



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI DAN PERANCANGAN DESAIN USULAN MEJA
DAN KURSI SEKOLAH YANG ERGONOMIS DENGAN
MENGUNAKAN *VIRTUAL HUMAN MODELING***

SKRIPSI

ANISHA PUTI LALITA

0706274451

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI DAN PERANCANGAN DESAIN USULAN MEJA
DAN KURSI SEKOLAH YANG ERGONOMIS DENGAN
MENGUNAKAN *VIRTUAL HUMAN MODELING***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

ANISHA PUTI LALITA

0706274451

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Anisha Puti Lalita

NPM : 0706274451

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2011

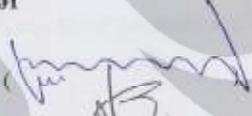
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Anisha Putri Lalita
NPM : 0706274451
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Evaluasi dan Perancangan Desain Usulan Meja dan Kursi Sekolah yang Ergonomis dengan Menggunakan *Virtual Human Modeling*

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE ()
Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE ()
Penguji : Ir. Armand Omar Moeis, MSc ()
Penguji : Dr.-Ing Amalia Suzianti ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2011

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

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

Nama : Anisha Puti Lalita
NPM : 0706274451
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

Evaluasi dan Perancangan Desain Usulan Meja dan Kursi Sekolah yang Ergonomis dengan Menggunakan *Virtual Human Modeling*

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, 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 : Juni 2011

Yang menyatakan

(Anisha Puti Lalita)

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan YME karena berkat rahmat dan karunia-Nya lah pada akhirnya Laporan Tugas Akhir Penelitian ini dapat diselesaikan. Penyusunan laporan penelitian ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program Pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia. Dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapatkan bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam melakukan penelitian ini. Demikian juga atas saran dan semangat yang tiada habisnya beliau berikan kepada penulis sehingga akhirnya penelitian ini dapat diselesaikan.
2. Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE, yang seringkali juga memberikan bimbingan dan saran kepada penulis selama penelitian ini, termasuk atas waktu dan tenaga yang telah banyak diberikan untuk memeriksa laporan ini.
3. Bapak Armand Omar Moeis, ST, MSc., Ibu Arian Dhini, ST, MT dan Ibu Ir. Fauzia Dianawati, MSi sebagai dosen pembimbing ergonomi yang turut membimbing dan memberikan saran-saran serta pencerahan kepada penulis.
4. Orang tua serta keluarga tercinta, yang selalu memberikan dukungan baik moril maupun materil, kepada penulis selama menjalankan penelitian ini.
5. Faza Fauzan Adima, terima kasih atas dukungan, bantuan, semangat, hiburan dan doa yang sangat berarti untuk penulis.
6. Astriana Gina, Annisa Zahara, Aulya Nuraini, Ayuning Pramesthi, Citra Atma Pertiwi, Gina Adryani, Indi Puspita, Khairiyah, Paramitha Mansoer, dan Rini Kurniaputri selaku sahabat-sahabat terdekat penulis yang senantiasa membantu, memberikan semangat dan berjuang bersama dalam melewati masa-masa senang dan sulit di Teknik Industri.

7. Teman-teman penelitian Ergonomics Centre : Heny Nopiyanti, Handoyo Handoko, Bayu Pramudyo, Anggraini Oktavianingrum, Landra Bakri, Chandra Satria Muda, Melissa Kartika, Valentina Cynthia, Yunita, Radita Tanaya, Malouna Felissa, Evariyani Rizki, Ivan Gunawan S., Raden Yoga, Muhammad Farouk, Komara Jaya, Andrea Coudillo, Dela Agung, Melissa Kartika, Sherly, Junita Rosalina, Ferdinandus, Satria Utama, Fitriyanti, dan Regina Prisillia yang selama melakukan penelitian bersama-sama selalu bertukar informasi dan wawasan untuk memudahkan satu sama lain.
8. Seluruh karyawan Teknik Industri, terutama Mas Taufan, Ibu Har, Mas Latif, Mas Iwan, Pak Mursyid yang seringkali direpotkan oleh penulis selama melakukan penelitian maupun penyusunan laporan ini.
9. Ratih Dwi Rahmadanti, Lulu Latifa, Fadhlina, Zikra Yuyun A., Adyaningsih Niken W. dan Ardiani Putri yang selalu saling mendoakan serta berjuang bersama-sama untuk dapat menyelesaikan tugas akhir masing-masing.
10. Teman-teman Teknik Industri angkatan 2007, terima kasih telah banyak memberikan inspirasi, dukungan dan bantuan selama 4 tahun menjalani kebersamaan di Teknik Industri.
11. Bapak/Ibu Kepala Sekolah serta Bapak/Ibu Guru SD Negeri Anyelir 1 dan 2 yang telah memberikan izin dan waktu kepada penulis untuk melakukan penelitian terhadap siswa-siswinya.
12. Siswa-siswi SD Negeri Anyelir 1 dan 2 yang dengan sangat bersemangat telah bersedia menjadi objek penelitian dan menghibur penulis ketika pengambilan data.

Akhir kata, semoga laporan ini bisa bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi orang lain yang membacanya. Terima kasih.

Depok, 11 Juni 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	2
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6 Metodologi Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Ergonomi	15
2.1.1 Definisi Ergonomi	15
2.1.2 Pendekatan Ergonomi	17
2.1.3 Pengelompokan Ergonomi	22
2.1.4 Perkembangan Ergonomi	23
2.2 Antropometri	25
2.2.1 Pengertian dan Jenis-Jenis Antropometri	25
2.2.2 Aplikasi Data Antropometri dalam Perancangan Fasilitas Kerja	27
2.2.3 Penggunaan Persentil Data Antropometri	30
2.3 <i>Work-Related Musculoskeletal Disorder</i>	32
2.4 Postur Duduk	34
2.4.1 Permasalahan pada Tulang Punggung	35
2.4.2 Penglihatan, Postur Leher dan Kepala	37
2.5 <i>Low Back Pain</i>	39
2.6 <i>Virtual Environment</i>	40
2.7 <i>Software Jack 6.1</i>	42
2.8 <i>Software Solid Works</i>	46
2.9 Posture Evaluation Index	47
2.9.1 <i>Static Strength Prediction (SSP)</i>	51
2.9.2 <i>Lower Back Analysis (LBA)</i>	53
2.9.3 <i>Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)</i>	54
2.9.4 <i>Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i>	57
2.10 Kursi	59

2.10.1 Aspek Antropometri pada Desain Kursi	60
2.11 Meja	64
2.11.1 Aspek Antropometri pada Desain Meja	64
2.12 Data Antropometri Struktural Posisi Duduk	66
BAB 3 PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL	68
3.1 Pengumpulan Data	68
3.1.1 Deskripsi Data	68
3.1.2 Data Identifikasi Keluhan Muskuloskeletal	70
3.1.3 Data Ukuran Meja dan Kursi	76
3.1.4 Data Antropometri	82
3.2 Uji Normalitas Data	84
3.3 Pengolahan Data	87
3.3.1 Penentuan Persentil 5, 50 dan 95	87
3.3.2 Penentuan Dimensi dari Desain Usulan	88
3.3.3 Penggunaan Persentil pada Desain Usulan	91
3.4 Perancangan Model Simulasi Postur Duduk	100
3.4.1 Penentuan Konfigurasi	100
3.4.2 Alur Pembuatan Model	102
3.4.2.1 Pembuatan <i>Virtual Environment</i>	103
3.4.2.2 Pembuatan <i>Virtual Human Model</i>	104
3.4.2.3 Pembentukan Postur Duduk	108
3.4.3 Analisis Data Menggunakan <i>Task Analysis Toolkit</i> (TAT)	112
3.4.3.1 <i>Static Strength Prediction</i> (SSP)	114
3.4.3.2 <i>Lower Back Analysis</i> (LBA)	114
3.4.3.3 <i>Ovako Working Posture Analysis System</i> (OWAS)	115
3.4.3.4 <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> (RULA)	116
3.4.4 Perhitungan Nilai Posture Evaluation Index (PEI)	117
BAB 4 ANALISIS	121
4.1 Analisis Ukuran Meja dan Kursi Aktual	121
4.2 Analisis Postur Duduk dengan Desain Aktual	122
4.2.1 Analisis Persentil 5 dengan Desain Meja 1 dan Kursi 1	123
4.2.2 Analisis Persentil 95 dengan Desain Meja 1 dan Kursi 1	129
4.2.3 Analisis Persentil 5 dengan Desain Meja 2 dan Kursi 2	133
4.2.4 Analisis Persentil 95 dengan Desain Meja 2 dan Kursi 2	138
4.3 Analisis Postur Duduk dengan Desain Usulan	142
4.3.1 Analisis Postur Duduk Persentil 5 dengan Desain Usulan.....	143
4.3.2 Analisis Postur Duduk Persentil 95 dengan Desain Usulan	149
4.3 Rekapitulasi Akhir Hasil Analisis PEI	156
BAB 5 KESIMPULAN	158
5.1 Kesimpulan	158
5.2 Saran	159
DAFTAR PUSTAKA	162
LAMPIRAN.....	166

