
2. Membuat *virtual human*. Dalam *software* Jack ini disediakan berbagai macam *template* model manusia berdasarkan *database antropometri* ANSUR88, NHANES dan CAESAR. Jack juga menyediakan formulir khusus jika pengguna ingin membuat model *virtual human* berdasarkan data antropometri yang ingin diteliti.
3. Memosisikan *virtual human* dalam *virtual environment* sesuai dengan keinginan dengan memanipulasi gerakan – gerakan dan *joint – joint* yang ada.
4. Memberi pekerjaan pada *virtual human*

⁴ 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.*

5. Menganalisa performa yang telah dilakukan oleh *virtual human*. Salah satu alat yang digunakan untuk menganalisis performa mereka adalah dengan menggunakan *task analysis toolkit* (TAT) yang akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

2.6.2 Jack Task Analysis Toolkit

Task Analysis Toolkit (TAT) adalah sebuah modul tambahan pada *software* Jack yang dapat menganalisis aspek ergonomi dan faktor manusia dalam mendesain suatu pekerjaan dalam dunia industri. Dengan TAT, para perancang dapat menaksir risiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi melewati pemberian tugas pada *virtual human* yang telah dibuat. Dan kemudian melalui TAT tersebut perancang dapat memberikan intervensi untuk mengurangi risiko – risiko yang terjadi. Modul ini juga dapat memperlihatkan batasan maksimal dari kemampuan pekerja ketika melakukan kegiatan mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan. Selain itu, TAT juga dapat memperlihatkan kegiatan-kegiatan yang tidak produktif dan rentan menjadi penyebab cedera atau kelelahan. Dengan Jack TAT, analisis ergonomi dapat dilakukan lebih awal, yaitu pada fase pembuatan desain, sebelum bahaya dan risiko benar – benar terjadi dan menjadi semakin sulit untuk diatasi serta akan menimbulkan biaya yang lebih tinggi.

Dalam Jack TAT, terdapat Sembilan buah metode untuk menganalisis performa *virtual human* secara ergonomi, seperti :

1. *Low back analysis tool*. Digunakan untuk mengetahui penekanan yang terjadi pada tulang belakang *virtual human*, dalam setiap postur dan kondisi pembebanan.
2. *Static Strength Prediction*. Digunakan untuk mengevaluasi persentase dari populasi pekerja yang dapat melakukan pekerjaan tertentu berdasarkan postur, tenaga yang dibutuhkan dan antropometri.
3. NIOSH. Digunakan untuk mengevaluasi kegiatan mengangkat benda berdasarkan persamaan NIOSH.
4. *Metabolic energy expenditure tool*. Digunakan untuk mengevaluasi kebutuhan energy yang diperlukan untuk melaksanakan suatu

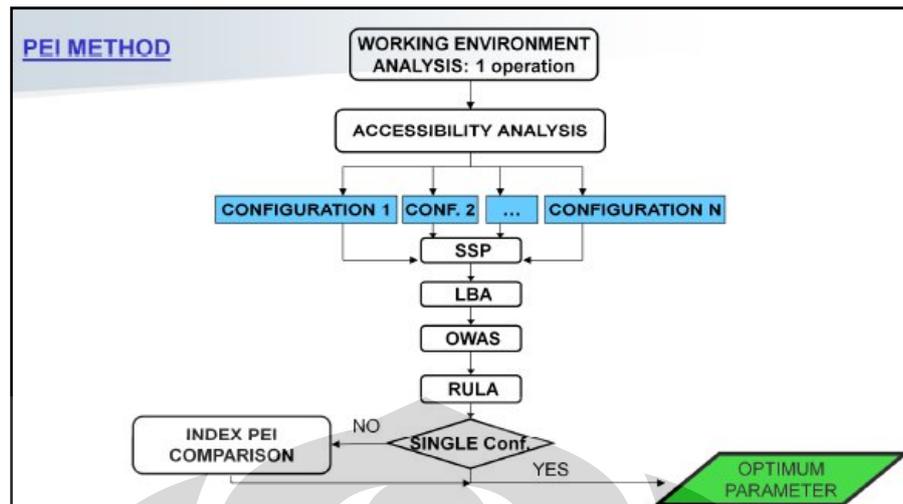
pekerjaan berdasarkan karakteristik pekerja dan rangkaian pekerjaan yang ada.

5. *Fatigue Recovery Analysis Tool*. Digunakan untuk mengetahui berapakah *recovery time* yang sesuai dengan pekerjaan yang ada.
6. *Ovako Working Posture Analysis (OWAS) tool*. Digunakan untuk mengetahui apakah postur yang ada telah memberikan rasa nyaman pada pekerja atau belum.
7. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*. Untuk mengetahui risiko yang terjadi pada tubuh bagian atas dalam melaksanakan suatu pekerjaan.
8. *Manual Material Handling Limits*. Digunakan untuk mengevaluasi dan merancang kegiatan kerja yang berkaitan dengan proses *material handling*, sehingga tingkat risiko cedera dapat dikurangi, dan
9. *Predetermined Time Analysis*, yang digunakan untuk memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan suatu pekerjaan berdasarkan sistem *method time measurement (MTM-I)*.

2.7 Metode *Posture Evaluation Index (PEI)*

Metode PEI dikembangkan oleh Francesco Caputo, Prof. , Giuseppe Di Gironimo, Ph.D, dan Adelaide Marzano, Ing. dari *University of Naples Frederico II*, Italia. Metode ini digunakan untuk melakukan optimalisasi terhadap berbagai konfigurasi fitur geometri pada sebuah stasiun kerja. Dalam *software Jack*, PEI digunakan untuk mengevaluasi postur kerja *virtual human* yang disimulasikan dalam *virtual environment*, sehingga menghasilkan suatu angka indeks yang merepresentasikan tingkat kenyamanan dan kesehatan dalam pekerjaan tersebut.

Metode ini menggunakan beberapa fungsi *Task Analysis Toolkits* pada *software Jack*. Adapun modul analisis yang dipertimbangkan dalam metode PEI ini adalah *Static Strength Prediction (SSP)*, *Low Back Compression Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis (OWAS)* dan *Rapid Upper Limb Assesment (RULA)*. Dimana empat metode analisis tersebut akan diolah berdasarkan diagram alir pada **gambar 2.7** berikut ini.



Gambar 2.7 Diagram Alir Metode PEI

Sumber: Caputo, Di Gironimo, Marzano, 2006

Nilai PEI yang optimal didapat dari hasil perbandingan antara berbagai konfigurasi yang dilakukan dimana nilai – nilai tersebut dapat mengklasifikasikan risiko – risiko yang mungkin terjadi pada operator atau pengguna produk yang diteliti. Secara umum, metode PEI terdiri dari 7 fase berikut.

2.7.1 Fase Pertama : Analisis Terhadap Lingkungan Kerja

Fase pertama ini merupakan analisis lingkungan kerja dan pertimbangannya terhadap semua alternatif-alternatif kemungkinan pergerakan, yang secara umum meliputi pertimbangan akan rute alternatif, postur dan kecepatan pengerjaan dimana semua elemen tersebut akan berkontribusi dalam keefektifan suatu pekerjaan. Sangatlah penting untuk mensimulasikan semua alternatif gerakan yang mungkin dilakukan oleh operator. Hal ini dilakukan sebagai uji kelayakan atas pekerjaan – pekerjaan yang disimulasikan tersebut.

Fase ini adalah fase yang membutuhkan waktu paling lama dalam pengerjaannya. Hal ini dikarenakan pada fase ini peneliti harus membuat *real-time simulation* dalam jumlah yang sangat banyak, dimana beberapa simulasi yang telah dibuat tersebut tidak akan digunakan untuk penelitian lebih lanjut dikarenakan tidak dapat dicapai dengan gerakan yang dimaksud.

2.7.2 Fase Kedua : Analisis Keterjangkauan dan Aksesibilitas

Perancangan dari sebuah stasiun kerja selalu membutuhkan kajian pendahuluan terhadap aksesibilitas dari titik-titik kritis (*critical points*). Hal ini

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

2.7.3 Fase Ketiga : *Static Strength Prediction*

Setelah semua kemungkinan rangkaian kegiatan didapatkan, pertanyaan yang harus dijawab adalah berapa banyak pekerja yang mampu untuk melakukan rangkaian kegiatan tersebut. Jawaban dari pertanyaan tersebut akan didapatkan dari *Static Strength Prediction* ini. *Static Strength Prediction* (SSP) ini menunjukkan jumlah persentase pekerja yang dapat melakukan pekerjaan tersebut dimana Prinsip dasar dari SSP adalah sebagai berikut⁵:

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

Batas bawah yang digunakan dalam penelitian ini adalah 90% seperti yang juga dipakai pada penelitian PEI⁶. Sehingga konfigurasi yang memiliki persentase di bawah 90% akan dieliminasi.

2.7.4 Fase Keempat : *Low Back Analysis*

Setelah konfigurasi yang dibuat telah teruji secara SSP (nilai SSP konfigurasi tersebut lebih besar atau sama dengan 90%) maka langkah selanjutnya adalah menganalisis konfigurasi tersebut ke dalam *Low Back Analysis* (LBA).

LBA merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan tulang belakang *virtual human*, pada setiap postur dan pembebanan yang terjadi.

⁵ Don B. Chaffin, G Lawton, dan Louise G. Johnson, *Some Biomechanical Perspectives on Musculoskeletal Disorders: Causation and Prevention*, University of Michigan, 2003

⁶ Marzano, A. (Mei 2009). Wawancara personal.

Secara rinci, LBA menghitung gaya tekan dan tegangan yang terjadi pada *vertebral disc* L4 (Lumbar 4) dan L5 (lumbar 5) dan membandingkan pada batasan nilai beban ideal yang dikeluarkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) yaitu 3400 N. Nilai beban ideal yang disyaratkan oleh NIOSH merupakan nilai beban yang diukur menurut kemampuan pekerja dengan kondisi ideal untuk mengangkat ataupun memproses suatu beban secara aman pada jangka waktu tertentu. Secara matematis, standar *lifting* NIOSH ini dapat dirumuskan sebagai berikut):

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \quad (2.1)$$

dimana:

- RWL = *recommended weight limit* (batas beban yang direkomendasikan)
- LC = beban konstan
- HM = faktor "*Horizontal Multiplier*",
- VM = faktor "*Vertical Multiplier*",
- DM = faktor "*Distance Multiplier*" atau faktor pengali jarak,
- FM = faktor "*Frequency Multiplier*" atau faktor pengali frekuensi,
- AM = faktor "*Asymmetric Multiplier*"
- CM = faktor "*Coupling Multiplier*"

2.7.5 Fase Kelima : *Ovako Working Posture Analysis* (OWAS)

Kegiatan yang telah dianalisis dengan metode LBA kemudian dievaluasi dengan metode OWAS. OWAS digunakan untuk mengevaluasi tingkat kenyamanan bentuk postur tubuh *virtual human* saat melaksanakan pekerjaan tertentu. Metode ini berfokus pada pendistribusian postur yang terjadi, pengulangan gerakan dan posisi – posisi yang dianggap kritis.

OWAS juga berfungsi untuk mengidentifikasi skala prioritas dari postur kerja yang paling membutuhkan perbaikan secara ergonomi. Dalam penilaiannya, OWAS menggunakan empat digit kode yang menggambarkan tingkat kenyamanan suatu posisi dilihat dari tubuh bagian belakang, lengan dan kaki dalam berbagai intensitas beban yang dikenakan pada *virtual human* tersebut dalam melakukan pekerjaan tertentu.

Tabel 2. 6 Pembobotan Nilai pada 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*

Tabel 2.7 Deskripsi Kode OWAS

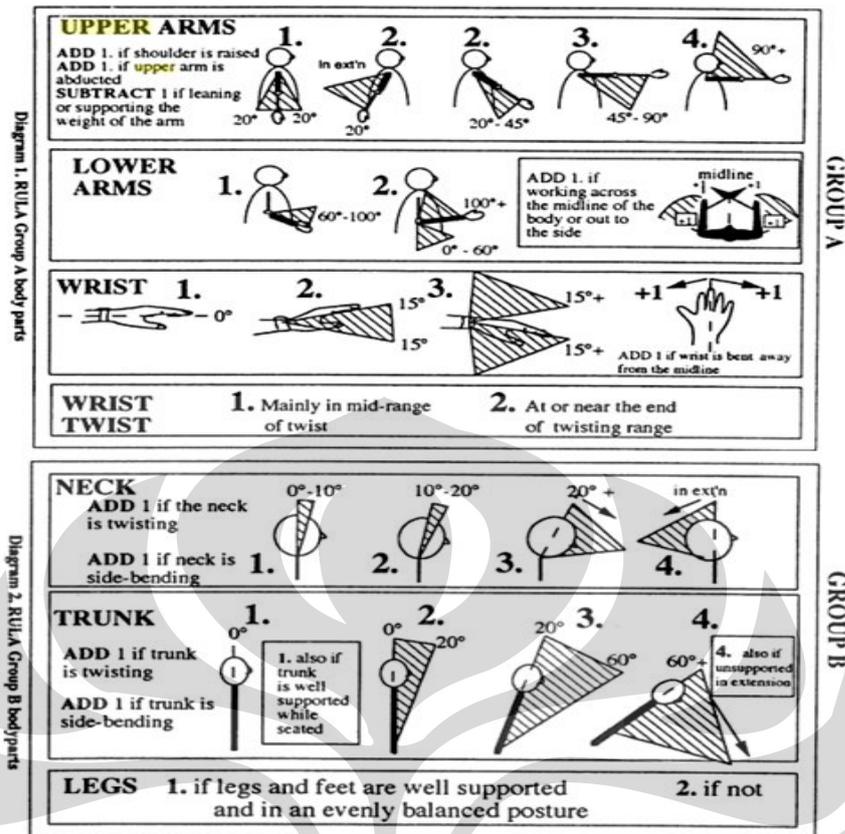
Body parts	OWAS code	Description of position
Back	1	Back straight
	2	Back bent
	3	Back Twisted
	4	Back bent and twisted
Arm	1	Both arms below shoulder level
	2	One arm at or above shoulder level
	3	Both arms at or above shoulder level
Leg	1	Sitting
	2	Standing on both straight legs
	3	Standing on one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

Sumber : Karwowski dan Narras, 2003

2.7.6 Fase Keenam: *Rapid Upper Limb Assessment*

Fase keenam pada analisis PEI ini adalah menggunakan metode RULA. RULA merupakan metode yang digunakan untuk mengevaluasi tekanan beban kerja terhadap kemungkinan akan risiko cedera pada tubuh bagian atas (*upper limb*) pekerja. Metode RULA terdiri dari dua hal utama, yaitu:

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



Gambar 2.8 Pengelompokan Tubuh Metode RULA

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

Metode RULA ini menggunakan pendekatan berupa system pembobotan, dimana semakin tinggi bobot yang diberikan menggambarkan bahwa tingkat risiko yang kemungkinan terjadi akan semakin besar pula terhadap kesehatan. Berikut bobot nilai hasil evaluasi dari RULA.

Tabel 2.8 Bobot Nilai dalam RULA

Score	Keterangan
1 or 2	Acceptable posture
3 or 4	Further investigation, change may be need
5 or 6	Further investigation, change soon
7	Investigate and implement change

Sumber: McAtamney and Corlett, 1993

Pada Rula terdapat lima faktor yang mempengaruhi penilaian⁷:

⁷ E. Occhipinti and D. Colombini, *Assessment of Exposure to Repetitive Upper Limb Movement: an IEA Consensus Document*, TU TB Newsletter, 1999, hal.11-12.

1. Repetisi (frekuensi). Semakin tinggi tingkat repetisi pekerjaan itu maka semakin tinggi pula risiko cedera yang dapat terjadi.
2. Gaya. Gaya yang terjadi atau yang diperlukan dalam proses suatu pekerjaan sebanding dengan tingkat risiko cedera yang dapat terjadi.
3. Postur dan tipe gerakan,
4. *Recovery Period*. Kurangnya melakukan *recovery period* ini akan meningkatkan risiko cedera bagi operator.
5. Faktor Risiko Tambahan. Faktor ini tidak selalu ada pada setiap pekerjaan, bergantung pada jenis pekerjaan apa yang dilakukan, mekanisme pekerjaan itu sendiri, lingkungan tempat pekerjaan itu dilakukan dan bentuk organisasi yang terbentuk untuk membantu terlaksananya pekerjaan tersebut.