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kursi Terlalu Lebar	6
Gambar 1.2 Meja Terlalu Tinggi	6
Gambar 1.3 Kursi Terlalu Tinggi	6
Gambar 1.4 Diagram Keterkaitan Masalah	7
Gambar 1.5 Diagram Alur Penelitian.....	11
Gambar 2,1 Data Antropometri Struktural	26
Gambar 2. 2 Data Antropometri Fungsional.....	27
Gambar 2.3 Antropometri Tubuh Manusia	29
Gambar 2.4 Model Konseptual WMSD	33
Gambar 2.5 Efek Posisi Duduk Terhadap <i>Pelvis</i>	36
Gambar 2.6 Bagian Lumbar Vertebrata (kiri) Deformasi pada Diskus Invertebralis (kanan)	37
Gambar 2.7 Pandangan Mata (kiri) Tekanan Otot Leher (kanan)	38
Gambar 2.8 Lingkungan (<i>Environment</i>) pada <i>Software Jack</i>	45
Gambar 2.9 Model Manusia Persentil 95%, 50% dan 5% pada <i>Jack 6.1</i>	45
Gambar 2.10 Diagram Alur Penggunaan Metode PEI	48
Gambar 2.11 Model Biomekanika untuk Memprediksi Beban dan Gaya pada Persendian	53
Gambar 2.12 Model Kode OWAS	55
Gambar 2. 13 Kode OWAS untuk Berbagai Bagian Tubuh	56
Gambar 2.14 Pengelompokan Tubuh Metode RULA	58
Gambar 2.15 Penampang Kursi	60
Gambar 2.16 Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia	66
Gambar 3.1 Kuesioner Identifikasi Keluhan Muskuloskeletal	71
Gambar 3.2 Grafik Frekuensi Keluhan Anggota Tubuh Siswa	73
Gambar 3.3 <i>Pie Chart</i> Persentase Tingkat Rasa Sakit pada Siswa	74
Gambar 3.4 <i>Pie Chart</i> Persentase Dampak Rasa Sakit Terhadap Pekerjaan	75
Gambar 3.5 <i>Pie Chart</i> Persentase Tingkat Kenyamanan Kursi dan Meja	76
Gambar 3.6 Tampak samping kursi	78
Gambar 3.7 Tampak depan kursi 1	78
Gambar 3.8 Tampak atas kursi 1	79
Gambar 3.9 Gambar tiga dimensi kursi 1	79
Gambar 3.10 Tampak samping kursi 2	79
Gambar 3.11 Tampak depan kursi 2	79
Gambar 3.12 Tampak atas kursi 2	79
Gambar 3.13 Gambar tiga dimensi kursi 2	79
Gambar 3.14 Tampak samping meja 1	81
Gambar 3.15 Tampak depan meja 1	81
Gambar 3.16 Tampak atas meja 1	81

Gambar 3.17 Desain tiga dimensi meja 1	81
Gambar 3.18 Tampak samping meja 2	81
Gambar 3.19 Tampak depan meja 2	81
Gambar 3.20 Tampak atas meja 2	82
Gambar 3.21 Gambar tiga dimensi meja 2	82
Gambar 3.22 Posisi Pengambilan Data Antropometri	83
Gambar 3.23 <i>Virtual Human</i> Model Persentil 5, 50 dan 95	87
Gambar 3.24 Penampang Kursi	88
Gambar 3.25 T. samping usulan kursi 1	94
Gambar 3.26 T. depan usulan kursi 1	94
Gambar 3.27 T. atas usulan kursi 1	94
Gambar 3.28 Gambar 3D usulan kursi 1	94
Gambar 3.29 T. samping usulan kursi 2	95
Gambar 3.30 T. depan usulan kursi 2	95
Gambar 3.31 T. atas usulan kursi 2	95
Gambar 3.32 Gambar 3D usulan kursi 2	95
Gambar 3.33 T. samping usulan kursi 3	95
Gambar 3.34 T. depan usulan kursi 3	95
Gambar 3.35 T. atas usulan kursi 3	96
Gambar 3.36 Gambar 3D usulan kursi 3	96
Gambar 3.37 T. depan usulan meja 1	98
Gambar 3.38 T. samping usulan meja 1	98
Gambar 3.39 T. atas usulan meja 1	99
Gambar 3.40 Gambar 3D usulan meja 1	99
Gambar 3.41 T. depan usulan meja 2	99
Gambar 3.42 T. samping usulan meja 2	99
Gambar 3.43 T. atas usulan meja 2	99
Gambar 3.44 Gambar 3D usulan meja 2	99
Gambar 3.45 Diagram Alir Pembuatan Model Simulasi	103
Gambar 3.46 Contoh Model Kursi dan Meja Sekolah dalam Format <i>Solid Works Files</i>	104
Gambar 3.47 Contoh <i>Virtual Environment</i> dalam <i>Software Jack 6.1</i>	104
Gambar 3.48 Command untuk Pembuatan Manusia Virtual pada <i>Jack 6.1</i>	105
Gambar 3.49 Langkah-langkah Pembuatan Manusia Virtual secara <i>Customize</i>	105
Gambar 3.50 <i>Dialog Box</i> untuk Fitur <i>Build Human</i>	106
Gambar 3.51 Contoh Model Manusia Virtual pada <i>Software Jack 6.1</i>	106
Gambar 3.52 Fitur <i>Body Scaling</i> pada <i>Software Jack 6.1</i>	107
Gambar 3.53 Postur Duduk Siswa pada Keadaan Sebenarnya	108
Gambar 3.54 Postur Duduk Siswa yang dimodelkan secara Virtual	109
Gambar 3.55 Postur Duduk Siswa Menggunakan Desain Meja dan Kursi Usulan	110
Gambar 3.56 Langkah-langkah Pembentukan Postur Duduk Siswa	110
Gambar 3.57 Tampilan Fitur <i>Human Control</i> pada <i>Software Jack 6.1</i>	111

Gambar 3.58 Hasil Pembuatan Postur Duduk dengan <i>Software Jack 6.1</i> ; baris atas : Postur Duduk dengan Meja dan Kursi Usulan; baris bawah : Postur Duduk Aktual	112
Gambar 3.59 Tampilan Hasil Analisis SSP	114
Gambar 3.60 Tampilan Hasil Analisis LBA	115
Gambar 3.61 Tampilan Hasil Analisis OWAS	116
Gambar 3.62 Tampilan Hasil Analisis RULA	117
Gambar 4.1 Model Manusia Virtual Konfigurasi 1A	124
Gambar 4.2 Grafik LBA Konfigurasi 1A	126
Gambar 4.3 Grafik OWAS Konfigurasi 1A	127
Gambar 4.4 Nilai RULA Konfigurasi 1A	128
Gambar 4.5 Model Manusia Virtual Konfigurasi 1B	130
Gambar 4.6 Grafik LBA Konfigurasi 1B	131
Gambar 4.7 Grafik OWAS Konfigurasi 1B	132
Gambar 4.8 Nilai RULA Konfigurasi 1B	132
Gambar 4.9 Model Manusia Virtual Konfigurasi 2A	134
Gambar 4.10 Grafik LBA Konfigurasi 2A	135
Gambar 4.11 Grafik OWAS Konfigurasi 2A	136
Gambar 4.12 Nilai RULA Konfigurasi 2A	137
Gambar 4.13 Model Manusia Virtual Konfigurasi 2B	138
Gambar 4.14 Grafik LBA Konfigurasi 2B	139
Gambar 4.15 Grafik OWAS Konfigurasi 2B	140
Gambar 4.16 Nilai RULA Konfigurasi 2B	141
Gambar 4.17 Model Manusia Virtual untuk Konfigurasi Usulan Persentil 5	144
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Nilai PEI Konfigurasi Usulan Persentil 5	148
Gambar 4.19 Model Manusia Virtual untuk Konfigurasi Usulan Persentil 95	150
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Nilai PEI Konfigurasi Usulan Persentil 95	155

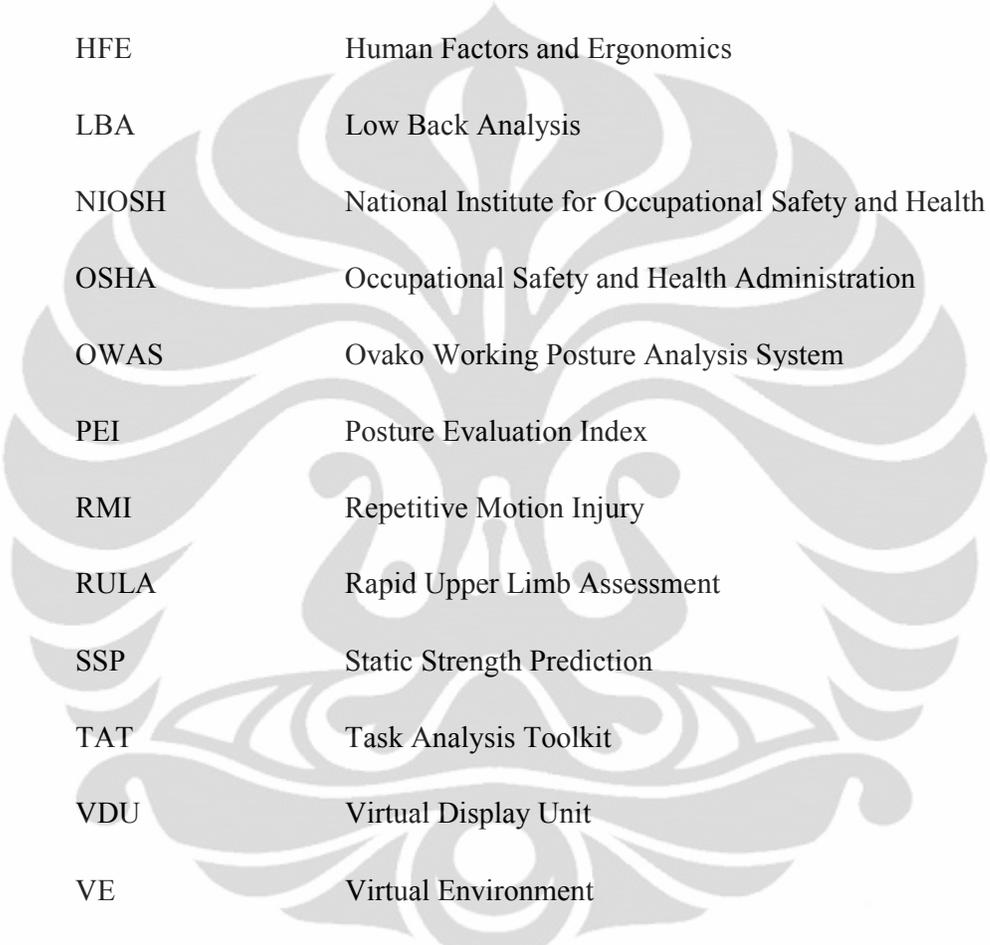
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Faktor Resiko Sakit Punggung	5
Tabel 2.1 Pembobotan nilai pada OWAS	56
Tabel 2.2 Determinansi Kenyamanan Kursi	59
Tabel 2.3 Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia	67
Tabel 3.1 Rekapitulasi Perhitungan Tingkat Rasa Sakit pada Siswa	74
Tabel 3.2 Rekapitulasi Perhitungan Dampak Rasa Sakit Terhadap Pekerjaan	75
Tabel 3.3 Rekapitulasi Perhitungan Tingkat Kenyamanan Kursi dan Meja	75
Tabel 3.4 Dimensi Ukuran Kursi Aktual	78
Tabel 3.5 Dimensi Ukuran Meja Aktual	80
Tabel 3.6 <i>Case Processing Summary</i> Data Antropometri	85
Tabel 3.7 Hasil Uji Normalitas Data Antropometri	86
Tabel 3.8 Nilai Maksimum, Minimum, Mean dan Persentil Data Antropometri	87
Tabel 3.9 Rumus Perhitungan Dimensi Kursi	89
Tabel 3.10 Rumus Perhitungan Dimensi Meja	91
Tabel 3.11 Acuan Data Antropometri untuk Perhitungan Dimensi Kursi	92
Tabel 3.12 Nilai Minimum dan Maksimum untuk Ukuran Dimensi Kursi Usulan	93
Tabel 3.13 Acuan Data Antropometri untuk Perhitungan Dimensi Meja	96
Tabel 3.14 Nilai Minimum dan Maksimum untuk Ukuran Dimensi Meja Usulan	98
Tabel 3.15 Rekapitulasi Konfigurasi Postur Duduk Aktual	101
Tabel 3.16 Rekapitulasi Konfigurasi Postur Duduk Menggunakan Desain Usulan	101
Tabel 3.17 Data Antropometri Siswa dengan Persentil 5	107
Tabel 3.18 Penjelasan Kode OWAS	116
Tabel 3.19 Tabel Kapabilitas SSP untuk Postur Duduk Standar	119
Tabel 3.20 Tabel Kapabilitas SSP untuk Postur Duduk Konfigurasi 1A	119
Tabel 3.21 Rekapitulasi Nilai LBA, OWAS dan RULA untuk Konfigurasi 1A	119
Tabel 4.1 Perbandingan Ukuran Kursi Aktual dengan Desain Kursi Usulan	121
Tabel 4.2 Perbandingan Ukuran Meja Aktual dengan Desain Meja Usulan	122
Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Antropometri Siswa dengan Persentil 5	123
Tabel 4.4 <i>Capability Summary Chart</i> Postur Duduk Standar	125
Tabel 4.5 <i>Capability Summary Chart</i> Konfigurasi 1A	125
Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 1A	129
Tabel 4.7 Rekapitulasi Data Antropometri Siswa dengan Persentil 95	129
Tabel 4.8 <i>Capability Summary Chart</i> Konfigurasi 1B	130
Tabel 4.9 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 1B	133
Tabel 4.10 <i>Capability Summary Chart</i> Konfigurasi 2A	134
Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 2A	138
Tabel 4.12 <i>Capability Summary Chart</i> Konfigurasi 2B	139
Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 2B	142
Tabel 4.14 Rekapitulasi 12 Konfigurasi Usulan yang Akan Diujikan	143
Tabel 4.15 Rekapitulasi Nilai Konfigurasi Usulan Persentil 5	145
Tabel 4.16 Perbandingan Nilai RULA untuk Konfigurasi Usulan Persentil 5	147
Tabel 4.17 Rekapitulasi Nilai Konfigurasi Usulan Persentil 95	150
Tabel 4.18 Perbandingan Nilai RULA untuk Konfigurasi Usulan Persentil 95	153

Tabel 4.19 Rekapitulasi Nilai PEI dari Seluruh Konfigurasi157



DAFTAR SINGKATAN



ANSUR	Army Natick Survey User Requirements
CAD	Computer-aided Design
HFE	Human Factors and Ergonomics
LBA	Low Back Analysis
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
OWAS	Ovako Working Posture Analysis System
PEI	Posture Evaluation Index
RMI	Repetitive Motion Injury
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
SSP	Static Strength Prediction
TAT	Task Analysis Toolkit
VDU	Virtual Display Unit
VE	Virtual Environment
WMSD	Work-Related Musculoskeletal Disorder