Pada dasarnya metode RULA itu digunakan untuk tiga hal, yaitu : mengidentifikasi pekerjaan yang berpotensi menimbulkan cedera pada tubuh bagian atas, panduan desain dalam mendesain ulang suatu pekerjaan, dan untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan pekerjaan – pekerjaan mana yang membutuhkan perhatian untuk dapat dimodifikasi secara ergonomis.

2.7.7 Fase Ketujuh : *Posture Evaluation Index (PEI) Evaluation*

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

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

Dimana,

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

Keterangan :

3400 N= batas kekuatan tekanan yang dapat diterima *lower back* berdasarkan NIOSH.

4 = nilai maximum pada index OWAS

7 = level maximum ketidaknyamanan tubuh bagian atas

mr = koefisien amplifikasi

Variabel-variabel yang mendefinisikan PEI, bergantung kepada tingkat ketidaknyamanan dari postur kerja yang diteliti: dimana semakin besar ketidaknyamanan akan digambarkan sebagai nilai yang semakin besar pada nilai I_1 , I_2 , I_3 dimana nantinya akan menghasilkan nilai PEI yang semakin besar pula. Sehingga dengan kata lain, PEI menunjukkan kualitas dari sebuah postur kerja dengan nilai minimal menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan postur kerja yang memiliki nilai lebih besar.

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

2.8 Sepeda Motor

Sepeda motor merupakan salah satu alat transportasi yang dewasa ini makin diminati. Biaya perawatannya yang murah, harganya yang terjangkau, bahan bakarnya yang irit serta penggunaannya yang mudah membuat sepeda motor menjadi primadona transportasi di Indonesia dan membuatnya menjadi suatu produk yang memiliki tingkat penjualan yang selalu naik secara signifikan.

2.8.1 Sejarah Sepeda Motor

Sepeda motor awalnya lahir di Jerman dari tangan – tangan dua pakar mesin empat langkah yang bernama Gottlieb Daimler dan Wilhelm Maybach. Sepeda motor tersebut dibuat dengan memasang mesin empat langkah yang berukuran kecil pada sebuah sepeda kayu. Sepeda kayu bermesin itu kemudian dinamakan *Reitwagen* (yang berarti *riding car* dalam bahasa Inggris). Pemasangan mesin pada sepeda kayu itu merupakan rangkaian dari percobaan yang dilakukan oleh Daimler dan Maybach, sebelum memasang mesin empat langkah pada kereta kuda, yang menjadi cikal bakal lahirnya mobil.

Tahun 1893, sepeda motor pertama yang dijual untuk umum dibuat oleh pabrik sepeda motor Hildebrand und Wolfmüller di Muenchen, Jerman. Sepeda motor ini tidak menggunakan rantai. Roda belakang digerakkan langsung oleh crankshaft. Sepeda motor inilah yang dimiliki oleh John C Potter, masinis pertama pabrik gula Oemboel, Probolinggo, Jawa Timur, tahun 1893. Ia memesan sendiri

sepeda motor itu langsung ke pabriknya di Muenchen. John Potter tercatat sebagai orang pertama yang memiliki sepeda motor di Indonesia, yang pada waktu masih berada di bawah pendudukan Belanda, dan bernama Hindia Belanda (Nederlands Indie).



Gambar 2.9 “Reitwagen” Motor Pertama Di Dunia

2.8.2 Sekilas Mengenai Motor Bebek

Di Indonesia, motor jenis ini disebut "motor bebek". Di Malaysia dan Singapura kendaraan ini umumnya dikenal sebagai Kapcai atau Kapchai, sebuah kata slang yang berasal dari Kanton, yang merupakan kombinasi dari kata "Cub" dari kata Honda Cub dan "仔" dalam bahasa Cina. Dalam bahasa Kanton, "仔" (diucapkan "jai", atau dalam pinyin "zai") berarti "kecil" (atau turunannya, misalnya "kecil", "mini", dll).

Motor bebek itu sendiri adalah sepeda motor kecil yang dibangun di atas kerangka yang sebagian besar terdiri dari sebuah pipa berdiameter besar. Desain ini kadang-kadang dikenal sebagai design "step-through" di Barat. Meskipun posisi tangki bahan bakar, dan penahan percikan air pada motor bebek membuatnya mirip dengan skuter tetapi roda, posisi mesin, dan transmisi lebih mirip dengan desain sepeda motor konvensional. Meskipun ada perbedaan dasar dalam desain, kadang-kadang motor bebek dipasarkan sebagai skuter di Barat.

Tenaga penggerak dari motor bebek didasarkan pada sepeda motor konvensional yaitu mesin berada diantara kedua kaki dan roda belakang digerakkan oleh rantai. Tangki bahan bakar dari sebuah motor bebek ini terletak di bawah kursi, dan dalam hal inilah perbedaannya dari sepeda motor konvensional, yang memiliki tangki bahan bakar diantara lutut pengendara dan sebuah kerangka yang terletak dibawah tangki dibawah kursi dan menjulur ke bagian depan motor.

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

3.1 Pengumpulan Data

3.1.1 Karakteristik Perilaku Pengendara Motor

Dalam mengendarai kendaraan motor, para pengendara motor memiliki perilaku yang berbeda-beda. Untuk itu sebelum melakukan penelitian ada baiknya peneliti melakukan observasi secara langsung mengenai bagaimana perilaku pengendara dalam mengendarai.

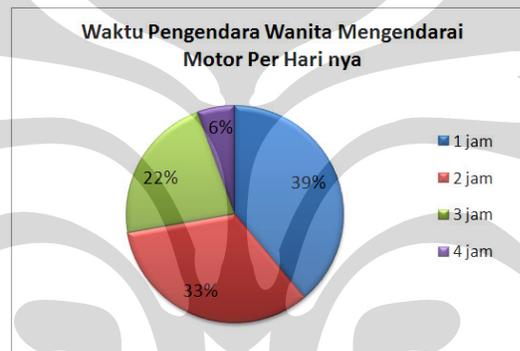
Pada penelitian kali ini, penulis memfokuskan pada berapa perilaku yang dianggap penting, seperti :

1. Postur. Untuk mengetahui bagaimana postur pengendara motor secara umum, dimana nantinya postur ini akan disimulasikan pada software Jack,
2. Waktu mengendarai.
3. Berat barang yang dibawa. Dari perilaku ini kita nantinya akan mengetahui berapa beban yang biasanya dibawa oleh pengendara saat mengendarai, dimana nantinya informasi ini akan disimulasikan dengan menggunakan software Jack.

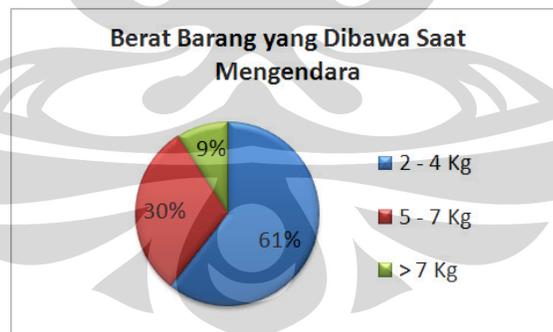
Ketiga poin tersebut kemudian dirangkum dan dikembangkan dalam bentuk observasi dan kuesioner yang akan disebar ke 48 responden. Berikut merupakan rekapitulasi hasil observasi dan kuesioner tersebut.



Gambar 3.1 Contoh Postur Pengendara Motor



Gambar 3.2 Rekapitulasi Hasil Kuesioner Waktu Mengendara



Gambar 3.3 Rekapitulasi Hasil Kuesioner Berat Barang Bawaan Pengendara

3.1.2 Spesifikasi sepeda motor

Setiap sepeda motor memiliki spesifikasi yang berbeda-beda, tetapi untuk faktor kemudahan maka dalam penelitian ini hanya satu tipe sepeda motor yang dipakai, yaitu sepeda motor bebek, sebagai acuan utama dalam membuat model

aktual, selanjutnya dari model aktual tersebut akan dibuat konfigurasi yang akan melingkupi semua spesifikasi sepeda motor yang ada pada umumnya.

Untuk mendapatkan sebuah model dalam penelitian ini, penulis memakai *template* sepeda motor China yang didapat dari *google warehouse*, *user interface* dari *template* sepeda motor tersebut kemudian akan disesuaikan dengan spesifikasi motor bebek. Berikut merupakan dimensi – dimensi sepeda motor yang disesuaikan.



Gambar 3.4 Spesifikasi Sepeda Motor bebek

Tabel 3.1 Spesifikasi Sepeda Motor bebek

No	Nama Komponen	Ukuran (cm)
1	Stang	68
2	<i>Handle Bar</i>	11
3	Jok - Stang	30
4	<i>Foot Step- Tanah</i>	21
5	Jok	20
6	<i>Diameter Roda</i>	43

Data spesifikasi ini dibutuhkan penulis untuk membuat model sepeda motor yang sesuai dengan ukuran yang sebenarnya. Hal ini bertujuan agar hasil analisis yang diperoleh dapat merepresentasikan sistem yang sesungguhnya. Semakin akurat model sepeda motor yang dibuat maka semakin akurat pula hasil yang akan dicapai.

Dalam penelitian ini hanya enam buah komponen yang disesuaikan dengan spesifikasi sepeda motor bebek. Hal ini dikarenakan enam buah komponen

ini merupakan komponen utama yang langsung berhubungan dengan pengguna, sehingga diharapkan dapat mempresentasikan ergonomi dari sepeda motor yang dimodelkan.

Model sepeda motor inilah yang akan dimasukkan ke dalam *software* Jack 6.1 untuk menjadi entitas dari lingkungan virtual (*virtual environment*) yang dibutuhkan dalam simulasi.

3.1.3 Data Antropometri

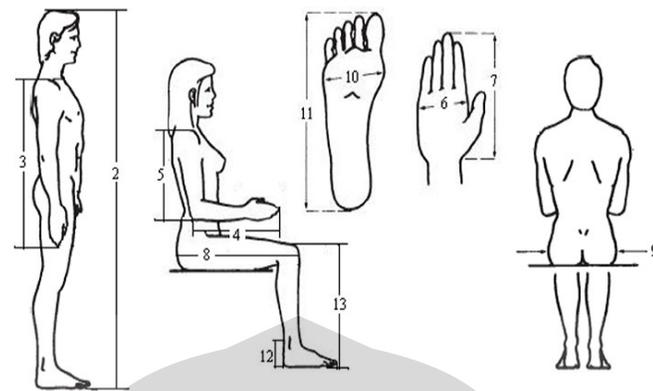
3.1.3.1 Segmentasi

Dalam penelitian ini dilakukan tiga buah segmentasi pada objek penelitian, yaitu berdasarkan jenis kelamin (yaitu wanita), berdasarkan kewarganegaraan (yaitu Indonesia) dan berdasarkan kelompok umur (yaitu umur 17 hingga 24 tahun).

Proses segmentasi ini nantinya akan diperlukan sebagai tahap awal dalam pengambilan sampel data antropometri.

3.1.3.2 Dimensi Antropometri

Setelah melakukan segmentasi, langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi antropometri mana yang akan diperlukan. Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan penulis, didapatkanlah 13 dimensi yang wajib diukur seperti tampak pada **gambar 3.5** berikut ini.



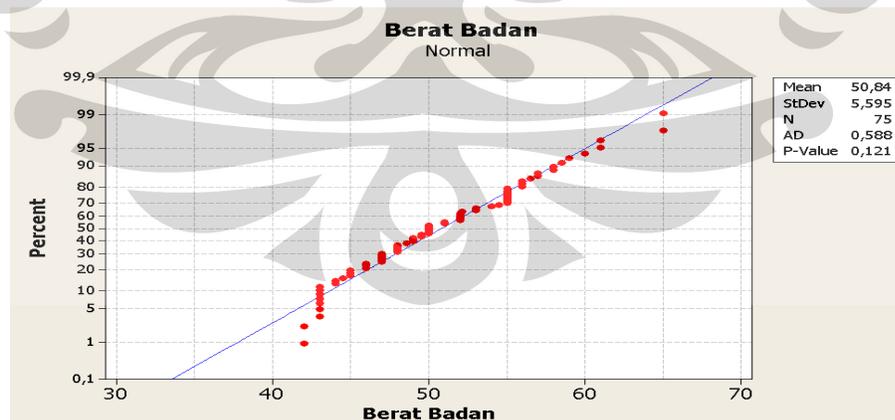
Keterangan

1. Berat badan (*weight*)
2. Tinggi badan (*stature height*)
3. Panjang lengan (*arm length*)
4. Jarak ujung siku ke ujung jari (*elbow fingertip*)
5. Jarak antara bahu ke siku (*shoulder elbow*)
6. Lebar tangan (*hand breadth*)
7. Panjang tangan (*hand length*)
8. Panjang tulang paha (*buttock knee*)
9. Lebar pinggul (*hip breadth*)
10. Lebar kaki (*foot breadth*)
11. Panjang kaki (*foot length*)
12. Tinggi mata kaki (*ankle height*)
13. Tinggi lutut ke lantai (*sit knee*)

Gambar 3.5 Dimensi Antropometri Tubuh yang Diukur

3.1.3.3 Data Antropometri

Pada penelitian ini telah terkumpul 75 data antropometri yang kemudian diuji kenormalannya untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 14. Hasil dari uji kenormalitas tersebut dapat terlihat dari **gambar 3.6 dan 3.7** dibawah ini.



Gambar 3.6 Hasil Uji Normalitas Berat Badan Responden



Gambar 3.7 Hasil Uji Normalitas Tinggi Badan Responden

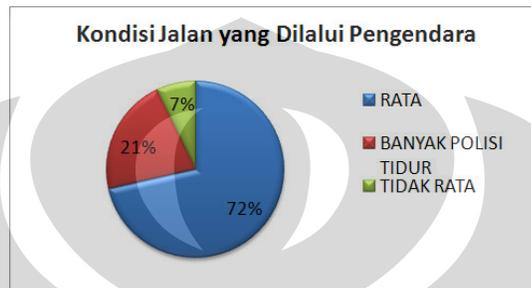
Uji normalitas tersebut menggunakan *significant level* (α) sebesar 0.05, sehingga dapat dinyatakan bahwa bila data yang diuji memiliki *p-value* yang lebih besar dari *significant level* (diatas 0.05) maka data tersebut dinyatakan telah terdistribusi normal. Pada gambar 3.3 dan 3.4 diatas dapat terlihat bahwa data dari tinggi badan dan berat badan responden memiliki *p-value* sebesar 0,125 dan 0,121 atau diatas 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data – data tersebut telah terdistribusi normal dan dapat diolah lebih lanjut untuk mencari nilai persentil 5th, 50th dan 95th dengan menggunakan *software* Ms. Excel dimana kemudian nilai persentil tersebut akan menjadi input data antropometri pada saat membuat *virtual human* menggunakan *software* Jack 6.1. Tabel 3.2 dibawah ini merupakan rekapitulasi pengolahan data antropometri responden dalam bentuk persentil 5th, 50th dan 95th.

Tabel 3.2 Dimensi Antropometri Setiap Persentil

No.	Dimensi Antropometri Tubuh	Percentile 5 th	Percentile 50 th	Percentile 95 th
1	Tinggi Badan	151,7	157,5	164,65
2	Berat Badan	43,2	50,84	60,3
3	Panjang Lengan	68,3	71,2	74,7
4	Jarak ujung siku ke ujung jari	40,8	42,4	44,5
5	Jarak antara bahu dan siku	32,8	34,3	36
6	Lebar tangan	7,5	7,8	8
7	Panjang tangan	16,7	17,4	18,2
8	Panjang tulang paha	48,2	50,8	53,8
9	Lebar pinggul	31	33,4	35,9
10	Lebar kaki	8,2	8,5	8,9
11	Panjang kaki	22,6	23,5	24,6
12	Tinggi mata kaki	5,7	5,9	6,1
13	Tinggi lutut ke lantai	47,3	49,7	52,5

3.1.4 Data Lintasan

Data lintasan ini didapatkan dari hasil kuesioner (mengenai lintasan seperti apa yang sering mereka, pengendara motor, lewati) dimana hasil kuesioner tersebut di uji kebenaran dengan melakukan observasi di beberapa tempat yang sering dilalui kendaraan bermotor. **Gambar 3.8** berikut merupakan rekapitulasi hasil kuesioner tersebut.