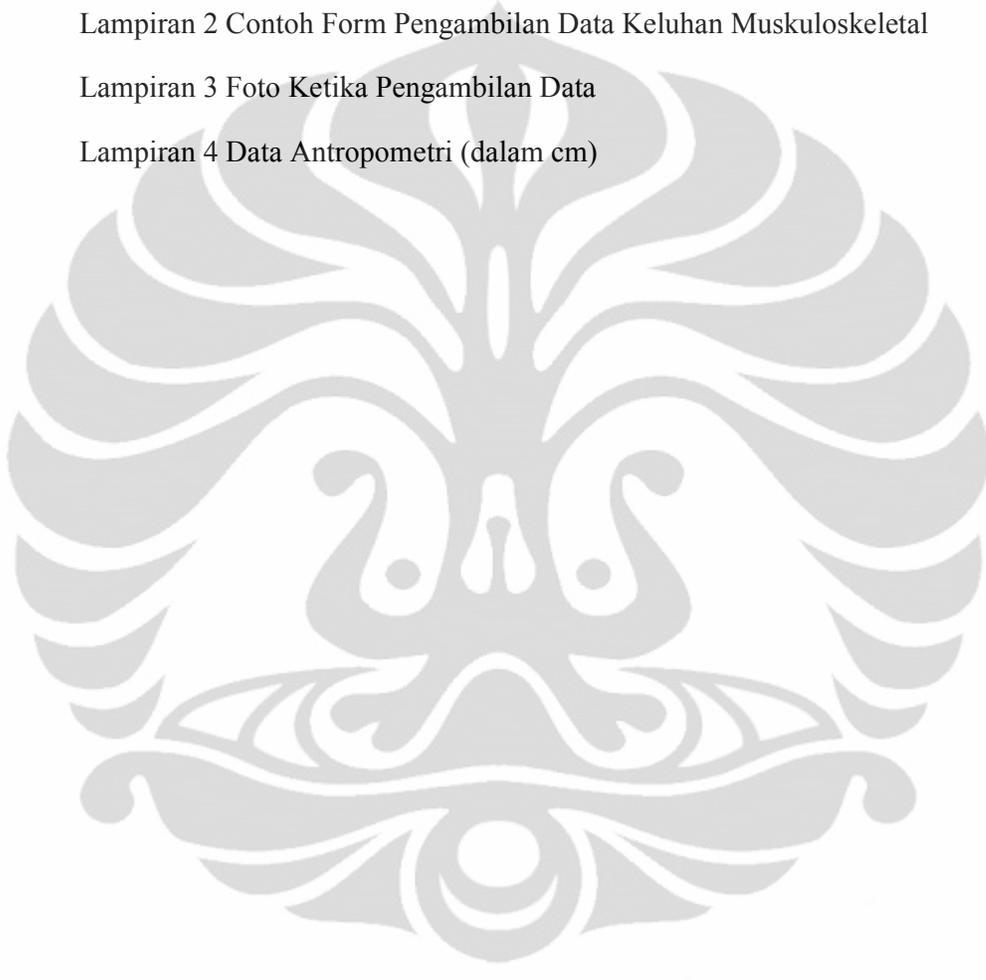
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh Form Pengambilan Data Antropometri

Lampiran 2 Contoh Form Pengambilan Data Keluhan Muskuloskeletal

Lampiran 3 Foto Ketika Pengambilan Data

Lampiran 4 Data Antropometri (dalam cm)



ABSTRAK

Nama : Anisha Puti Lalita
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Evaluasi dan Perancangan Desain Usulan Meja dan Kursi Sekolah yang Ergonomis dengan Menggunakan *Virtual Human Modeling*

Kesalahan desain serta ukuran kursi dan meja sekolah dapat mengakibatkan terbentuknya postur yang membahayakan bagi kesehatan siswa, terutama yang berkaitan dengan cedera pada tulang belakang. Penelitian ini akan membandingkan ukuran kursi dan meja sekolah yang sudah digunakan di sekolah dasar dengan ukuran tubuh siswa untuk mengetahui apakah meja dan kursi ini sudah didesain dengan ukuran yang benar. Selain itu, penelitian ini juga mempelajari postur duduk siswa SD yang terbentuk oleh desain kursi dan meja sekolah tersebut untuk mengetahui efek dari postur duduk tersebut terhadap kesehatan muskuloskeletal mereka. Evaluasi terhadap postur duduk ini dilakukan menghitung nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) yang diperoleh menggunakan konfigurasi *Virtual Human Modeling* dengan *software Jack 6.1*.

Kata Kunci :
Ergonomi, Desain Ergonomi, Desain Kursi dan Meja Sekolah, Antropometri, *Virtual Human Modeling*, *Posture Evaluation Index*

ABSTRACT

Name : Anisha Puti Lalita
Study Program : Industrial Engineering
Title : Evaluation and Design of Ergonomic Chair and School Desk
Using Virtual Human Modeling

Improper design and size of school furniture can lead to formation of dangerous posture for student's health, particularly those associated with injury to the spine. This research was comparing the dimensions of school furniture to student's dimensions, in primary school, and determines whether this type of furniture is well-designed. Moreover, this research also studied about the sitting posture of elementary school students formed by the design of school furniture. It also evaluated the effect of sitting posture to their musculoskeletal health using the Posture Evaluation Index (PEI) which counted using configuration of Virtual Human Modeling in software Jack 6.1.

Keywords :
Ergonomic, Ergonomic Design, Anthropometry, School Furniture Design, Virtual Human Modeling, Posture Evaluation Index

BAB I

PENDAHULUAN

Bab 1 ini secara umum memaparkan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini. Hal tersebut kemudian diperjelas dengan menguraikan tujuan-tujuan yang ingin dicapai dan rumusan masalah yang ditemukan, beserta ruang lingkup yang membatasi penelitian yang dilakukan ini. Penjelasan lain yang diberikan mengenai metode penelitian yang dilakukan dan sistematika penulisan laporan.

1.1 LATAR BELAKANG

Dunia anak merupakan dunia yang luas, sama seperti orang dewasa. Usia anak-anak merupakan masa yang paling penting dan krusial bagi pertumbuhan fisik, mental dan karakter dari seorang individu. Pertumbuhan fisik, mental dan karakter ini akan terbentuk dari dukungan berbagai macam faktor yang mempengaruhi individu tersebut. Dalam seratus tahun terakhir, dapat kita lihat telah banyak perubahan yang terjadi di lingkungan sekolah, keluarga dan lingkungan lain yang berkaitan erat dengan lingkungan hidup anak-anak.

Anak-anak selalu dilihat sebagai kelompok yang sama secara umum, padahal dibalik itu mereka memiliki kebutuhan, masalah dan keinginan yang unik antara satu dengan yang lain. Anak-anak hidup dalam masyarakat dengan cara yang berbeda dari orang dewasa. Namun orang dewasa bertanggung jawab atas lingkungan yang anak-anak alami. Sehingga penting untuk orang dewasa dapat mendesain lingkungan dimana anak-anak akan tumbuh, berkembang dan menikmati kehidupan mereka.

Selama ini, ilmu ergonomi masih terlalu terfokus pada hal-hal yang berkaitan dengan orang dewasa, baik itu kebutuhan militer, kebutuhan di tempat kerja, maupun kebutuhan orang dewasa untuk berinteraksi dengan dunia sekitarnya. Meskipun populasi anak-anak cukup besar di dunia ini, namun studi ergonomi yang berhubungan dengan anak dapat dikatakan sangat kurang, khususnya di Indonesia. Padahal topik ini akan memiliki implikasi yang cukup

besar bagi ilmu ergonomi secara umum. Selama ini sangat sedikit aspek ergonomi dari anak yang sudah diteliti dan diterapkan dalam kehidupan anak-anak, misalnya dalam mendesain sebuah produk yang *user-friendly* untuk anak-anak. Hal ini menjadi sangat penting karena sama seperti orang dewasa, anak-anak juga banyak berinteraksi dengan berbagai macam produk dalam kegiatannya sehari-hari. Dapat dikatakan bahwa anak juga memiliki “lingkungan kerja” yang harus diperhatikan kebutuhannya secara ergonomi. Namun, sangat sedikit produk yang dibuat dengan benar-benar memperhatikan serta mempertimbangkan kebutuhan anak secara utuh.

Anak tidak dapat dianggap sama antara satu dengan yang lain, karena ada begitu banyak hal yang membuat mereka sangat berbeda antara satu dan lainnya, diantaranya adalah faktor usia. Seorang anak merupakan sebuah organisme yang belum berkembang secara sempurna secara fisik, maka dari itu mereka akan sangat rentan terhadap pengaruh lingkungan eksternal. Bahkan, pengaruh lingkungan eksternal pada anak-anak akan jauh lebih besar dibandingkan pada orang dewasa, karena pada usia anak inilah terbentuk kebiasaan yang akan terus terbawa hingga usia dewasa. Jika furniture, peralatan dan mainan yang mereka gunakan didesain dengan salah tanpa menyesuaikan dengan karakteristik tubuh anak, maka dapat mengakibatkan kecacatan maupun kelainan berupa penyakit pada anak. Desain yang benar, didasarkan pada kriteria ergonomi, dapat memfasilitasi perkembangan fisik anak secara baik (Ewa Nowak, 2000). Dalam mendesain suatu produk untuk anak, kita harus mendefinisikan dengan sangat jelas kelompok usia manakah yang menjadi sasaran utama produk tersebut. Misalnya, ketika merancang untuk anak-anak, kita harus membedakan antara anak-anak usia sekolah dan prasekolah (Beverley Norris and Stuart A. Smith, 2008). Dengan demikian berarti menggunakan kategori usia untuk keperluan desain (dalam rentang waktu tahun atau bulan untuk anak yang sangat muda) kemungkinan akan memberikan gambar yang benar. Besar variasi antara anak-anak usia yang sama, khususnya di sekitar remaja, membuat kegiatan merancang produk untuk anak-anak jauh lebih sulit dibandingkan orang dewasa. Desainer produk untuk anak-anak harus mempertimbangkan banyak hal, seperti tahapan dalam perkembangan anak dan faktor-faktor perkembangan penting yang lain.

Universitas Indonesia

Laju pertumbuhan juga akan sangat bervariasi selama masa kanak-kanak (Beverly Norris and Stuart A. Smith, 2008).

Hal yang menjadi perhatian utama dalam penelitian ini adalah mengenai kegiatan mendesain produk, lingkungan maupun kegiatan yang dapat meminimalisasi kecelakaan dan ketidaknyamanan, berkaitan dengan tingginya angka kematian anak akibat kecelakaan yang antara lain disebabkan oleh produk untuk yang tidak *user-friendly* sehingga dalam penggunaannya banyak menimbulkan kecelakaan. Misalnya desain helm untuk anak yang tidak sesuai, sehingga ketika terjadi kecelakaan helm tersebut tidak dapat melindungi kepala anak seperti yang seharusnya. Kejadian seperti ini banyak terjadi karena produsen biasanya mendesain atau memproduksi suatu produk untuk anak hanya dengan mengecilkan ukurannya dari produk untuk orang dewasa, tanpa meneliti antropometri atau ukuran tubuh anak. Tentunya hal ini akan menyebabkan ketidaksesuaian antara produk dengan tubuh anak tersebut. Antropometri merupakan salah satu unsur penting yang memiliki efek pada ergonomi di lingkungan anak. Antropometri menyediakan data mengenai perkembangan fisik anak-anak dan perubahan yang terjadi dalam proporsi tubuh dengan usia, merupakan elemen yang sangat penting dalam membentuk sebuah lingkungan anak yang ergonomis (Ewa Nowak, 2000).

Sekolah sebagai salah satu lingkungan yang paling akrab dengan usia anak memiliki peran yang cukup penting dalam perkembangan fisik, mental maupun karakteristik anak. Berdasarkan survey, 95% anak hadir di sekolah lebih dari 3 kali dalam seminggu (Samuel A. Oyewole, Joel M. Haight and Andris Freivalds, 2010). Produk utama yang akan disorot oleh penulis dalam penelitian kali ini yaitu kursi dan meja yang digunakan untuk anak belajar di dalam kelas. Peralatan ini akan mempengaruhi postur anak-anak, kenyamanan, kesehatan, dan kemampuan untuk belajar. Pemilihan kursi dan meja sekolah didasarkan pada fakta bahwa sekitar 80% waktu siswa SD di sekolah dihabiskan untuk belajar di dalam kelas. Dengan demikian pada waktu-waktu tersebut, anak akan banyak melakukan interaksi dengan produk kursi dan meja didalam kelas, tidak dapat dipungkiri juga bahwa setiap harinya anak banyak menghabiskan waktunya untuk duduk di sekolah. Posisi duduk anak akan dipengaruhi oleh 3 hal, yaitu aktivitas

Universitas Indonesia

yang dilakukan didalam kelas, data antropometri anak dan juga desain dari kursi serta meja yang digunakan. Posisi duduk anak yang terbentuk sebagai kebiasaan sejak kecil akan mempengaruhi kondisi dan perkembangan fisik anak hingga dewasa, sehingga penggunaan produk kursi dan meja yang cocok dengan postur tubuh anak menjadi sangat penting. Posisi duduk yang benar akan menjadi faktor yang sangat penting dalam mencegah terjadinya *musculoskeletal disorder* (kelainan pada area tulang belakang). Berdasarkan penelitian, posisi duduk serta postur statis dalam jangka waktu yang lama merupakan penyebab utama terjadinya *back pain* (Salminen, 1984; Balague et.al., 1988; Troustier et.al., 1994). Pada masa sekarang, masalah *back pain* dan *neck pain* bukan hanya terbatas pada orang dewasa saja, namun juga sudah banyak ditemukan pada anak-anak usia sekolah (Niemi et.al., 1997; Olsen et.al., 1992).

Furniture sekolah merupakan kasus yang khusus karena tergolong dalam produk yang dapat mempengaruhi perkembangan anak. Yeats (1997) mengemukakan bahwa desain produk furniture didalam kelas (meja dan kursi) merupakan bagian yang sangat penting dalam membentuk postur duduk anak untuk jangka panjang. Namun demikian semakin banyak peneliti (Balaqué et al. 1993; Jarosz 1993; Nowak 1993; Storr-Paulsen et al. 1994; Marschall et al. 1995; Mandal 1997; Paluch 1999) menunjukkan fakta bahwa sebagian besar furniture sekolah tidak sesuai dengan dimensi tubuh anak-anak dan kesalahan konstruksi tersebut sangat berbahaya bagi postur tubuh anak (Ewa Nowak, 2000). Mandal (1985) dan Evans et.al. (1992) menyatakan bahwa *low back pain* yang terjadi pada anak-anak usia sekolah, mayoritas berhubungan erat dengan desain furniture sekolah yang digunakan. Selanjutnya, anak yang duduk dalam postur yang tidak sesuai untuk jangka waktu yang panjang akan rentan untuk mengalami keluhan pada bagian punggung dan leher dan gejala muskuloskeletal lainnya yang dapat menjadi semakin buruk seiring berjalannya waktu dan pertumbuhan anak tersebut menjadi dewasa (Alan Hedge and Rani Lueder, 2008).

Dalam beberapa tahun terakhir, di banyak negara Eropa maupun di Amerika Serikat, para ilmuwan dan guru telah mengamati bahwa standar wajib untuk furniture sekolah yang telah diatur tidak sesuai dengan dimensi tubuh anak-anak saat ini. Sejak tahun 1979, ISO bahkan sudah mengeluarkan peraturan

mengenai standar kursi dan meja untuk institusi pendidikan. Namun demikian, standar ini kemudian tidak pernah diperbaharui hingga sekarang, padahal seperti kita ketahui bahwa antropometri anak di tahun 1979 pasti sudah sangat berbeda dengan anak di masa sekarang, diantaranya akibat perbedaan gaya hidup, pola makan dan tingkat kesejahteraan. Yang terbaru, standar untuk kursi dan meja didalam kelas ini dibuat di Inggris pada tahun 2007 yaitu “*New British and European Educational Furniture Standard*”. Sayangnya hingga saat ini di Indonesia masih belum ada peraturan formal tentang standar dimensi kursi dan meja yang dijadikan acuan untuk menyesuaikan antara produk dengan kebutuhan anak. Hampir tidak ada produsen yang memproduksi meja dan kursi untuk siswa SD dengan berdasarkan data antropometri ukuran tubuh siswa SD yang sesungguhnya. Hal ini diantaranya terkait dengan minimnya tingkat kepedulian masyarakat terhadap kebutuhan anak, rendahnya tingkat pengetahuan masyarakat dan juga belum tersedianya data antropometri yang dibutuhkan sebagai landasan untuk mendesain produk untuk anak-anak di Indonesia. Pada penelitian kali ini, penelitian akan difokuskan pada analisa desain produk kursi dan meja sekolah yang telah ada dan pembuatan parameter standar serta desain yang disesuaikan dengan data antropometri untuk siswa kelas 1 dan 2 SD (7-9 tahun).

Tabel 1.1 Faktor Resiko Sakit Punggung

Table 21.1 Back Pain Risk Factors among Schoolchildren (see Chapter 7, Table 7.3)	
Classroom	<ul style="list-style-type: none"> • Extended sitting in static postures • Prolonged work on the computers • Finding their chair uncomfortable
Other	<ul style="list-style-type: none"> • Inadequate storage • Overly heavy book bags • Intensive competitive sports activities

Sumber : Rani Lueder and Valerie J. Berg Rice. 2008. *Ergonomic for Children : Designing products and places for toddlers to teens*. New York : Taylor and Francis Group.