Gambar 3.8 Pie Chart Data Lintasan

3.2 Perancangan Model

Perancangan model merupakan tahap selanjutnya setelah semua data yang diperlukan telah terkumpul. Perancangan model dalam penelitian ini menggunakan *software* Jack 6.1. ada enam tahapan umum yang perlu dilakukan dalam perancangan model ini, yaitu :

1. Membuat lingkungan virtual (*virtual environment*)
2. Membuat *virtual human*
3. Memposisikan *virtual human* ke dalam *virtual environment*
4. Memberikan gaya / beban tambahan pada *virtual human*
5. Membuat rangkaian animasi
6. Menganalisis performa *virtual human*
7. Melakukan perhitungan *Posture Evaluation Index* (PEI)

3.2.1 Membuat Lingkungan Virtual (*Virtual Environment*)

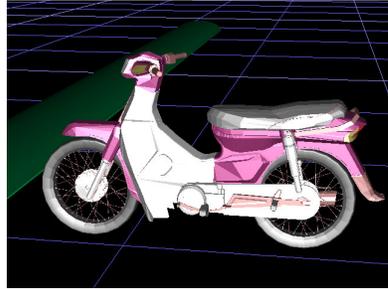
Tahapan awal dalam perancangan model simulasi dengan menggunakan *software* Jack 6.1 ini adalah membuat lingkungan virtual (*virtual environment*) dimana dalam penelitian ini yang mencakup sebagai lingkungan virtual adalah model sepeda motor dan model lintasan (berupa polisi tidur).

Model sepeda motor bebek ini dibuat dengan menggunakan sepeda motor China sebagai rangka utama yang kemudian pada beberapa komponen yang diasumsikan dapat mempengaruhi performa *virtual human* disesuaikan dengan spesifikasi sepeda motor bebek aktual. Model sepeda motor bebek ini dibuat dengan menggunakan *template* sepeda motor China yang didapat “Google Warehouse” dimana kemudian dimodifikasi lebih lanjut dalam *software* Google Sketch Up. Setelah dimodifikasi secara sempurna sesuai dengan kebutuhan penelitian maka model tersebut (Google Sketch Up) kemudian dirubah ke dalam bentuk “.dwg” agar dapat dimasukkan ke dalam *software* UGS NX 6.0. Dalam *software* UGS NX 6.0 tersebut format file pada model akan dirubah menjadi format Vis (.jt). Hal ini dilakukan untuk memudahkan proses pemasukan model ke dalam *virtual environment* pada *software* Jack 6.1. Berikut merupakan tampilan model sepeda motor bebek.



Gambar 3.9 Model Sepeda Motor bebek

Selain model sepeda motor bebek, entitas lainnya yang menjadi bagian dalam *virtual environment* adalah lintasan sepeda motor. Lintasan sepeda motor ini didapatkan dari hasil kuesioner yang telah ditampilkan pada sub bab diatas. Penulis memilih jalan yang rata dan banyak polisi tidur sebagai lintasan yang akan disimulasikan pada penelitian ini. Berikut merupakan tampilan *virtual environment* pada *software* Jack 6.1 setelah dimasukkan model sepeda motor bebek dan model lintasan.



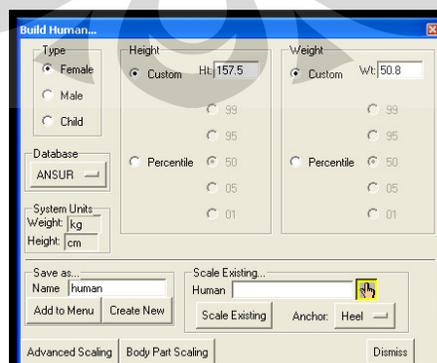
Gambar 3.10 *Virtual Environment* dalam *software Jack 6.1*

3.2.2 Membuat *Virtual Human*

Setelah pembuatan *virtual environment* selesai, maka langkah selanjutnya adalah membuat *virtual human*. Pembuatan *virtual human* ini dapat dilakukan dengan perintah *human < Create Human < Custom*

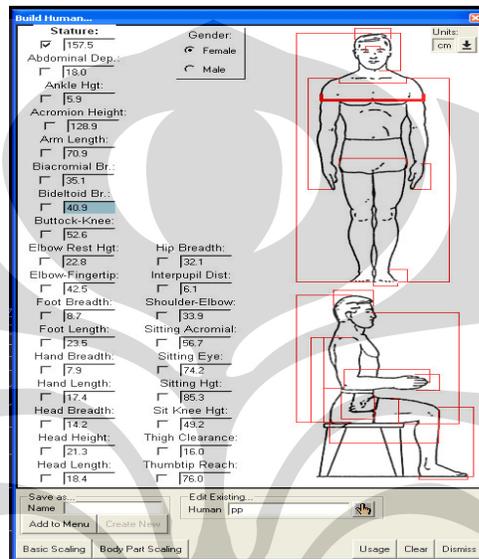
Dalam *software Jack 6.1* terdapat *virtual human* yang memiliki 71 segmen, 69 persendian dan 135 derajat kebebasan. *Software Jack 6.1* menyediakan bentuk dan ukuran dimensi antropometri pada *virtual human* yang mengacu pada ANSUR (*Army Natick Survey User Requirement*) sebagai *default*. Namun *software Jack 6.1* ini juga memiliki menu *custom* yang memungkinkan kita untuk membuat *virtual human* sesuai dengan data antropometri tertentu.

Dalam proses pembuatan *virtual human* secara *custom*, terdapat dua metode yang dapat digunakan. Metode pertama adalah dengan menggunakan metode *basic scaling* dan cara yang kedua adalah metode *advanced scaling*. Metode *basic scaling* adalah metode yang memungkinkan untuk membuat sebuah *virtual human* dengan hanya memasukkan tinggi badan dan berat badan yang dimiliki ke dalam formulir isian yang tersedia pada tampilan menu seperti terlihat pada **gambar 3.11** berikut).



Gambar 3.11 Tampilan Menu *Build Human* pada *Software Jack 6.1*

Selain dengan menggunakan metode *basic scaling*, *software* Jack 6.1 juga menyediakan metode *advance scaling* dalam mendefinisikan dimensi antropometri *virtual human* yang akan dibuat. Perbedaan dari kedua metode tersebut terdapat pada proses pengisian data antropometri yang diperlukan. Metode *advanced scaling* memungkinkan untuk memasukkan data antropometri secara lebih rinci, seperti yang terlihat pada **gambar 3.12** berikut.

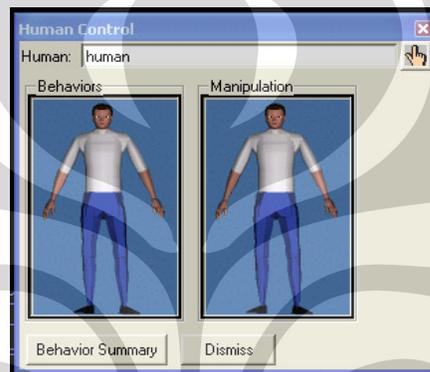


Gambar 3.12 Tampilan Menu *Advanced Scaling* pada *Software* Jack 6.1

Virtual human pada model simulasi ini dibuat dengan metode *basic scaling*, yaitu dengan memasukkan nilai tinggi badan dan berat badan senilai 157.5 dan 50.8. Nilai – nilai tersebut merupakan persentil 50th dari data – data antropometri wanita yang dikumpulkan penulis. Pemilihan persentil 50th sebagai data antropometri yang dipakai dengan pertimbangan bahwa pada kondisi sebenarnya produsen sepeda motor akan lebih memilih memproduksi sepeda motor yang memiliki *market share* terbanyak (diasumsikan persentil 50th merupakan >75% populasi). Hal ini disebabkan karena ukuran persentil 50th ini akan menjadi titik tengah yang menjembatani selisih ukuran tubuh antara nilai ekstrim maksimal (persentil 95th) dan nilai ekstrim minimal (persenti 5th). Selain itu, persentil 50th digunakan untuk menghindari kompleksitas pada data antropometri yang digunakan.

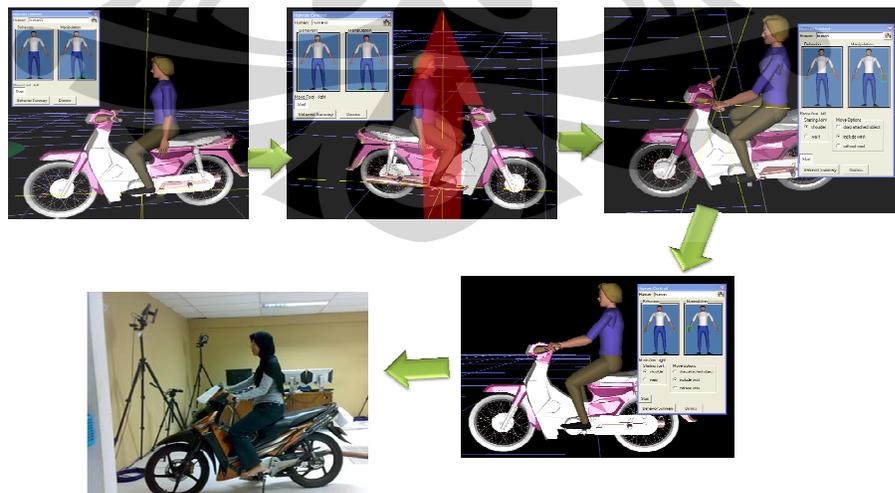
3.2.3 Memposisikan *Virtual Human* ke dalam *Virtual Environment*

Setelah pembuatan *virtual human* selesai, maka langkah selanjutnya adalah memposisikan *virtual human* tersebut ke dalam *virtual environment* sesuai dengan postur yang sebenarnya dilakukan di lapangan. Postur tubuh *virtual human* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga sesuai dengan postur manusia saat mengendarai sepeda motor dalam kehidupan nyata. Untuk mengatur postur tubuh *virtual human* pada *software* Jack 6.1 dapat menggunakan perintah *human control*, seperti yang terlihat pada **gambar 3.13** berikut.



Gambar 3.13 Tampilan Menu *Human Control*

Menu *human control* memungkinkan pengguna untuk dapat memanfaatkan secara efektif 135 derajat kebebasan yang ada pada *virtual human* pada *software* Jack tersebut, sehingga kita dapat memanipulasi postur tiap anggota tubuh *virtual human* tersebut agar sesuai dengan aktivitas yang ingin dimodelkan.

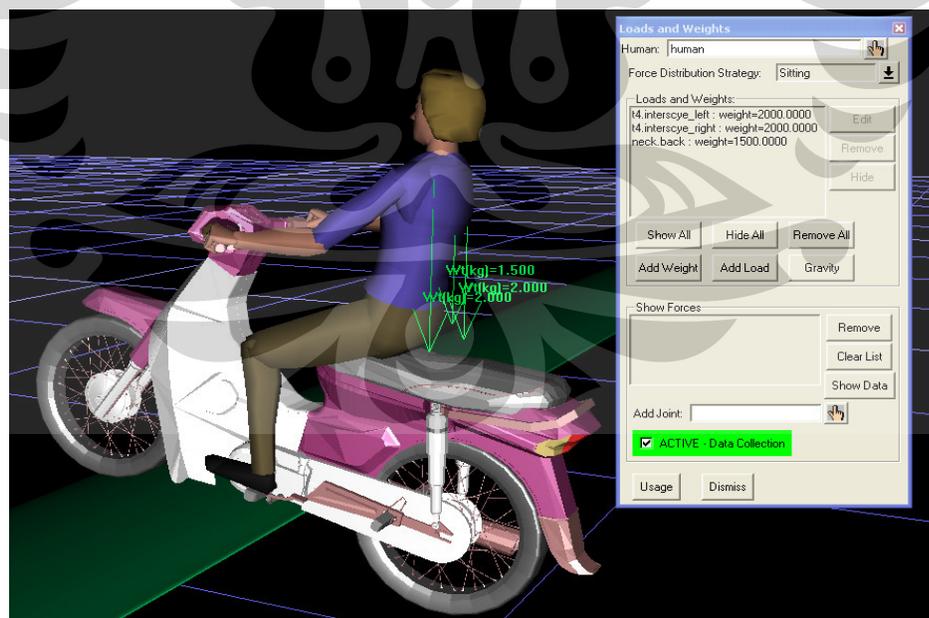


Gambar 3.14 Penyesuaian Postur pada *virtual human*

3.2.4 Memberikan Gaya / Beban Tambahan pada *Virtual Human*

Setelah *virtual human* selesai diposisikan sesuai dengan kondisi nyata, maka tahap selanjutnya adalah pemberian gaya / beban tambahan pada *virtual human* tersebut melalui menu *add Load and Weight*. Pada penelitian ini terdapat satu jenis beban yang dimasukkan ke dalam model, yaitu beban angkut yang dirasakan pengendara saat mengendarai motor. Beban angkut ini berasal dari beban yang ditimbulkan oleh barang bawaan pengendara yang diasumsikan memiliki massa sebesar 4 kg dan beban helm yang pasti dikenakan pengendara saat berkendara, dimana massa helm yang dipakai adalah 1,5 kg. Beban – beban ini diasumsikan terdistribusi secara seimbang dan menumpu pada kedua tulang bahu kanan dan kiri (untuk barang bawaan) dan menumpu pada leher belakang (untuk helm).

Nilai – nilai dari gaya ini kemudian dimasukkan ke dalam model melalui menu *add load and weights* dengan memilih pilihan *sitting* pada *force distribution strategy*. Kategori *sitting* ini dipilih berdasarkan postur pengendara. Postur pengendara yang dimodelkan ini adalah postur duduk atau semua distribusi gaya terpusat pada tubuh bagian pinggul.



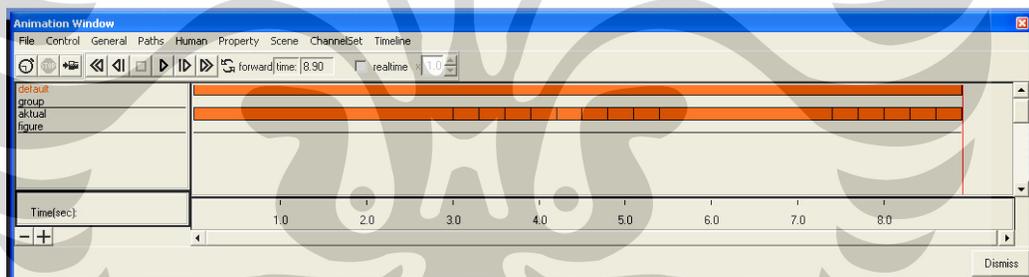
Gambar 3.15 Penambahan Gaya Luar pada Model

3.2.5 Membuat Rangkaian Animasi

Kemudian langkah selanjutnya adalah membuat animasi gerakan, tetapi sebelum membuat animasi sebaiknya pengguna mengaktifkan fungsi *attach* pada *virtual human* dan sepeda motor tersebut sehingga pada saat sepeda motor tersebut digerakkan *virtual human* yang ada dapat mengikuti pergerakannya.

Sistem animasi yang terdapat pada *software* Jack 6.1 ini memungkinkan pengguna untuk membuat mekanisme gerakan dari *virtual human* yang ada, sehingga *virtual human* tersebut dapat melakukan berbagai rangkaian operasi pekerjaan. Sistem animasi ini dapat diputar ulang sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan analisis dan peninjauan dari rangkaian gerakan yang dilakukan. Sistem animasi ini dapat dirubah ke dalam format video, sehingga dapat memberikan kemudahan pada pengguna dalam penyajiannya.

Untuk dapat mengaktifkan sistem animasi pada *software* Jack 6.1 tersebut, maka pengguna perlu mengikuti perintah (*command*) *Modules<Animation Systems*.