Berikut ini adalah gambar yang menjelaskan mayoritas kesalahan yang terjadi pada desain kursi dan meja sekolah :



Gambar 1.1 Kursi Terlalu Lebar



Gambar 1.2 Meja Terlalu Tinggi

Sumber : Georgia Panagiotopoulou, et.al., 2004

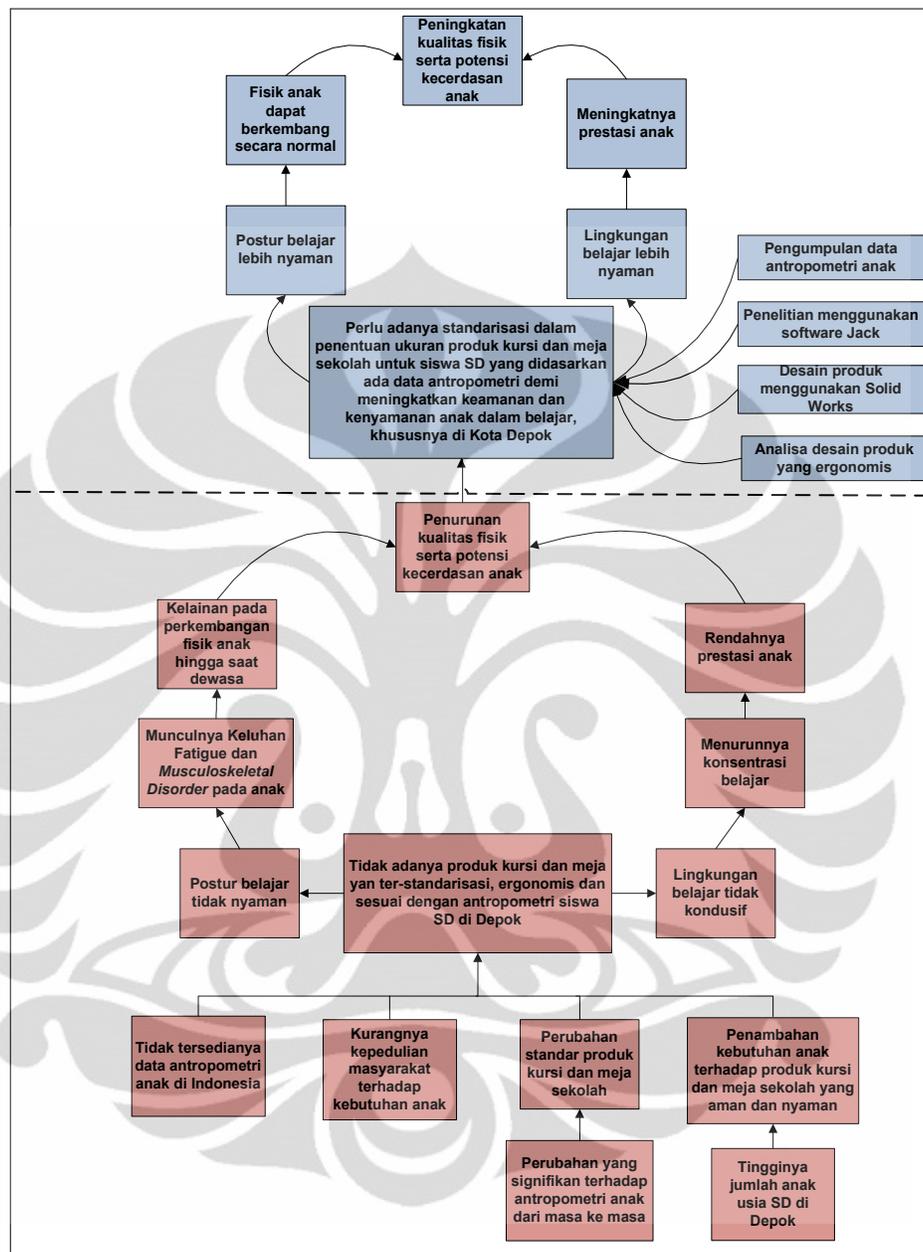


Gambar 1.3 Kursi Terlalu Tinggi

Sumber : Rani Lueder and Valerie J. Berg Rice. 2008. *Ergonomic for Children : Designing products and places for toddlers to teens*. New York : Taylor and Francis Group.

1.2 DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, dapat dibuat suatu diagram keterkaitan masalah seperti pada **Gambar 1.1**. Diagram keterkaitan masalah ini memberikan gambaran secara keseluruhan mengenai hubungan dan interaksi antara sub-sub masalah yang melandasi penelitian ini secara utuh dan detail mulai dari penyebab masalah hingga tujuan yang ingin dicapai.



Gambar 1.4 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 PERUMUSAN MASALAH

Seperti yang telah dipaparkan dalam poin latar belakang dan juga telah digambarkan dalam diagram keterkaitan masalah, bahwa pokok permasalahan yang akan dibahas pada penelitian kali ini berawal dari kurangnya produk kursi dan meja sekolah yang ergonomi dan dapat mengakomodasi kebutuhan anak secara utuh.

Solusi yang ditawarkan oleh peneliti adalah pertama dengan mengumpulkan data antropometri siswa SD kelas 1 dan 2 (usia 7-9 tahun) di wilayah Depok. Kemudian selanjutnya, peneliti akan melakukan analisa terhadap desain kursi dan meja sekolah yang telah ada di beberapa sekolah yang menjadi objek penelitian dan terakhir menetapkan parameter standar serta desain yang sesuai dengan data antropometri siswa, mengingat tingginya jumlah kebutuhan kursi dan meja sekolah yang harus diimbangi dengan penyediaan produk yang memperhatikan aspek keselamatan dan kesehatan anak untuk jangka panjang.

1.4 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ;

- Membuat standarisasi desain serta ukuran kursi dan meja berdasarkan data antropometri siswa SD di Kota Depok, khususnya kelas 1 dan 2 (usia 7-9 tahun)

1.5 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan dalam ruang lingkup berikut ini:

- Lingkup penelitian dibatasi pada 2 sekolah TK, yaitu SD Negeri Anyelir 1 dan SD Negeri Anyelir 2 di Kota Depok, meliputi siswa/i, serta kursi dan meja sekolah yang berada pada lingkungan sekolah tersebut.
- Pengambilan data antropometri dibatasi hanya pada siswa SD kelas 1 dan 2 (usia 7-9 tahun).
- Pengambilan data antropometri siswa dan ukuran kursi dan meja sekolah yang telah ada dilakukan dengan menggunakan antropometer serta alat ukur lainnya dengan cara pengukuran langsung pada obyek tersebut.

- Pemecahan masalah parameter standar desain kursi dan meja sekolah akan diberikan berupa nilai-nilai angka maupun batasan lain untuk tiap dimensi yang terdapat pada kursi dan meja tersebut.
- Pemecahan masalah rancangan desain kursi dan meja sekolah yang ergonomis dilakukan dengan menggunakan *software Solid Works* dengan pedoman data antropometri.
- Desain usulan yang diberikan hanya meliputi ukuran serta bentuk kursi dan meja, sementara material pembuatannya tidak dipertimbangkan.
- Analisa ergonomi terhadap desain yang diberikan maupun produk kursi dan meja sekolah yang telah ada akan dilakukan dengan menggunakan *ergonomic tools* yang terdapat pada *Jack Analysis Toolkit*.
- Pemecahan masalah dibatasi sampai tahap memberikan parameter serta desain usulan yang dapat menjadi masukan bagi pihak sekolah, kemudian dilanjutkan ke tahap mengevaluasi desain usulan tersebut.
- Pemecahan masalah dilakukan dengan tidak mempertimbangkan faktor biaya yang dikeluarkan untuk implementasi usulan desain yang diberikan.

1.6 METODOLOGI PENELITIAN

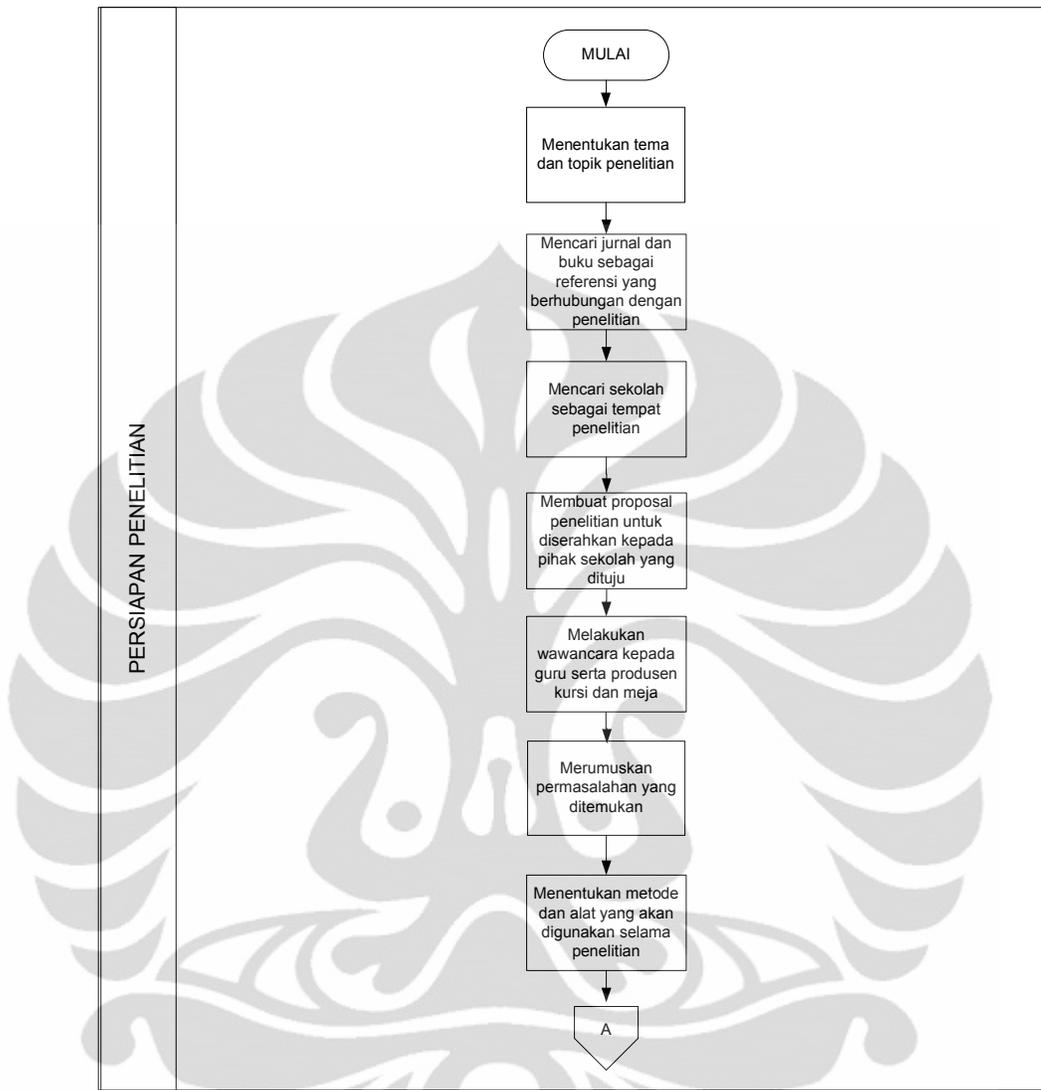
Dalam penelitian mengenai desain produk kursi dan meja sekolah ini maka akan dilaksanakan dengan metode sebagai berikut pada masing-masing tahapnya :