Gambar 3.16 Tampilan Kotak Dialog pada *Animation System*

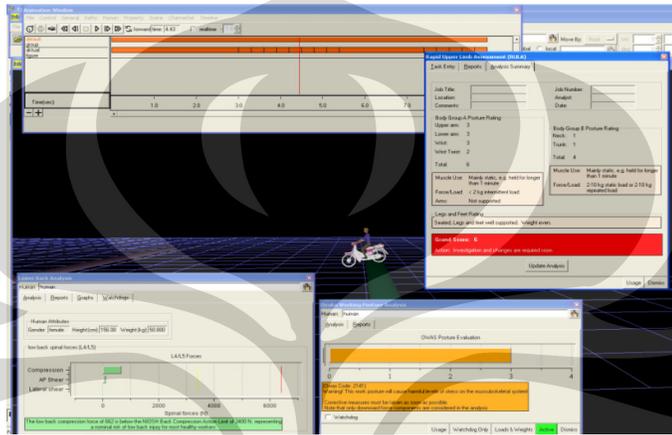
3.2.6 Menganalisis Performa *Virtual Human*

Setelah semua langkah – langkah diatas terselesaikan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis performa pada *virtual human* yang ada. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT). TAT tersebut digunakan untuk mengevaluasi kinerja *virtual human* terhadap postur dan gerakan simulasi yang dibuat.

Dikarenakan tujuan dari penelitian ini adalah mencari nilai PEI (*Posture Evaluation Index*) maka *analysis tools* yang digunakan hanya *Static Strength Prediction* (SSP), *Lower Back Analysis* (LBA), *Ovako Working Posture* (OWAS), dan *Rapid Upper Limb Analysis* (RULA).

Command (perintah) yang digunakan untuk menganalisa kinerja *virtual human* tersebut adalah *Analysis<Task Analysis Toolkit<....* (pilih tools yang dipakai).

Setelah mengeluarkan jendela dari *analysis tools* yang akan dipakai maka kita akan dapat mulai menganalisis performa *virtual human* tersebut dengan menjalankan animasi yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 3.17 Tampilan TAT saat Simulasi Dijalankan

3.2.7 Melakukan Perhitungan PEI (*Posture Evaluation Index*)

Setelah didapat *output* dari TAT, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan PEI. Nilai yang akan dimasukkan dalam perhitungan ini adalah nilai yang paling kritis / membahayakan. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi postur yang paling kritis pada saat mengendarai sepeda motor. Dengan memfokuskan analisis pada titik kritis, maka dengan begitu hasil analisis terhadap model ini dapat mengukur kemungkinan resiko terburuk yang dialami oleh pengendara motor ditinjau dari aspek ergonominya.

Langkah pertama dalam melakukan perhitungan PEI tersebut adalah dengan memastikan bahwa gerakan – gerakan yang dilakukan pada konfigurasi model tersebut dapat dilakukan oleh minimal 90% dari seluruh pengendara wanita. SSP memberikan hasil analisis sebagai berikut.

Tabel 3.3 Diagram Kapabilitas Hasil Analisis SSP

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	-1	--	34	9	100	-1	--	35	9	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-3	ABDUCT	40	10	100	-3	ABDUCT	41	11	100
	Rotation Bk/Fd	-0	--	45	15	100	-0	--	47	16	100
	Humeral Rot	-0	--	25	7	100	-0	--	24	6	100
Trunk	Flex/Ext	-21	EXTEN	230	79	100					
	Lateral Bending	-0	--	109	25	100					
	Rotation	0	--	53	16	100					
	Hip	0	--	142	48	100	0	--	142	48	100
	Knee	0	--	111	38	100	0	--	111	38	100
	Ankle	0	--	103	28	100	0	--	103	28	100

Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa postur pengendara sepeda motor yang disimulasikan dalam konfigurasi model tersebut dapat dilakukan oleh lebih dari 90% dari seluruh populasi pengendara wanita. Sehingga konfigurasi tersebut dapat dianalisis lebih lanjut dan dihitung nilai PEI nya.

Untuk mendapatkan nilai PEI, maka dibutuhkan hasil analisis LBA, OWAS dan RULA. Berikut merupakan rekapitulasi nilai LBA, OWAS dan RULA yang terjadi pada konfigurasi 1.

Tabel 3.4 Rekapitulasi Nilai LBA, OWAS dan RULA Konfigurasi 1

	LBA Jalan Rata	LBA Jalan Berpolisi Tidur	Rula	Owas
Aktual	565	836	6	3

Dengan memasukkan nilai – nilai diatas ke dalam persamaan 2.2, maka akan didapat nilai PEI sebagai berikut.

$$PEI = 836 / 3400 N + 3/4 + 6/7. 1,42 = \mathbf{2,21}$$

Nilai PEI ini nantinya akan dibandingkan dengan nilai PEI konfigurasi lain untuk menilai konfigurasi mana yang lebih baik dan ergonomis bagi pengendara wanita.

3.3 Perancangan Konfigurasi Model

Perancangan konfigurasi model diperlukan untuk menentukan desain sepeda motor seperti apa yang lebih ergonomis dari kondisi aktual berdasarkan nilai PEI yang didapat. Nilai PEI dari masing – masing konfigurasi tersebut

nantinya akan dibandingkan satu sama lain, lalu kemudian dicari suatu konfigurasi yang memiliki nilai PEI yang paling kecil.

Perancangan konfigurasi ini dilakukan berdasarkan variabel – variabel yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan 3 variabel, yaitu jarak antara jok dan stang secara vertikal serta jarak antara jok dan stang secara horizontal. Penentuan level ukuran yang digunakan dalam konfigurasi ini mengacu pada observasi yang dilakukan dan data – data sepsifikasi sepeda motor bebek yang ada pada umumnya. Konfigurasi yang akan dibuat merupakan hasil dari kombinasi antara jarak antara jok dan stang secara vertikal dan horizontal untuk lintasan rata dan berpolisi tidur. Berikut merupakan hasil konfigurasi model yang akan dibuat.

Tabel 3.5 Konfigurasi Model yang Akan Dibuat

Konfigurasi	Jok - Stang (vertikal) cm	Jok - Stang (Horizontal) cm	Jenis Lintasan	Keterangan
Konfigurasi 1	30	26	Rata	Aktual
	30	26	Polisi Tidur	
Konfigurasi 2	30	6	Rata	R e d e s i g n
	30	6	Polisi Tidur	
Konfigurasi 3	30	16	Rata	
	30	16	Polisi Tidur	
Konfigurasi 4	30	36	Rata	
	30	36	Polisi Tidur	
Konfigurasi 5	20	6	Rata	
	20	6	Polisi Tidur	
Konfigurasi 6	20	16	Rata	
	20	16	Polisi Tidur	
Konfigurasi 7	20	26	Rata	
	20	26	Polisi Tidur	
Konfigurasi 8	20	36	Rata	
	20	36	Polisi Tidur	
Konfigurasi 9	40	6	Rata	
	40	6	Polisi Tidur	
Konfigurasi 10	40	16	Rata	
	40	16	Polisi Tidur	
Konfigurasi 11	40	26	Rata	
	40	26	Polisi Tidur	
Konfigurasi 12	40	36	Rata	
	40	36	Polisi Tidur	

3.4 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi model dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat berhasil disimulasikan, sedangkan validasi model dilakukan untuk memastikan bahwa hasil simulasi model bernilai tepat. Atau dapat disimpulkan bahwa, verifikasi model lebih berorientasi pada proses dan validasi model lebih berorientasi pada hasil.

Dalam penelitian ini, verifikasi dilakukan dengan menjalankan *animation system* yang telah dibuat sambil memperhatikan *output* yang dihasilkan dari *Task Analysis Toolkit* berupa nilai pada SSP, LBA, OWAS, dan RULA. Dalam proses simulasi model ini, perubahan postur pada *virtual human* akan menyebabkan perubahan pada nilai LBA, OWAS dan RULA. Hal ini berarti bahwa model yang telah dibuat telah terverifikasi.

Proses validasi model dilakukan dengan cara merekayasa beban yang dikenakan pada *virtual human*. Penambahan beban tersebut dipastikan akan dapat mempengaruhi nilai LBA yang diperoleh. Semakin berat beban yang dikenakan, maka semakin besar pula nilai LBA yang didapat. Jika hubungan antara besar beban dan nilai LBA berbanding lurus, maka dapat disimpulkan bahwa model tersebut valid.

Validasi dilakukan terhadap konfigurasi 1 pada lintasan rata. Dalam keadaan normal (beban 4 kg), nilai LBA yang diperoleh sebesar 565 N, tetapi saat beban tersebut ditambah menjadi 10 kg dan 20 kg, nilai LBA yang diperoleh juga bertambah sebesar 603 N dan 697 N (berturut – turut). Dengan demikian, model ini dapat dikatakan valid.

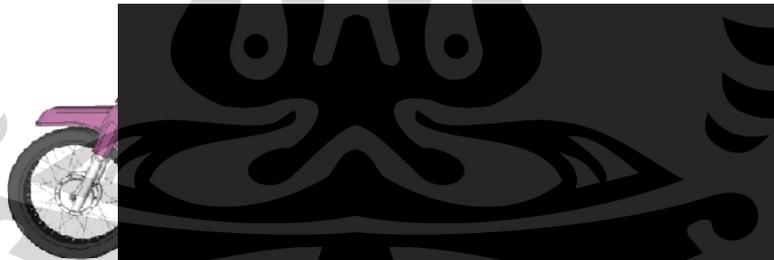
BAB 4

ANALISIS

Bab keempat ini akan membahas tentang analisis ergonomi desain sepeda motor bebek dan beberapa konfigurasi desain yang diusulkan dengan mengacu pada hasil *task analysis toolkit* pada *software* Jack 6.1. Kemudian, seluruh konfigurasi tersebut akan dihitung nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) nya dan dibandingkan satu sama lain untuk mendapatkan rekomendasi desain sepeda motor yang paling ergonomis (diantara konfigurasi-konfigurasi tersebut) bagi pengendaranya khususnya pengendara wanita.

4.1 Analisis Desain Aktual

Desain aktual sepeda motor yang dipakai memiliki spesifikasi jarak jok–stang secara horizontal sebesar 30 cm dan jarak jok – stang secara vertikal sebesar 26 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.1** berikut ini.



Gambar 4.1 Desain Aktual Sepeda Motor bebek

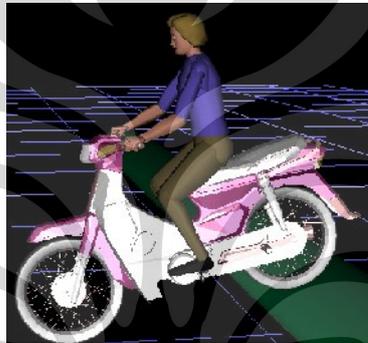
4.1.1 Hasil *Static Strength Prediction* (SSP)

Nilai SSP ini bertujuan untuk melihat kapabilitas populasi untuk dapat melakukan postur yang dimodelkan dalam simulasi ini. Hasil SSP pada desain aktual ini dapat terlihat pada **tabel 3.3** sub bab 3.2. Dalam tabel tersebut, tubuh bagian siku, bahu, punggung, pinggul, lutut dan pergelangan kaki berada di atas 90%. Persentase

ini menunjukkan bahwa konfigurasi 1 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

4.1.2 Hasil *Lower Back Analysis* (LBA)

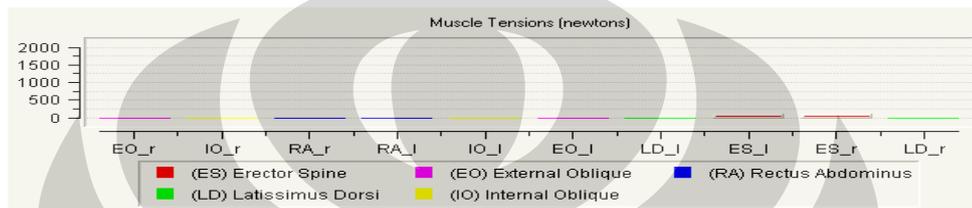
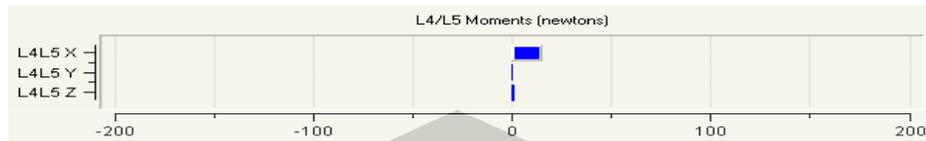
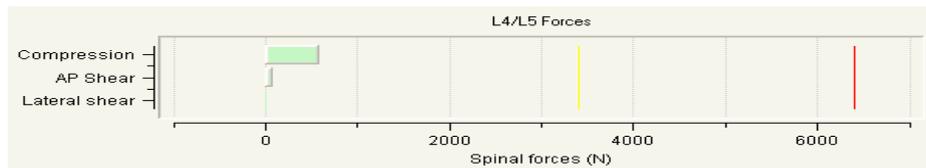
Nilai LBA yang perlu dicatat adalah LBA tertinggi atau LBA yang terjadi pada titik ekstrem. Pada simulasi lintasan mendatar (rata), nilai LBA tidak mengalami perubahan sama sekali yaitu 565 N. Sedangkan untuk lintasan yang memiliki polisi tidur, nilai LBA tersebut terus berubah – ubah, dan LBA yang paling besar terjadi pada saat berikut.



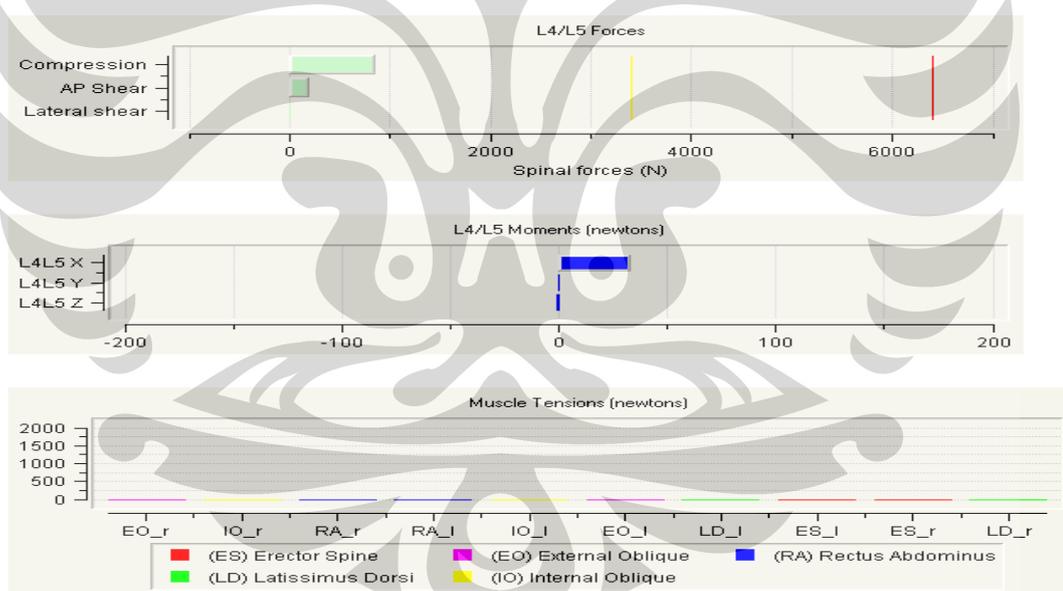
Gambar 4.2 Titik Ekstrem pada Kondisi Aktual

Pada titik ekstrem ini LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 837N. Tekanan tersebut berasal dari akumulasi semua beban dan gaya gravitasi yang timbul pada saat itu. Tekanan tersebut masih dapat diterima karena berada di bawah standar *NIOH Back Compression Action Limit* sebesar 3400 N.

Secara detail, *software* Jack 6.1 menyediakan analisis LBA sebagai berikut.



Gambar 4.3 Analisis LBA Desain Aktual Lintasan Rata

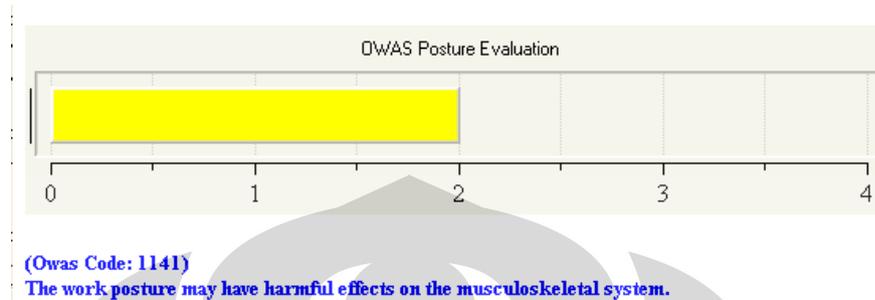


Gambar 4.4 Analisis LBA Desain Aktual Lintasan Berpolisi Tidur

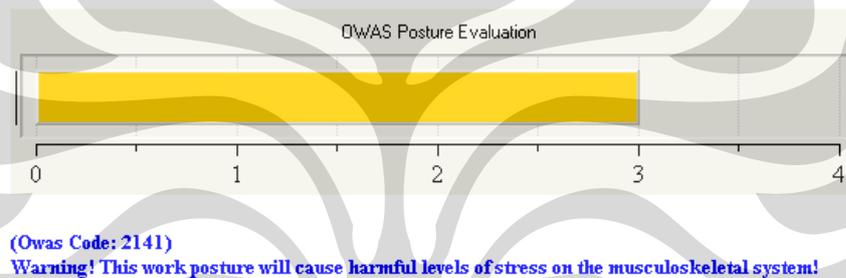
4.1.3 Hasil *Ovako Working Analysis System* (OWAS)

Nilai OWAS yang dicatat adalah nilai OWAS pada titik ekstrem yang terjadi selama simulasi dijalankan. Pada desain ini, nilai OWAS yang paling tinggi bernilai 3

atau masuk dalam kategori secara nyata membahayakan sistem muskuloskeletal manusia dan diperlukan perbaikan sesegera mungkin.



Gambar 4.5 Hasil OWAS desain aktual di lintasan rata



Gambar 4.6 Hasil OWAS desain aktual di lintasan berpolisi tidur

Bila ditinjau dari segi kode OWAS, berdasarkan **tabel 2.7**, maka kode OWAS tersebut menunjukkan bahwa kode 1141 dan 2141 tersebut berarti:

1. Postur bagian punggung masuk dalam kategori nilai 1 dan 2. Nilai 1 menunjukkan bahwa postur punggung dalam kondisi lurus dan nilai 2 menunjukkan bahwa postur punggung dalam keadaan membungkuk,
2. Postur bagian lengan bernilai 1, artinya postur kedua lengan berada di bawah bahu, postur ini merupakan postur paling ergonomis karena memiliki risiko cedera paling kecil,
3. Postur bagian kaki memiliki nilai 4, artinya kedua kaki dalam kondisi memiliki tumpuan (bertumpu pada pedal), dan postur lutut dalam keadaan bengkok,

4. Karena beban angkut pada bagian pundak <10 kg, maka nilai untuk beban angkut ini masuk dalam kategori 1.

Selanjutnya nilai OWAS ini akan dimasukkan ke dalam perhitungan PEI yang akan dijadikan sebagai pembanding antara desain – desain sepeda motor lainnya.

4.1.4 Hasil *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA)

Selama simulasi nilai RULA tidak memiliki perubahan sama sekali, seperti halnya SSP, LBA, dan OWAS. Hal ini dikarenakan RULA hanya mengevaluasi postur tubuh bagian atas yang meliputi lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, leher dan batang tubuh yang relative statis selama simulasi mengendara sepeda motor dilakukan. Berikut merupakan nilai RULA untuk desain aktual ini.

The screenshot displays the RULA software interface with the following data:

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: 2 Lower arm: 3 Wrist: 2 Wrist Twist: 2 Total: 5	
Body Group B Posture Rating Neck: 1 Trunk: 1 Total: 4	
Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute Force/Load: < 2 kg intermittent load Arms: Supported	Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute Force/Load: 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
Legs and Feet Rating Seated, Legs and feet well supported. Weight even.	
Grand Score: 5 Action: Investigation and changes are required soon.	
Update Analysis	

Gambar 4.7 Nilai RULA desain aktual

Penilaian RULA ini dibagi menjadi 2 kategori, yaitu untuk kategori A yang meliputi *upper arm*, *lower arm*, *wrist* dan *wrist twist*; dan untuk kategori B meliputi *neck* dan *trunk*.

Untuk *body group A*, *upper arm* bernilai 2, *lower arm* bernilai 3, *wrist* bernilai 2, *wrist twist* bernilai 2 ditambah penggunaan otot yang cenderung statis (selama lebih dari 1 menit) dan adanya tambahan gaya luar sebesar <2kg yang bersifat *intermittent load* menghasilkan nilai RULA total untuk *body group A* adalah sebesar 5. Sedangkan untuk *body group B* bernilai 4, nilai ini didapatkan karena postur *neck* dan *trunk* bernilai 1 ditambah penggunaan otot yang cenderung statis (selama lebih dari 1 menit) dan adanya beban pada kategori B sebesar 2-10 Kg (dengan mempertimbangkan beban angkut tas sebesar 4 Kg dan Helm sebesar 1,5 Kg), sehingga menghasilkan nilai RULA total untuk *body group B* adalah sebesar 4.

Nilai – nilai ini muncul dari kriteria – kriteria yang telah ditetapkan. Nilai 2 pada *upper arm* dikarenakan lengan atas membentuk sudut 46° - 90° terhadap garis normal (memiliki kontribusi +3) dan adanya stang (*arm supported*) memberikan kontribusi nilai -1 sehingga diperoleh nilai *upper arm* sebesar 2. Untuk *lower arm*, nilai 3 berasal dari lengan bawah yang tidak membentuk sudut 60° - 100° (kontribusi +2) dan berada pada posisi diluar *midline* (+1). Untuk *wrist* dan *wrist twist* bernilai 2 dikarenakan posisi pergelangan tangan tersebut sedikit ekstrem yaitu $<15^{\circ}$. Untuk *neck* dan *trunk*, pada dasarnya postur *body group* tersebut tidaklah ekstrem sehingga menghasilkan angka 1 pada masing – masing *body group*, tetapi dikarenakan adanya beban tambahan sebesar 2-10 Kg yang bersifat secara statis dan adanya penggunaan otot yang cenderung statis maka nilai total dari RULA untuk *body group A* adalah 4.

Untuk *legs and feet rating* dipilih kategori *seated*, *legs and feet well supported*. *Weight even*. Hal ini dikarenakan dalam mengendara sepeda motor, umumnya pengendara mengendarai dalam posisi duduk dengan kedua kaki menumpu pada *foot step* yang ada. **Gambar 4.8** di bawah ini merupakan *task entry* yang berfungsi untuk memasukkan informasi – informasi tersebut di atas.

Gambar 4.8 Task Entry RULA pada software Jack 6.1

4.1.5 Perhitungan PEI Konfigurasi 1 (Desain Aktual)

Setelah mendapatkan nilai SSP, LBA, OWAS, dan RULA, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai PEI sesuai **persamaan 2.2**. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan PEI konfigurasi 1 (desain aktual).

Tabel 4.1 Rekapitulasi PEI Konfigurasi 1 (Desain Aktual)

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B			Grand Score		
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T			Σ
Rata	Ya	565	1141	2	2	3	2	2	5	1	1	4	5	1,6805
Polisi Tidur	Ya	837	2141	3	2	3	2	2	5	1	1	4	5	2,0105

Keterangan :

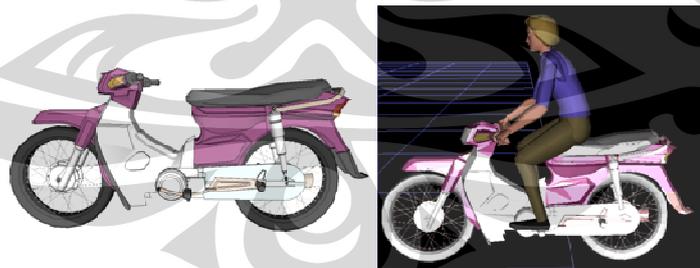
UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

4.2 Analisa Konfigurasi Redesain Sepeda Motor

Konfigurasi redesain sepeda motor bebek ini merupakan kombinasi dari perubahan-perubahan pada tinggi stang dan perubahan – perubahan pada jarak antara stang dan jok sepeda motor dimana detail konfigurasi – konfigurasi ini dapat terlihat pada **tabel 3.5** pada sub bab sebelumnya. Berikut ini adalah analisis untuk tiap konfigurasi redesain sepeda motor bebek.

4.2.1 Analisis Konfigurasi 2

Sepeda motor konfigurasi 2 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 6 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 30 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.9** berikut ini.

**Gambar 4.9** Desain Sepeda Motor Konfigurasi 2

Hasil SSP pada desain konfigurasi 2 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 2 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang hanya 6cm atau dapat dikatakan jok dan stang memiliki tinggi yang relatif sejajar sehingga *virtual human* yang disimulasikan terlihat lebih membungkuk dan hal itu akan menyebabkan nilai LBA yang naik hingga 1105 N pada lintasan rata dan 1327 N pada lintasan berpola tidur.

Selain itu desain dengan dimensi seperti ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai RULA. Terutama pada nilai *neck* dan *trunk*, dimana *neck* berubah dari 1 menjadi 4 dan *trunk* berubah dari 1 menjadi 3, hal ini diakibatkan leher harus berada pada posisi $>20^\circ$ dan melawan gaya gravitasi yang ada (untuk melihat ke depan kepala harus agak mendongak ke atas) dan nilai 3 pada *trunk* dikarenakan batang tubuh *virtual human* tersebut berada pada posisi antara 20° - 60° untuk menjangkau stang yang letaknya agak jauh dari jok tersebut. Di lain pihak, *wrist twist* pada desain konfigurasi ini berkurang nilainya dari 2 menjadi 1. Tetapi walaupun begitu, secara keseluruhan, nilai RULA pada desain ini mengalami peningkatan dari 5 menjadi 7.

OWAS pada konfigurasi ini memiliki nilai yang sama dengan desain aktual, hanya saja untuk lintasan rata nilai OWAS pada konfigurasi ini naik menjadi 3 sehingga dalam konfigurasi ini nilai OWAS untuk kedua lintasan (rata dan berpola tidur) mendapat nilai 3 dengan kode yang sama yaitu 2141.

Peningkatan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan meningkat pula.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 2

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Skor	Body Group A					Body Group B			Grand Score	
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ		
Rata	Ya	1105	2141	3	2	3	2	1	5	4	3	9	7	2,4950
Polisi Tidur	Ya	1327	2141	3	2	3	2	1	5	4	3	9	7	2,5603

Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.2 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 2 ini lebih tidak ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.2 Analisis Konfigurasi 3

Sepeda motor konfigurasi 3 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 16 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 30 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.10** berikut ini.



Gambar 4.10 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 3

Hasil SSP pada desain konfigurasi 3 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 3 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang hanya 16 cm. Dengan desain seperti itu LBA menjadi lebih kecil dari desain aktual yaitu sebesar 501 N pada lintasan rata dan 751 N pada lintasan berpolisi tidur.

Pada desain konfigurasi 3 ini, nilai RULA dan OWAS tidak mengalami perubahan bila dibandingkan desain aktual yaitu RULA tetap bernilai 5 dengan nilai *body group A* sebesar 5 dan *body group B* sebesar 4 sedangkan OWAS tetap bernilai 2 saat lintasan rata dan bernilai 3 saat lintasan berpolisi tidur dimana kode OWAS tetap sama yaitu 1141 untuk lintasan rata dan 2141 untuk lintasan berpolisi tidur.

Penurunan nilai LBA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan menurun pula.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 3

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B			Grand Score		
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T			Σ
Rata	Ya	501	1141	2	2	3	2	2	5	1	1	4	5	1,6616
Polisi Tidur	Ya	751	2141	3	2	3	2	2	5	1	1	4	5	1,9852

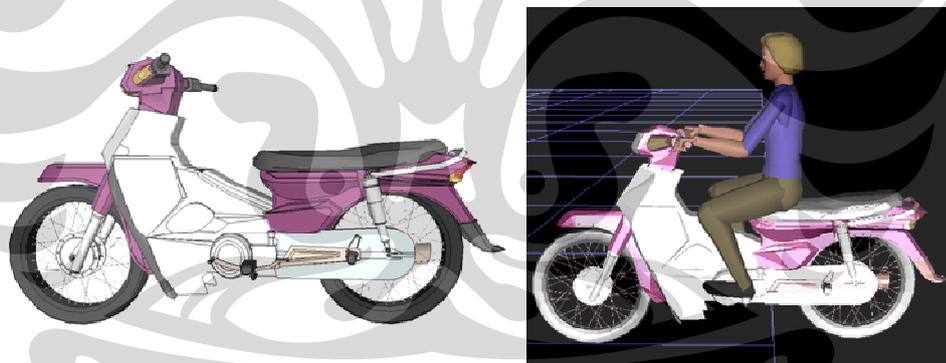
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.3 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 3 ini lebih ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.3 Analisis Konfigurasi 4

Sepeda motor konfigurasi 4 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 36 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 30 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.11** berikut ini.



Gambar 4.11 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 4

Hasil SSP pada desain konfigurasi 4 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 4 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang 36 cm. Dengan desain seperti itu LBA menjadi lebih kecil dari desain aktual yaitu sebesar 519 N pada lintasan rata dan 774 N pada lintasan berpolic tidur.

Pada desain konfigurasi 4 ini, nilai RULA dan OWAS tidak mengalami perubahan bila dibandingkan desain aktual yaitu RULA tetap bernilai 5 dengan nilai *body group A* sebesar 5 (walau nilai *wrist* berkurang menjadi 1) dan *body group B* sebesar 4 sedangkan OWAS tetap bernilai 2 saat lintasan rata dan bernilai 3 saat lintasan berpolisi tidur dimana kode OWAS tetap sama yaitu 1141 untuk lintasan rata dan 2141 untuk lintasan berpolisi tidur.

Penurunan nilai LBA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan menurun pula.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 4

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA									PEI	
			Kode	Skor	Body Group A					Body Group B					Grand Score
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ			
Rata	Ya	519	1141	2	2	3	1	2	5	1	1	4	5	1,6669	
Polisi Tidur	Ya	774	2141	3	2	3	1	2	5	1	1	4	5	1,9919	

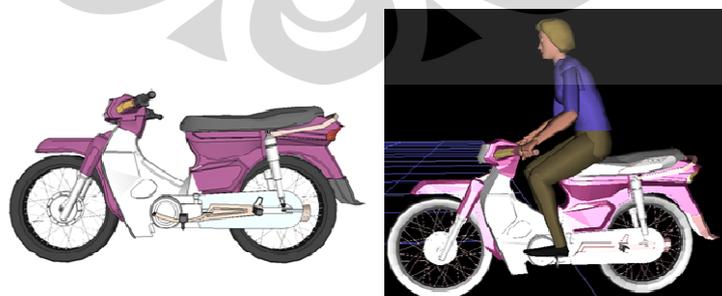
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.4 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 4 ini lebih ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.4 Analisis Konfigurasi 5

Sepeda motor konfigurasi 5 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 6 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 20 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4,12** berikut ini.



Gambar 4.12 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 5

Hasil SSP pada desain konfigurasi 5 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 5 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang hanya 6 cm atau dapat dikatakan jok dan stang memiliki tinggi yang relatif sejajar sehingga *virtual human* yang disimulasikan terlihat lebih membungkuk dan hal itu akan menyebabkan nilai LBA yang naik hingga 1019 N pada lintasan rata dan 1300 N pada lintasan berpolisi tidur.

Selain itu desain dengan dimensi seperti ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai RULA. Terutama pada nilai *neck* dan *trunk*, dimana *neck* berubah dari 1 menjadi 4 dan *trunk* berubah dari 1 menjadi 3, hal ini diakibatkan leher harus berada pada posisi $>20^\circ$ dan melawan gaya gravitasi yang ada (untuk melihat ke depan kepala harus agak mendongak ke atas) dan nilai 3 pada *trunk* dikarenakan batang tubuh *virtual human* tersebut berada pada posisi antara 20° - 60° untuk menjangkau stang yang letaknya agak jauh dari jok tersebut. Di lain pihak, *wrist twist* pada desain konfigurasi ini berkurang nilainya dari 2 menjadi 1. Tetapi walaupun begitu, secara keseluruhan, nilai RULA pada desain ini mengalami peningkatan dari 5 menjadi 7.

OWAS pada konfigurasi ini memiliki nilai yang sama dengan desain aktual, hanya saja untuk lintasan rata nilai OWAS pada konfigurasi ini naik menjadi 3 sehingga dalam konfigurasi ini nilai OWAS untuk kedua lintasan (rata dan berpolisi tidur) mendapat nilai 3 dengan kode yang sama yaitu 2141.

Peningkatan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan meningkat pula.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 5

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA									PEI	
			Kode	Skor	Body Group A					Body Group B					Grand Score
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ			
Rata	Ya	1019	2141	3	2	3	2	1	5	4	3	9	7	2,4697	
Polisi Tidur	Ya	1300	2141	3	2	3	2	1	5	4	3	9	7	2,5524	

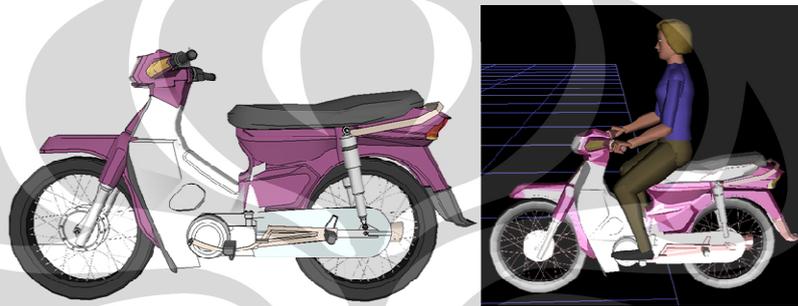
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.5 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 5 ini lebih tidak ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.5 Analisis Konfigurasi 6

Sepeda motor konfigurasi 6 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 16 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 20 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.13** berikut ini.



Gambar 4.13 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 6

Hasil SSP pada desain konfigurasi 6 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 6 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang 16 cm. Dengan desain seperti itu LBA menjadi lebih kecil dari desain aktual yaitu sebesar 468 N pada lintasan rata dan 717 N pada lintasan berpolisi tidur.

Pada desain konfigurasi 6 ini, nilai RULA mengalami penurunan menjadi 4. Hal ini disebabkan nilai pada *upper arm* yang mengalami penurunan dari 2 menjadi 1. Penurunan ini disebabkan karena posisi *upper arm* yang lebih baik dibandingkan saat desain aktual yaitu berada di antara sudut 21° - 45°.

OWAS pada konfigurasi desain ini tidak mengalami perubahan bila dibandingkan desain aktual yaitu tetap bernilai 2 saat lintasan rata dan bernilai 3 saat lintasan berpolisi tidur dimana kode OWAS tetap sama yaitu 1141 untuk lintasan rata dan 2141 untuk lintasan berpolisi tidur.

Penurunan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan menurun pula.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 6

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B					Grand Score
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ		
Rata	Ya	468	1141	2	1	3	2	2	4	1	1	4	4	1,4491
Polisi Tidur	Ya	717	2141	3	1	3	2	2	4	1	1	4	4	1,7723

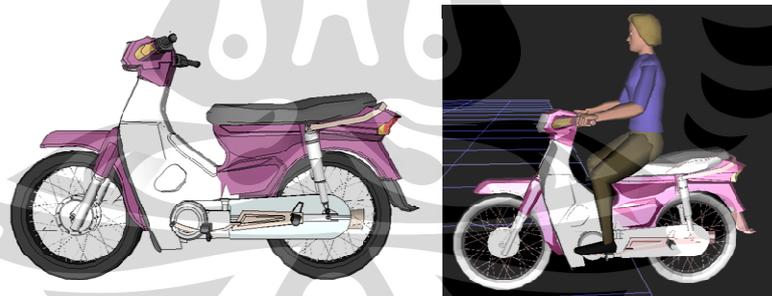
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.6 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 6 ini lebih ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.6 Analisis Konfigurasi 7

Sepeda motor konfigurasi 7 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 26 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 20 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.14** berikut ini.



Gambar 4.14 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 7

Hasil SSP pada desain konfigurasi 7 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 7 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang 26 cm. Dengan desain seperti itu LBA menjadi lebih kecil dari desain aktual yaitu sebesar 521 N pada lintasan rata dan 796 N pada lintasan berpola tidur.

Pada desain konfigurasi 7 ini, nilai RULA mengalami penurunan menjadi 4. Hal ini disebabkan nilai pada *upper arm* yang mengalami penurunan dari 2 menjadi 1. Penurunan ini disebabkan karena posisi *upper arm* yang lebih baik dibandingkan saat desain aktual yaitu berada di antara sudut 21° - 45°.

OWAS pada konfigurasi desain ini tidak mengalami perubahan bila dibandingkan desain aktual yaitu tetap bernilai 2 saat lintasan rata dan bernilai 3 saat lintasan berpola tidur dimana kode OWAS tetap sama yaitu 1141 untuk lintasan rata dan 2141 untuk lintasan berpola tidur.

Penurunan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan menurun pula.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 7

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B					Grand Score
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ		
Rata	Ya	521	1141	2	1	3	2	2	4	1	1	4	4	1,4647
Polisi Tidur	Ya	796	2141	3	1	3	2	2	4	1	1	4	4	1,7955

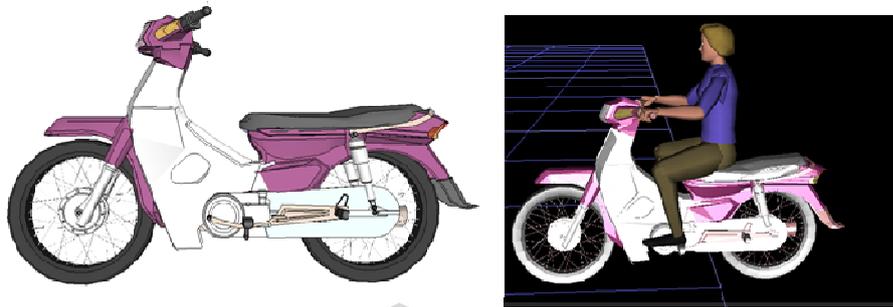
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.7 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 7 ini lebih ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.7 Analisis Konfigurasi 8

Sepeda motor konfigurasi 8 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 36 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 20 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.15** berikut ini.



Gambar 4.15 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 8

Hasil SSP pada desain konfigurasi 8 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 8 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang 36 cm. Dengan desain seperti itu LBA menjadi lebih kecil dari desain aktual yaitu sebesar 542 N pada lintasan rata dan 822 N pada lintasan berpolisi tidur.

Pada desain konfigurasi 8 ini, nilai RULA mengalami penurunan menjadi 4. Hal ini disebabkan nilai pada *lower arm* yang mengalami penurunan dari 3 menjadi 2. Penurunan ini disebabkan karena posisi *upper arm* yang lebih baik dibandingkan saat desain aktual yaitu berada di antara sudut 60° - 100° .

OWAS pada konfigurasi desain ini tidak mengalami perubahan bila dibandingkan desain aktual yaitu tetap bernilai 2 saat lintasan rata dan bernilai 3 saat lintasan berpolisi tidur dimana kode OWAS tetap sama yaitu 1141 untuk lintasan rata dan 2141 untuk lintasan berpolisi tidur.

Penurunan nilai LBA, RULA dan OWAS pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan menurun pula.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 8

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI		
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B			Grand Score			
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T			Σ	
Rata	Ya	521	1141	2	2	2	2	2	2	4	1	1	4	4	1,4647
Polisi Tidur	Ya	796	1141	2	2	2	2	2	2	4	1	1	4	4	1,5455

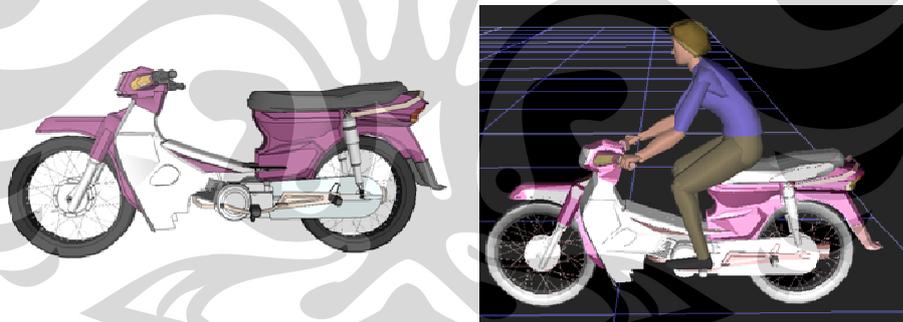
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.8 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 8 ini lebih ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.8 Analisis Konfigurasi 9

Sepeda motor konfigurasi 9 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 6 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 40 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.16** berikut ini.



Gambar 4.16 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 9

Hasil SSP pada desain konfigurasi 9 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 9 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini tinggi antara jok dan stang hanya 6 cm atau dapat dikatakan jok dan stang memiliki tinggi yang relatif sejajar sehingga *virtual human* yang disimulasikan terlihat lebih membungkuk dan hal itu akan menyebabkan nilai LBA yang naik hingga 1347 N pada lintasan rata dan 1528 N pada lintasan berpolisi tidur.

Selain itu desain dengan dimensi seperti ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai RULA. Hal ini dikarenakan kenaikan nilai *upper arm* dari 2 menjadi 3, akibat peregangan postur tangan yang terjadi. Selain itu, desain ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai *neck* dan *trunk*, dimana *neck* berubah dari 1 menjadi 4 dan *trunk* berubah dari 1 menjadi 3, hal ini diakibatkan leher harus berada pada posisi $>20^\circ$ dan melawan gaya gravitasi yang ada (untuk melihat ke depan kepala harus agak mendongak ke atas) dan nilai 3 pada *trunk* dikarenakan batang tubuh *virtual human* tersebut berada pada posisi antara 20° - 60° untuk menjangkau stang yang letaknya agak jauh dari jok tersebut. Sehingga secara keseluruhan, nilai RULA pada desain ini mengalami peningkatan dari 5 menjadi 7.

OWAS pada konfigurasi ini memiliki nilai yang sama dengan desain aktual, hanya saja untuk lintasan rata nilai OWAS pada konfigurasi ini naik menjadi 3 sehingga dalam konfigurasi ini nilai OWAS untuk kedua lintasan (rata dan berpoli tidur) mendapat nilai 3 dengan kode yang sama yaitu 2141.

Peningkatan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan meningkat pula.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 9

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Skor	Body Group A					Body Group B				Grand Score
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ		
Rata	Ya	1347	2141	3	3	3	2	2	5	4	3	9	7	2,5662
Polisi Tidur	Ya	1528	2141	3	3	3	2	2	5	4	3	9	7	2,6194

Keterangan :

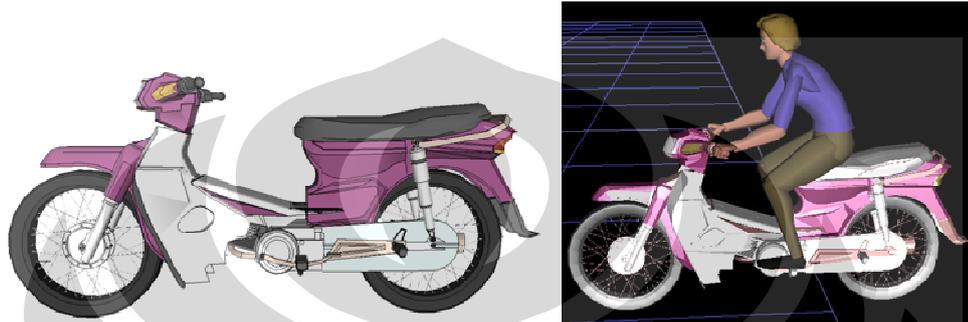
UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Sumber : Penulis

Dari tabel 4.9 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 9 ini lebih tidak ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.9 Analisis Konfigurasi 10

Sepeda motor konfigurasi 10 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 16 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 40 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.17** berikut ini.



Gambar 4.17 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 10

Hasil SSP pada desain konfigurasi 10 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 10 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini jarak antara jok dan stang 40 cm sehingga *virtual human* yang disimulasikan terlihat lebih membungkuk dan hal itu akan menyebabkan nilai LBA yang naik hingga 1341 N pada lintasan rata dan 1523 N pada lintasan berpolisi tidur.

Selain itu desain dengan dimensi seperti ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai RULA. Hal ini dikarenakan kenaikan nilai *upper arm* dan *wrist* dari 2 menjadi 3, akibat peregangan postur tangan yang terjadi. Selain itu, desain ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai *neck* dan *trunk*, dimana *neck* berubah dari 1 menjadi 4 dan *trunk* berubah dari 1 menjadi 3, hal ini diakibatkan leher harus berada pada posisi $>20^\circ$ dan melawan gaya gravitasi yang ada (untuk melihat ke depan kepala harus agak mendongak ke atas) dan nilai 3 pada *trunk* dikarenakan batang tubuh *virtual human* tersebut berada pada posisi antara 20° - 60° untuk menjangkau stang yang letaknya

agak jauh dari jok tersebut. Sehingga secara keseluruhan, nilai RULA pada desain ini mengalami peningkatan dari 5 menjadi 7.

OWAS pada konfigurasi ini memiliki nilai yang sama dengan desain aktual, hanya saja untuk lintasan rata nilai OWAS pada konfigurasi ini naik menjadi 3 sehingga dalam konfigurasi ini nilai OWAS untuk kedua lintasan (rata dan berpola tidur) mendapat nilai 3 dengan kode yang sama yaitu 2141.

Peningkatan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan meningkat pula.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 10

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B					Grand Score
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ		
Rata	Ya	1341	2141	3	3	3	3	2	6	4	3	9	7	2,5644
Polisi Tidur	Ya	1523	2141	3	3	3	3	2	6	4	3	9	7	2,6179

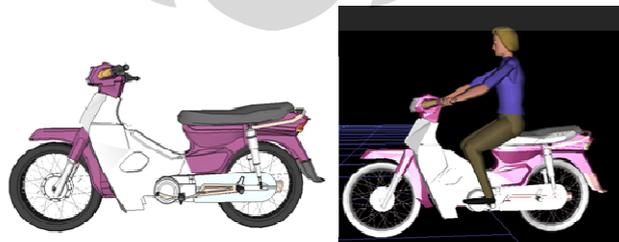
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.10 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 10 ini lebih tidak ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.10 Analisis Konfigurasi 11

Sepeda motor konfigurasi 11 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 26 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 40 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.18** berikut ini.



Gambar 4.18 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 11

Hasil SSP pada desain konfigurasi 1 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 1 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini jarak antara jok dan stang 40 cm sehingga *virtual human* yang disimulasikan terlihat lebih membungkuk dan hal itu akan menyebabkan nilai LBA yang naik hingga 657 N pada lintasan rata dan 929 N pada lintasan berpolisi tidur.

Selain itu desain dengan dimensi seperti ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai RULA. Hal ini dikarenakan kenaikan nilai *upper arm* dan *wrist* dari 2 menjadi 3, akibat peregangan postur tangan yang terjadi. Selain itu, desain ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai *trunk*, yaitu berubah dari 1 menjadi 2, hal ini diakibatkan batang tubuh *virtual human* tersebut berada pada posisi antara 0°-20° atau agak sedikit membungkuk yang dimaksudkan untuk menjangkau stang yang letaknya agak jauh dari jok tersebut. Sehingga secara keseluruhan, nilai RULA pada desain ini mengalami peningkatan dari 5 menjadi 6.

OWAS pada konfigurasi ini memiliki nilai yang sama dengan desain aktual dan dengan kode yang sama juga yaitu 1141 untuk lintasan rata dan 2141 untuk lintasan tak rata.

Peningkatan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan meningkat pula.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 11

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA									PEI
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B			Grand Score		
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T		Σ	
Rata	Ya	657	1141	2	3	3	3	2	6	1	2	5	6	1,9104
Polisi Tidur	Ya	929	2141	3	3	3	3	2	6	1	2	5	6	2,2404

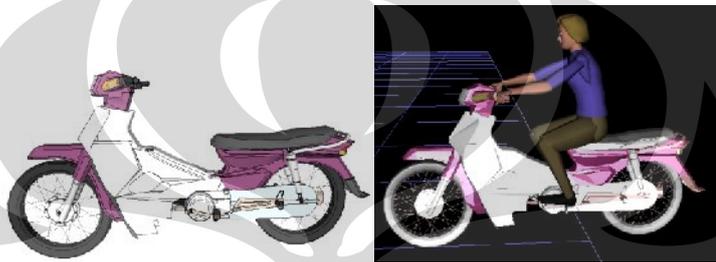
Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.11 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 11 ini lebih tidak ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.2.11 Analisis Konfigurasi 12

Sepeda motor konfigurasi 12 ini merupakan desain yang memiliki tinggi stang 36 cm (jok – stang secara vertikal) dan jarak jok – stang (secara horizontal) sebesar 40 cm atau seperti terlihat pada **gambar 4.19** berikut ini.



Gambar 4.19 Desain Sepeda Motor Konfigurasi 12

Hasil SSP pada desain konfigurasi 12 masih berada di atas 90%. Persentase ini menunjukkan bahwa konfigurasi 12 ini dapat berlanjut ke tahap analisis selanjutnya.

Pada konfigurasi ini jarak antara jok dan stang 40 cm sehingga *virtual human* yang disimulasikan terlihat lebih membungkuk dan hal itu akan menyebabkan nilai LBA yang naik hingga 946 N pada lintasan rata dan 1198 N pada lintasan berpolisi tidur.

Selain itu desain dengan dimensi seperti ini juga menyebabkan kenaikan pada nilai RULA. Hal ini dikarenakan kenaikan nilai *upper arm* dari 2 menjadi 3, akibat peregangan postur tangan yang terjadi. Di lain pihak, pada desain konfigurasi ini *wrist twist* mengalami penurunan, yaitu dari 2 menjadi 1. Pada *neck* dan *trunk*, desain konfigurasi ini juga mengalami peningkatan, dimana *neck* berubah dari 1 menjadi 4 dan *trunk* berubah dari 1 menjadi 3, hal ini diakibatkan leher harus berada pada posisi $>20^\circ$ dan melawan gaya gravitasi yang ada (untuk melihat ke depan kepala harus

agak mendongak ke atas) dan nilai 3 pada *trunk* dikarenakan batang tubuh *virtual human* tersebut berada pada posisi antara 20°-60° untuk menjangkau stang yang letaknya agak jauh dari jok tersebut. Sehingga secara keseluruhan, nilai RULA pada desain ini mengalami peningkatan dari 5 menjadi 7.

OWAS pada konfigurasi ini memiliki nilai yang sama dengan desain aktual, hanya saja untuk lintasan rata nilai OWAS pada konfigurasi ini naik menjadi 3 sehingga dalam konfigurasi ini nilai OWAS untuk kedua lintasan (rata dan berpolisi tidur) mendapat nilai 3 dengan kode yang sama yaitu 2141.

Peningkatan nilai LBA dan RULA pada desain ini berefek pada nilai PEI yang pastinya akan meningkat pula.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Perhitungan PEI Konfigurasi 12

Jenis Lintasan	SSP >90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA								PEI	
			Kode	Skor	Body Group A				Body Group B					Grand Score
					UA	LA	W	WT	Σ	N	T	Σ		
Rata	Ya	946	2141	3	3	3	2	1	5	4	3	9	7	2,4482
Polisi Tidur	Ya	1198	2141	3	3	3	2	1	5	4	3	9	7	2,5224

Keterangan :

UA = Upper Arm W = Wrist N = Neck
 LA = Lower Arm WT = Wrist Twist T = Trunk

Dari tabel 4.12 diatas, dapat terlihat bahwa desain pada konfigurasi 12 ini lebih tidak ergonomis dibanding desain aktual (konfigurasi 1).

4.3 Analisis Perbandingan Nilai PEI Seluruh Konfigurasi

Perbandingan ini dimaksudkan untuk mencari konfigurasi yang memiliki nilai PEI paling rendah, yang menunjukkan bahwa konfigurasi tersebut merupakan desain yang paling ergonomis bagi pengendara wanita. Selain itu, pada sub bab ini juga akan dibahas mengenai karakteristik nilai LBA, RULA, *muscle tension* dan PEI pada seluruh konfigurasi dan membandingkannya antara satu dengan lainnya pada saat lintasan rata dan lintasan berpolisi tidur. Perbandingan tersebut difokuskan pada nilai LBA, RULA, *muscle tension* dan PEI dikarenakan pada setiap konfigurasi memiliki

nilai – nilai yang cukup berbeda satu sama lain. Berbeda dengan nilai OWAS dan SSP yang memiliki nilai cenderung tetap untuk semua konfigurasi di semua lintasan.

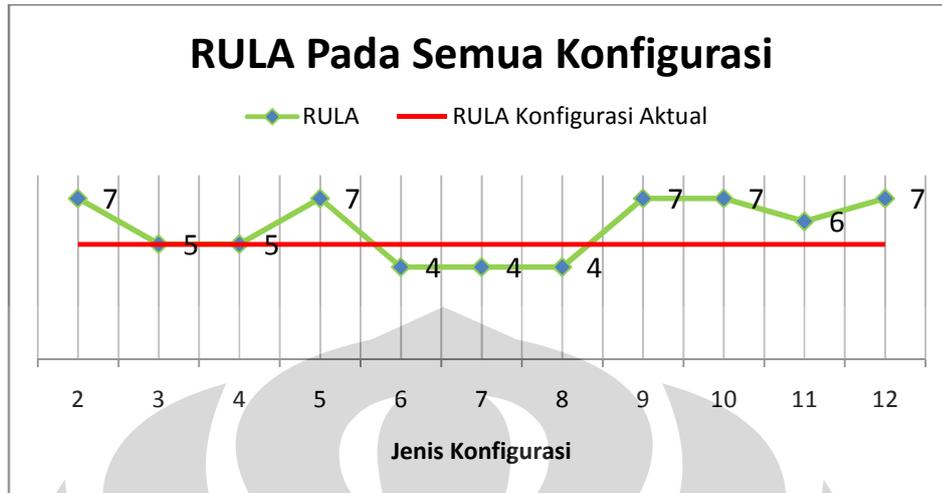
SSP untuk semua konfigurasi dan lintasan cenderung memiliki nilai yang sama yaitu diatas 90% dengan kisaran 99% hingga 100%. Hal ini menunjukkan bahwa postur yang telah disimulasikan oleh *virtual human* pastinya dapat dilakukan oleh sekitar 99% hingga 100% populasi pengendara. Sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh konfigurasi sepeda motor yang ada pada penelitian ini telah valid untuk diproses ke tahap selanjutnya.

Sedangkan nilai OWAS pada semua konfigurasi pada umumnya menunjukkan nilai 2 dan 3 saat lintasan rata dan nilai 3 saat lintasan berpola tidur. Nilai ini menunjukkan bahwa postur pengendara saat ini secara nyata berpotensi untuk membahayakan sistem muskuloskeletal manusia sehingga tindakan perbaikan perlu dilakukan sesegera mungkin.

Tidak seperti LBA dan OWAS, selama simulasi dijalankan nilai RULA sama sekali tidak mengalami perubahan. Namun, dalam penelitian ini, nilai RULA antara satu konfigurasi dengan konfigurasi lainnya memiliki perbedaan yang cukup besar. Adapun nilai RULA yang diperoleh berturut – turut dari konfigurasi 1 hingga konfigurasi 12 dapat dilihat pada **tabel 4.13** berikut.

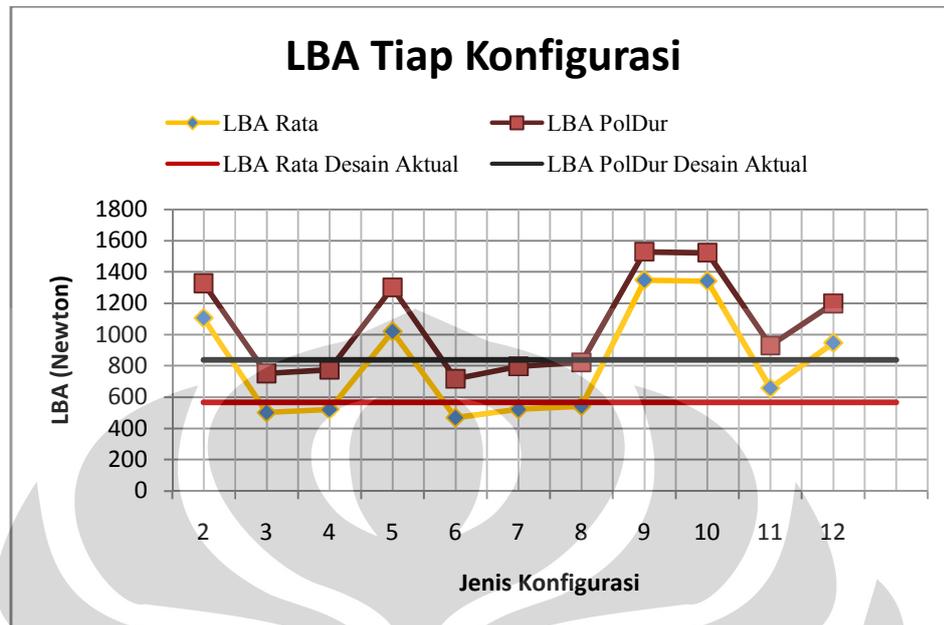
Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai RULA Seluruh Konfigurasi

Konfigurasi	RULA								Grand Score
	Body Group A					Body Group B			
	UA	LA	W	WT	ΣA	N	T	ΣB	
1 (aktual)	2	3	2	2	5	1	1	4	5
2	2	3	2	1	5	4	3	9	7
3	2	3	2	2	5	1	1	4	5
4	2	3	1	2	5	1	1	4	5
5	2	3	2	1	5	4	3	9	7
6	1	3	2	2	4	1	1	4	4
7	1	3	2	2	4	1	1	4	4
8	2	2	2	2	4	1	1	4	4
9	3	3	2	2	5	4	3	9	7
10	3	3	3	2	6	4	3	9	7
11	3	3	3	2	6	1	2	5	6
12	3	3	2	1	5	4	3	9	7



Gambar 4.20 Grafik Rekapitulasi Nilai RULA Seluruh Konfigurasi

Pada tabel 4.13 diatas dapat terlihat bahwa dari semua konfigurasi yang ada, konfigurasi 6 dan 7 memiliki nilai *upper arm* yang paling kecil, yaitu 1, dan konfigurasi 8 memiliki nilai *lower arm* yang paling kecil, yaitu 2. Hal tersebut menyebabkan nilai RULA pada ketiga konfigurasi itu menjadi lebih kecil dibanding konfigurasi – konfigurasi lainnya, yaitu bernilai 4. Ketiga konfigurasi itu memiliki satu kesamaan yaitu memiliki jarak jok dan stang sebesar 20 cm. Sehingga berdasarkan nilai RULA tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa desain sepeda motor yang lebih ergonomis dari desain aktual adalah sepeda motor yang memiliki jarak antara jok dan stang sebesar 20 cm dan memiliki tinggi stang yang berukuran 16 cm, 26 cm, dan 36 cm (diukur secara vertikal dari jok).

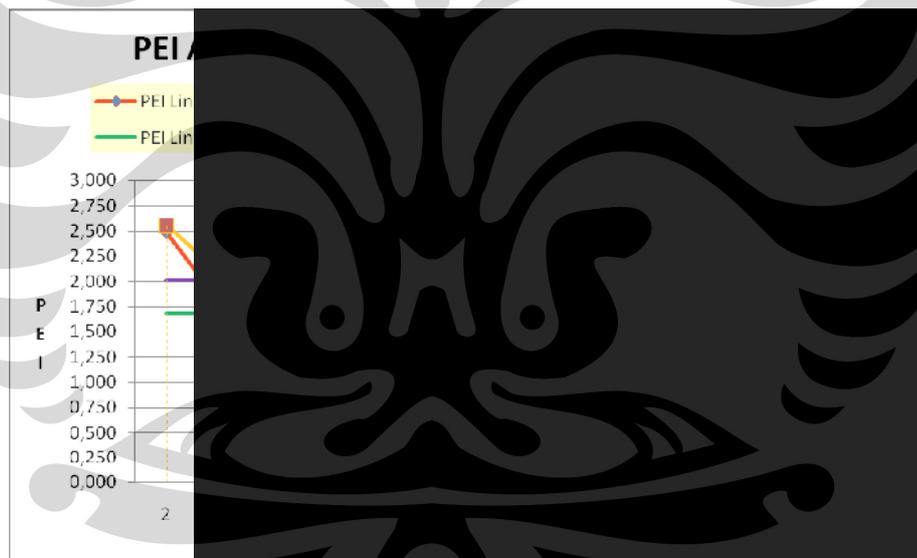


Gambar 4.21 Grafik LBA tiap Konfigurasi

Pada **gambar 4.21** diatas, dapat terlihat bahwa terdapat 5 buah konfigurasi yang memiliki nilai LBA dibawah desain aktual dan konfigurasi 6 merupakan konfigurasi yang memiliki nilai LBA yang paling kecil di lintasan rata dan polisi tidur. Sehingga dapat disimpulkan bahwa konfigurasi 6 memiliki risiko terkecil cedera pada tulang belakang. Dari grafik tersebut juga dapat terlihat bahwa semua konfigurasi yang memiliki tinggi stang berukuran 6 cm (konfigurasi 2, 5 dan 9) akan mengalami kenaikan LBA yang cukup signifikan dibandingkan sepeda motor yang memiliki tinggi stang berdimensi lebih tinggi dari 6 cm. selain itu, dari grafik tersebut juga dapat terlihat bahwa sepeda motor yang memiliki dimensi jarak jok – stang ≥ 30 cm (desain aktual) cenderung memiliki potensi cedera tulang belakang yang lebih besar dibanding desain sepeda motor yang memiliki dimensi ≤ 30 cm (pada jarak jok-stang secara horizontal). Dari grafik tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sepeda motor yang memiliki tinggi stang berukuran 16 cm, 26cm, dan 36 cm, dimana jarak jok – stang secara vertikal ≤ 30 cm memiliki potensi cedera pada tulang belakang yang lebih kecil dari dimensi sepeda motor diluar itu.

Kecenderungan lain yang dapat dianalisis dari nilai LBA yang diperoleh adalah kecenderungan nilai LBA yang lebih tinggi pada lintasan berpolisi tidur dibandingkan pada lintasan rata. Hal ini dikarenakan pada saat berada pada polisi tidur, pengendara secara tidak sadar mengalami posisi miring (saat naik dan turun dari polisi tidur), dan saat posisi tidur secara tidak sadar seluruh beban dan gravitasi berakumulasi dan bertumpu pada satu titik di tulang belakang pengendara.

Berdasarkan nilai – nilai yang diperoleh dari hasil LBA, OWAS dan RULA maka didapat nilai PEI untuk masing – masing konfigurasi dengan menggunakan rumus pada **persamaan 2.2**. **Gambar 4.22** merupakan grafik perbandingan nilai PEI seluruh konfigurasi desain sepeda motor bebek pada lintasan rata dan berpolisi tidur untuk pengendara wanita terhadap desain aktual.

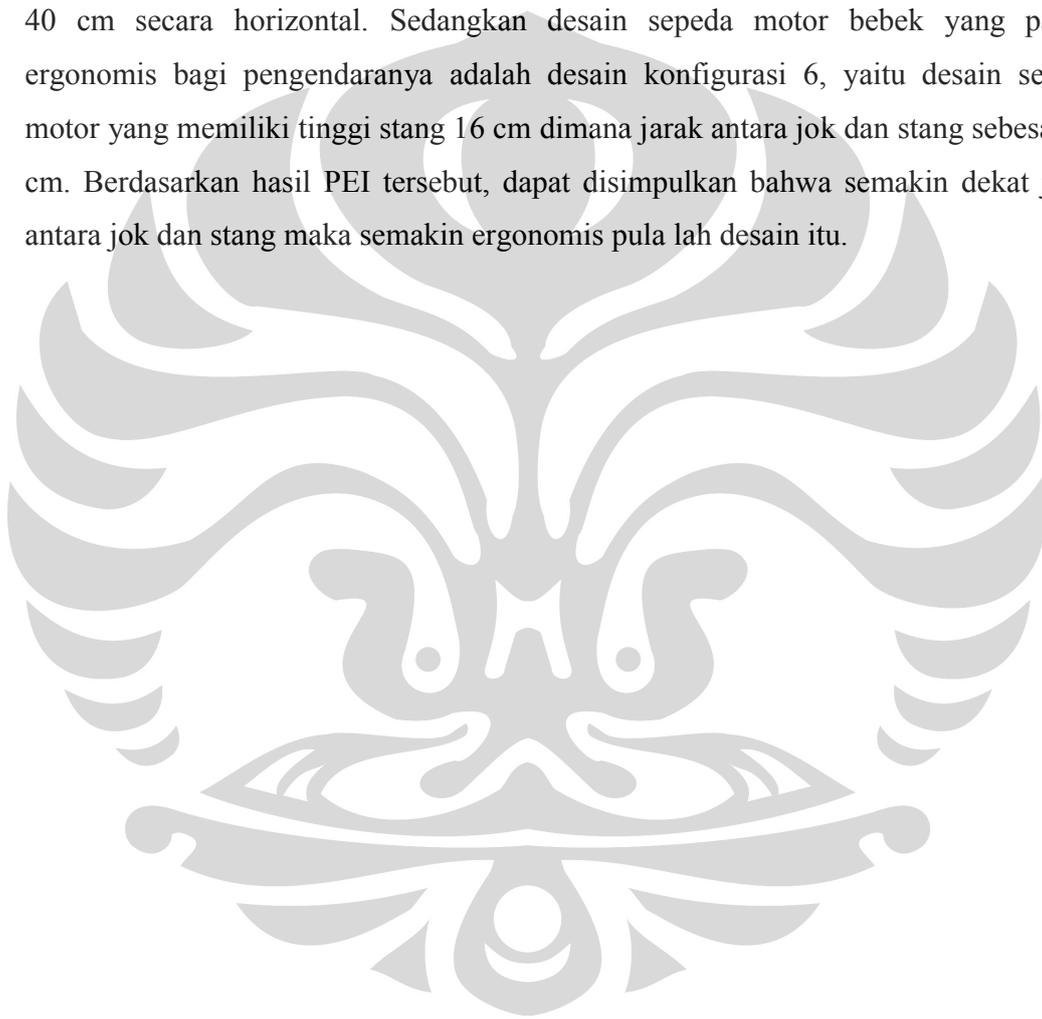


Gambar 4.22 Grafik perbandingan nilai PEI seluruh konfigurasi terhadap desain aktual

Secara umum kecenderungan nilai PEI sama dengan kecenderungan yang terjadi pada nilai LBA, yaitu desain konfigurasi yang lebih ergonomis dibandingkan desain sepeda motor yang aktual adalah desain sepeda motor yang memiliki tinggi stang berukuran 16 cm, 26cm, dan 36 cm, dimana jarak jok – stang secara vertikal

≤ 30 cm. Begitu juga dari segi lintasan, adalah kecenderungan nilai PEI yang lebih tinggi pada lintasan berpolisi tidur dibandingkan pada lintasan rata.

Dan bila kita perbandingan nilai PEI antara konfigurasi satu dengan yang lain, maka desain sepeda motor yang paling tidak ergonomis adalah desain konfigurasi 9, yaitu desain sepeda motor yang memiliki tinggi stang 6 cm dan jok - stang berjarak 40 cm secara horizontal. Sedangkan desain sepeda motor bebek yang paling ergonomis bagi pengendaranya adalah desain konfigurasi 6, yaitu desain sepeda motor yang memiliki tinggi stang 16 cm dimana jarak antara jok dan stang sebesar 20 cm. Berdasarkan hasil PEI tersebut, dapat disimpulkan bahwa semakin dekat jarak antara jok dan stang maka semakin ergonomis pula lah desain itu.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

PEI adalah suatu metode yang dapat menilai apakah postur yang terjadi pada saat manusia berinteraksi dengan suatu produk / mesin telah memenuhi standar ergonomis atau belum. Nilai PEI yang dihasilkan akan menggambarkan sejauh mana sifat ergonomi yang dimiliki oleh suatu produk / mesin, dimana semakin kecil nilai PEI yang dihasilkan maka semakin ergonomis pula produk / mesin tersebut. Dikarenakan ergonomi memiliki tujuan yaitu berupa keamanan, keselamatan dan efisiensi maka pada penelitian ini ergonomi yang dimaksud memiliki tujuan untuk mengurangi kelelahan yang dialami oleh pengendara motor sehingga dapat mengurangi kecelakaan yang terjadi. Dan pada penelitian ini, sifat ergonomi tersebut digambarkan secara kuantitatif dengan nilai PEI yang telah dihitung dimana nilai maksimum PEI ini adalah 3,42.

Penelitian ini menggarisbawahi tiga konfigurasi. Konfigurasi pertama adalah desain sepeda motor aktual (Honda Supra X), dimana setelah dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* Jack 6.1 didapatkan suatu nilai LBA sebesar 501 N pada lintasan rata dan 751 N pada lintasan berpolisi tidur. Nilai – nilai LBA di kedua lintasan tersebut dianggap masih dalam batas aman dikarenakan tidak melewati *compression action limit* yang telah distandarkan NIOSH yaitu sebesar 3400 N sehingga diperkirakan risiko cedera pada tulang belakang pengendara wanita saat mengendarai sepeda motor bebek tersebut relatif kecil. Sedangkan, nilai OWAS pada desain aktual ini menunjukkan angka 2 pada lintasan rata dan angka 3 pada lintasan berpolisi tidur. Hal ini menunjukkan bahwa postur yang dialami saat ini berpotensi secara nyata dapat membahayakan sistem muskuloskeletal manusia sehingga

diperlukan tindakan perbaikan sesegera mungkin. Pada desain aktual ini, nilai RULA yang diperoleh adalah sebesar 5 sehingga diperlukan investigasi dan perubahan sesegera mungkin. Nilai PEI untuk desain sepeda motor bebek aktual ini adalah 1,68 untuk lintasan rata dan 2,01 untuk lintasan berpolisi tidur. Nilai PEI ini bukan merupakan nilai terbaik dari semua konfigurasi lain sehingga potensi untuk melakukan perbaikan desain aktual sepeda motor bebek ini masih terbuka lebar.

Konfigurasi kedua adalah konfigurasi sepeda motor bebek nomor Sembilan yang merupakan konfigurasi terburuk dari sisi ergonomi untuk pengendara wanita (persentil 50). Konfigurasi tersebut memiliki tinggi stang 6 cm dan jok - stang berjarak 40 cm secara horizontal. Nilai PEI yang dihasilkan pada konfigurasi 9 ini adalah 2,57 untuk lintasan rata dan 2,62 untuk lintasan berpolisi tidur.

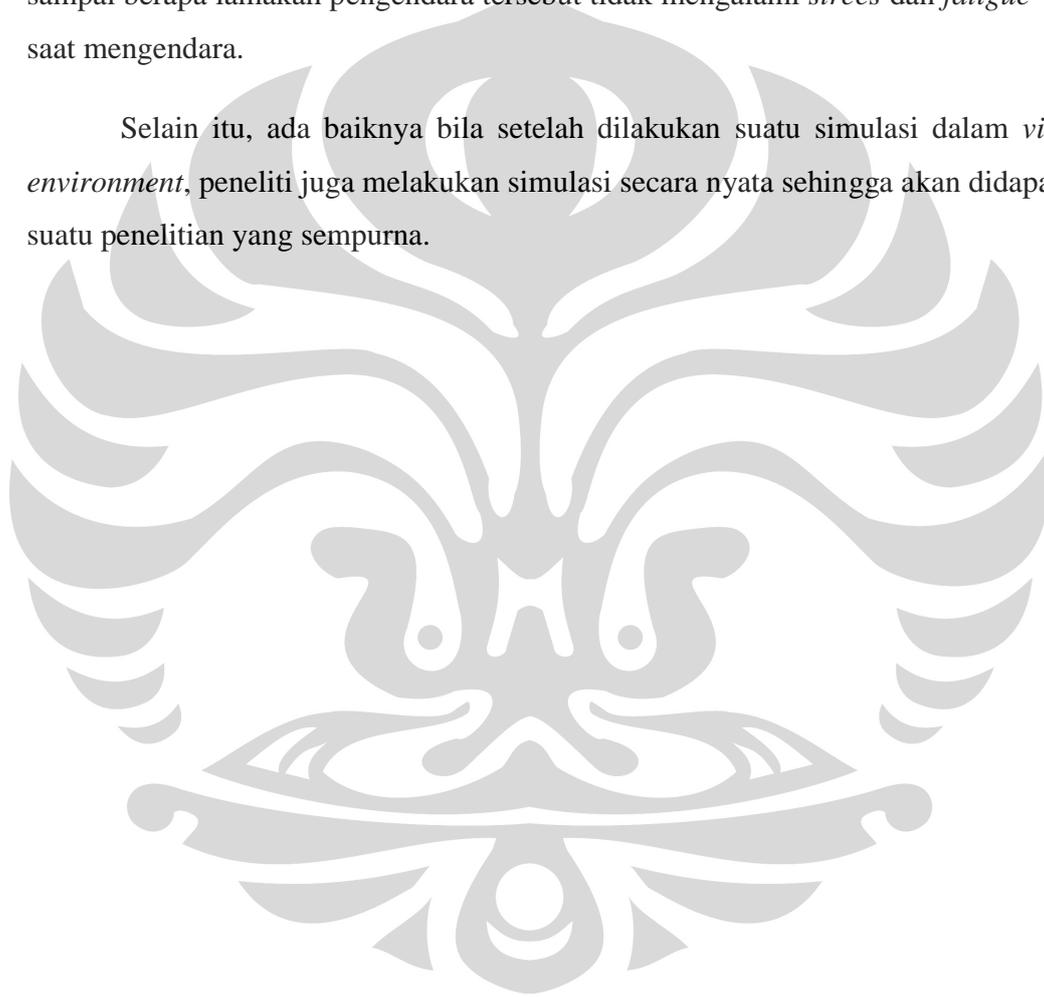
Konfigurasi ketiga adalah konfigurasi sepeda motor bebek nomor enam yang merupakan konfigurasi terbaik dari sisi ergonomi untuk pengendara wanita (persentil 50). Konfigurasi tersebut memiliki tinggi stang 16 cm dimana jarak antara jok dan stang sebesar 20 cm. Nilai PEI yang dihasilkan pada konfigurasi 6 ini adalah 1,45 untuk lintasan rata dan 1,77 untuk lintasan berpolisi tidur. Sehingga menunjukkan desain sepeda motor bebek pada konfigurasi 6 tersebut adalah desain sepeda motor yang paling ergonomis berdasarkan metode *Posture Evaluation Index*.

Sehingga bila kita melihat dari perbedaan yang ada pada ketiga konfigurasi tersebut terdapat beberapa faktor utama yang mempengaruhi nilai PEI pada pengendara wanita saat mengendarai sepeda motor yaitu posisi tinggi stang, jarak antara stang dan jok, serta kondisi lintasan. Terdapat kecenderungan bahwa jarak antara jok dan stang yang semakin dekat (dengan *range* antara 20 hingga 25 cm) akan membuat nilai PEI semakin rendah sedangkan jarak antara jok dan stang yang semakin jauh akan membuat nilai PEI semakin besar. Kecenderungan akan kedekatan jarak antara jok dan stang ini harus dikombinasikan dengan tinggi stang yang berkisar antara 16 hingga 36 cm untuk mendapatkan nilai PEI yang semakin optimal atau untuk membuat desain sepeda motor yang semakin optimal.

5.2 Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai vibrasi dan kebisingan yang terjadi pada saat mengendara motor, sehingga dapat melahirkan suatu fakta baru mengenai postur pengendara sepeda motor seperti apakah yang paling ergonomis dan sampai berapa lamakah pengendara tersebut tidak mengalami *strees* dan *fatigue* pada saat mengendara.

Selain itu, ada baiknya bila setelah dilakukan suatu simulasi dalam *virtual environment*, peneliti juga melakukan simulasi secara nyata sehingga akan didapatkan suatu penelitian yang sempurna.



DAFTAR REFERENSI

- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics*, (2nd ed) . London : Taylor & Francis.
- Caputo, F., Di Gironimo, G., Marzano, A. (2006). Ergonomic Optimization of a Manufacturing System Work Cell in a Virtual Environment. *Acta Polytechnica Vol. 46 No. 5/2006*.
- Di Gironimo, G., Martorelli, M., Monacelli, & G., Vaudo, G. (2001). Using of Virtual Mock-Up for Ergonomic Design. *In: Proceed of The 7th International Conference on "The Role of Experimentation in the Automotive Product Development Process" – ATA 2001, Florence*.
- Di Gironimo, G., Monacelia, G., Patalano, S. (2004). A Design Methodology for Maintainability of Automotive Components in Virtual Environment. *International Design Conference - Design 2004*
- E. Occhipinti and D. Colombini, *Assessment of Exposure to Repetitive Upper Limb Movement: an IEA Consensus Document, TU TB Newsletter*, 1999, hal.11-12.
- Haworth, Narelle & Rowden, Peter. "Fatigue in Motorcycle Crashes. Is There an Issue?." *Australian Safety Research*. 2006. < <http://eprints.qut.edu.au> >
- Karwowski, W., Marras, W.S. (2003). *Occupational Ergonomic Principles of Work Design*. Boca Raton: CRC Press. Pg 25-1 – 26-12.
- Kecelakaan Motor di Jakarta Meningkatkan 1000 Kasus Per Tahun. (2009). DetikNews. <<http://www.detiknews.com/read/2009/12/20/111420/1262996/10/kecelakaan-motor-di-jakarta-meningkat-1000-kasus-per-tahun>>
- Kotler, Philip, & Kevin Lane Keller, 2006, *Marketing Management*, Twelfth Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Kroemer, 2001, *Ergonomics : How to Design for Easy and Efficiency*, Second Edition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.
- Kusuma wardani, Laksmi (2003). *Evaluasi Ergonomi dalam Perancangan Desain*, <<http://puslit.petra.ac.id/journals/interior>>
- Ma, T., Williamson, A. dan Friswell, R. (2003) *A Pilot Study of Fatigue on Motorcycle Day Trips*. Sydney, Australia : NSW Injury Risk Management Research Centre.
- Motorcycle Council of New South Wales (2006). Fatigue. www.roadsafety.mccofnsw.org.au/cgi-bin/printable.pl?id=50. (assessed 10 Februari 2010)

- National Transport Commission (2001). Options for a regulatory approach to fatigue in drivers of heavy vehicles in Australia and New Zealand. Retrieved 1/3/06 from <www.ntc.gov.au>
- Panel Diskusi Soal Pemudik Sepeda Motor dan *Safety Riding*. (2009). <http://stephenlangitan.com/2009/09/panel-diskusi-soal-pemudik-sepeda-motor-dan-safety-riding/>. (assessed 12 Februari 2010)
- Penemu Sepeda Motor Pertama di Dunia. (2010). <http://go-killz.blogspot.com/2010/04/penemu-sepeda-motor-pertama-di-dunia.html>. (assessed 13 Februari 2010)
- Penjualan Sepeda Motor 2009 Turun 6%. (2009). TvOne. <http://ekonomi.tvone.co.id/berita/view/29760/2009/12/13/penjualan-sepeda-motor-2009-turun-6/>. (assessed 12 Februari 2010)
- Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace: anthropometry, ergonomics and the design of work*. London: Taylor & Francis Library.
- Roads and Traffic Authority (RTA) (2002) *RTA Definition of Fatigue*. Motorcycle Council of NSW – Road Safety. www.roadsafety.mccofnsw.org.au/a/51.html (assessed 10 Februari 2010)
- Sejarah Sepeda Motor. (2008). <http://mamanjapronk.wordpress.com/>. (assessed 12 Februari 2010)
- Syafei, Yani Ir, MT (2007). *Aplikasi Konsep Ergonomi dalam Pengembangan Desain Produk Akan Memberikan Nilai Jual Produk yang Tinggi dan Keunggulan Bersaing*, Seminar Nasional-*Ergonomics in Product Development*
- United Kingdom. Departement of Transport. *Motorcycle Rider Fatigue : A Review*. By T. Horberry, R. Hutchins & R. Tong. Februari 2008 <<http://www.dft.gov.uk>>