1. Tahap Persiapan Penelitian
 - a. Menentukan tema dan topik penelitian
 - b. Mencari jurnal dan buku sebagai referensi yang berhubungan dengan penelitian
 - c. Mencari sekolah sebagai tempat penelitian
 - d. Membuat proposal penelitian untuk diserahkan kepada pihak sekolah yang dituju
 - e. Melakukan wawancara kepada guru serta produsen kursi dan meja sekolah untuk siswa SD
 - f. Merumuskan permasalahan yang ditemukan
 - g. Menentukan metode dan alat yang akan digunakan selama penelitian

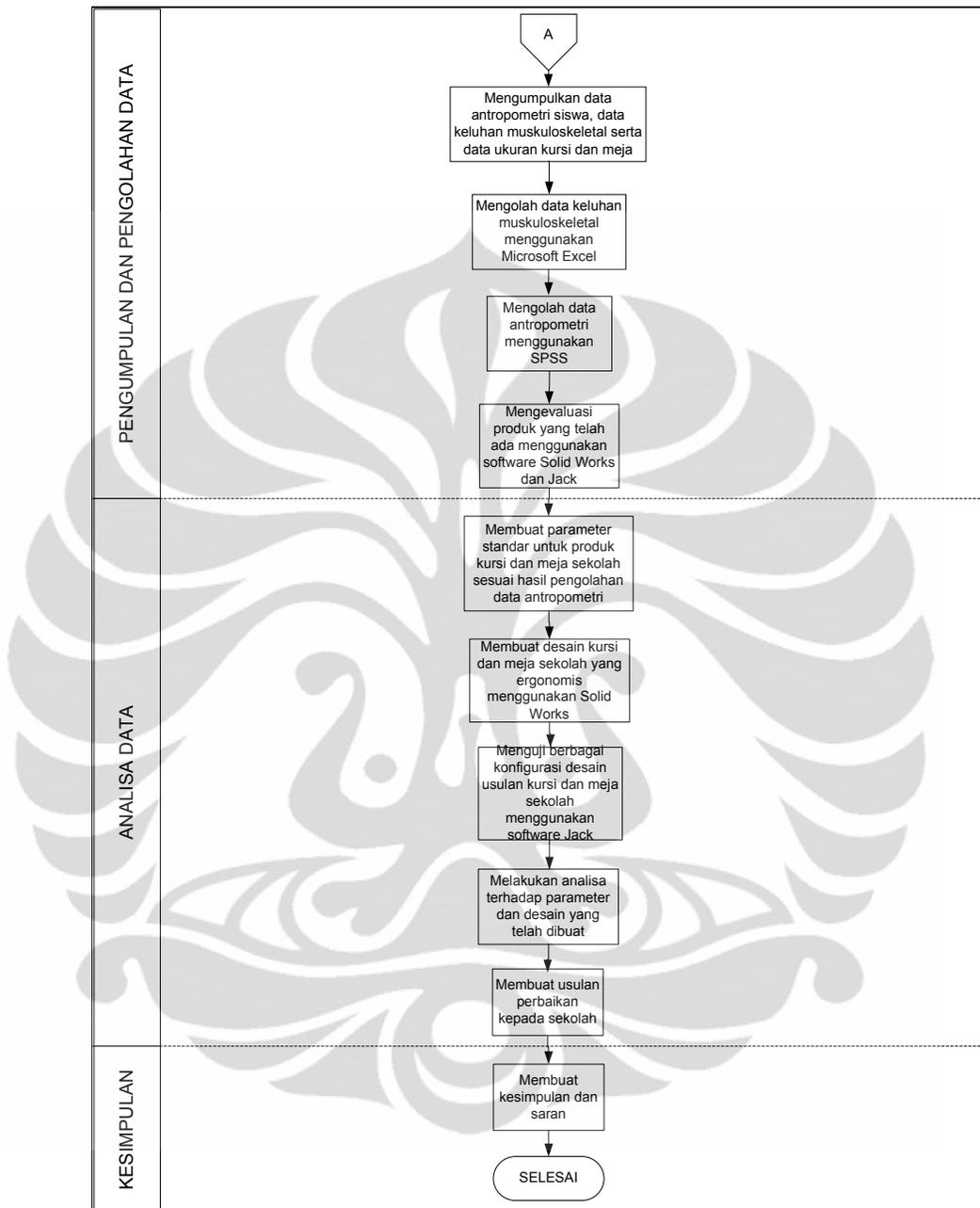
2. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data
 - a. Mengumpulkan data antropometri siswa, data hasil wawancara siswa serta data ukuran kursi dan meja yang digunakan
 - b. Mengolah data hasil wawancara siswa menggunakan *Microsoft Excel*
 - c. Mengolah data antropometri siswa menggunakan SPSS
 - d. Mengevaluasi kursi dan meja yang telah ada menggunakan *software Solid Works* dan *Jack 6.1*

3. Tahap Analisis Data
 - a. Membuat parameter standar untuk kursi dan meja sekolah sesuai hasil pengolahan data antropometri
 - b. Membuat desain kursi dan meja sekolah yang ergonomis menggunakan *Solid Works*
 - c. Menguji berbagai konfigurasi desain usulan kursi dan meja sekolah menggunakan *software Jack*
 - d. Melakukan analisa terhadap parameter dan desain yang telah dibuat
 - e. Membuat usulan perbaikan kepada sekolah

4. Tahap Penarikan Kesimpulan
 - a. Membuat kesimpulan dan saran



Gambar 1.5 Diagram Alur Penelitian



Gambar 1.5 Diagram Alur Penelitian (lanjutan)

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Secara garis besar sistematika penulisan pada penelitian ini terbagi ke dalam lima bab, yaitu: Bab 1 Pendahuluan, Bab 2 Tinjauan Pustaka, Bab 3 Pengumpulan Data dan Perancangan Model, Bab 4 Analisis, dan Bab 5 Kesimpulan.

- Bab 1 Pendahuluan

Bab 1 ini merupakan bab pendahuluan yang ditujukan untuk memberi gambaran awal terhadap penelitian yang akan dilakukan, diantaranya berisi latar belakang pemilihan topik penelitian, tujuan dilakukannya penelitian, perumusan masalah dan penjelasan-penjelasan lainnya mengenai penelitian ini. Dalam bab ini juga dijelaskan mengenai ruang lingkup penelitian yang memberikan batasan kepada peneliti agar tetap fokus pada tujuannya. Pada bagian akhir bab ini, dijelaskan mengenai metode penelitian yang digunakan oleh peneliti, berupa langkah-langkah yang akan dilalui mulai dari tahap persiapan hingga penarikan kesimpulan dari hasil penelitian. Penjelasan tambahan yang dapat diperoleh pada bab ini yaitu diagram keterkaitan masalah dan juga jenis output yang akan diberikan sebagai hasil penelitian.

- Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab 2 berisi tentang landasan teori yang digunakan peneliti dalam mengembangkan penelitian ini, diantaranya berisi tentang teori ergonomi umum, perkembangan fisik anak, pedoman perancangan produk untuk anak, antropometri, muskulokeletal disorder, teori analisis statistik, *tools* analisis ergonomi pada *software Jack* dan *tools* desain produk pada *software Solid Works*

- Bab 3 Pengumpulan Data dan Perancangan Model

Bab 3 membahas mengenai metode pengumpulan dan pengolahan data hingga langkah-langkah perancangan model yang digunakan oleh peneliti. Pada bab ini akan terdapat seluruh data yang menunjang penelitian, diantaranya data keluhan produk, data antropometri siswa dan data ukuran produk kursi dan meja sekolah. Selanjutnya pada bab ini akan dijelaskan bagaimana mengolah data-data tersebut, menggunakan *software* statistik yaitu SPSS hingga diperoleh ukuran kursin dan meja yang tepat. Bab ini juga akan berisi ukuran

Universitas Indonesia

dan desain meja dan kursi usulan yang ergonomis serta cara pembuatannya dengan menggunakan software Solid Works. Pada bagian akhir akan dilakukan evaluasi terhadap berbagai konfigurasi postur duduk yang menggunakan kursi dan meja aktual maupun usulan produk kursi dengan bantuan *software Jack 6.1*.

- Bab 4 Analisis

Bab 4 ini merupakan bab yang berisi analisis dari hasil data-data ukuran kursi dan meja maupun konfigurasi yang telah diolah dan diuji sebelumnya pada bab 3. Pada awal bab ini akan dilakukan evaluasi terhadap kursi dan meja yang telah digunakan di SD Negeri Anyelir 1 dan 2. Dengan demikian dapat diketahui apakah ukuran kursi dan meja tersebut sudah tepat atau belum. Selanjutnya, hasil data keluhan produk dan data antropometri siswa yang telah diolah akan dijadikan landasan dalam membuat parameter standar serta desain yang ergonomis untuk produk kursi dan meja sekolah. Kemudian parameter dan desain ini akan dianalisis menggunakan *software Jack 6.1*. Dari hasil analisa tersebut akan diketahui apakah parameter dan desain yang dibuat sudah ergonomis untuk diaplikasikan pada sekolah dasar di Kota Depok. Pada akhir bab ini, penulis akan memberikan rekapitulasi hasil analisis masing-masing konfigurasi yang telah diujikan sehingga dapat diketahui konfigurasi manakah yang memberikan hasil paling baik.

- Bab 5 Kesimpulan

Bab 5 ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dicapai.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Bab 2 ini berisi mengenai berbagai landasan teori yang menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini, yaitu diantaranya mengenai teori ergonomi, antropometri, risiko cedera musculoskeletal, *Posture Evaluation Index (PEI)*, simulasi menggunakan *software Jack*, teori mengenai dimensi kursi dan meja yang ergonomis, serta teori lainnya yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

2.1 Ergonomi

2.1.1 Definisi Ergonomi

Ergonomi adalah cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia dalam merancang suatu sistem kerja, sehingga manusia dapat hidup dan bekerja pada sistem yang tersedia itu dengan baik, sehingga manusia dapat mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman, dan nyaman. Ergonomi berfokus kepada manusia dan interaksinya dengan produk, peralatan, fasilitas, prosedur dan lingkungan dan pekerja serta kehidupan sehari-hari dimana penekanannya adalah pada faktor manusia.

Ergonomi adalah pendekatan multidisiplin ilmu pengetahuan guna menserasikan alat, sistem kerja (meliputi organisasi dan lingkungan kerja) terhadap kemampuan kebolehan dan keterbatasan manusia sebagai pekerja, sehingga tercapai kondisi dan lingkungan kerja yang sehat, selamat dan manusiawi untuk menghasilkan produktivitas setinggi-tingginya.

Banyak istilah maupun definisi yang terkait dengan pemahaman mengenai ergonomi seperti *human factors*, *ergonomics*, *human engineering*, *human factors psychology*, *applied ergonomics* dan *industrial engineering/ergonomics* namun yang sering digunakan adalah *human factors* dan *ergonomics*. Pemahaman mengenai *human factors* biasanya dikaitkan dengan problematik psikologi kerja (*mental*

workloads dan cognitives issues), sedangkan ergonomi sendiri dikaitkan dengan *physical works*.

Pengertian mengenai *human engineering* atau *applied/industrial ergonomics* akan banyak dihubungkan dengan *human factors engineering* dalam proses perancangan, test, evaluasi, modifikasi dari produk (peralatan, fasilitas) yang dari sebuah sistem kerja (Moroney, 1995). Ergonomi secara umum telah diartikan sebagai "*the study of work*" (ergo = kerja, nomos = hukum/aturan) dan mampu membawa perubahan yang signifikan dalam mengimplementasikan konsep peningkatan produktivitas melalui efisiensi penggunaan tenaga kerja dan pembagian kerja berdasarkan karakteristik kelebihan maupun kekurangan manusia.

Beberapa pakar juga memberikan definisi mereka sendiri tentang ergonomi. Mc Cormicks dan Sanders (1987) membagi ergonomi ke dalam tiga pendekatan, yaitu:

1. Fokus Utama

Fokus utama ergonomi adalah mempertimbangkan manusia dalam perancangan benda kerja, prosedur kerja, dan lingkungan kerja. Fokus ergonomi adalah interaksi manusia dengan produk, peralatan, fasilitas, lingkungan dan prosedur dari pekerjaan dan kehidupan sehari-harinya. Ergonomi lebih ditekankan pada faktor manusianya dibandingkan ilmu teknik yang lebih menekankan pada faktor-faktor nonteknis.

2. Tujuan

Ergonomi mempunyai dua tujuan utama yaitu meningkatkan efektifitas dan efisiensi pekerjaan serta aktifitas-aktifitas lainnya serta meningkatkan nilai-nilai tertentu yang diinginkan dari pekerjaan tersebut, termasuk memperbaiki keamanan, mengurangi kelelahan dan stres, meningkatkan kenyamanan, penerimaan pengguna yang besar dan memperbaiki kualitas hidup.

3. Pendekatan Utama

Pendekatan utama mencakup aplikasi sistematis dari informasi yang relevan tentang kemampuan, keterbatasan, karakteristik, perilaku dan motivasi

Universitas Indonesia

manusia terhadap desain produk dan prosedur yang digunakan serta lingkungan tempat menggunakannya.

Berdasarkan ketiga pendekatan tersebut diatas, definisi ergonomi dapat terangkumkan dalam definisi yang dikemukakan Chapanis (1985), yaitu ergonomi adalah ilmu untuk menggali dan mengaplikasikan informasi-informasi mengenai perilaku manusia, kemampuan, keterbatasan dan karakteristik manusia lainnya untuk merancang peralatan, mesin, sistem, pekerjaan dan lingkungan untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, kenyamanan dan efektifitas pekerjaan manusia.

Definisi mengenai ergonomi juga datang dari Iftikar Z. Satalaksana (1979) yang mendefinisikan ergonomi sebagai suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman dan nyaman (Satalaksana dkk, 1979).

2.1.2 Pendekatan Ergonomi

Pendekatan ergonomi bersifat konseptual dan kuratif, secara populer kedua pendekatan tersebut dikenal sebagai *“to fit the job to the man and to fit the man to the job”* yaitu “sesuaikan pekerjaan dengan pekerjaanya dan sesuaikan pekerja dengan pekerjaannya”. Kohar Sulistiadi dan Sri Lisa Susanti (2003) menyatakan bahwa fokus ilmu ergonomi adalah manusia itu sendiri dalam arti dengan kaca mata ergonomi, sistem kerja yang terdiri atas mesin, peralatan, lingkungan dan bahan harus disesuaikan dengan sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia tetapi bukan manusia yang harus menyesuaikan dengan mesin, alat dan lingkungan dan bahan. Ilmu ergonomi mempelajari beberapa hal yang meliputi:

1. Lingkungan kerja, meliputi kebersihan, tata letak, suhu, pencahayaan, sirkulasi udara , desain peralatan dan lainnya.
2. Karakteristik fisik dan psikologis (mental) pekerja untuk melakukan sebuah pekerjaan, misalkan pendidikan, postur badan, pengalaman kerja, dan umur.

Universitas Indonesia

3. Bahan-bahan/peralatan kerja yang berisiko menimbulkan kecelakaan kerja, contoh pisau, palu, barang pecah belah, zat kimia dan lainnya
4. Interaksi antara pekerja dengan peralatan kerja, meliputi kenyamanan kerja, kesehatan dan keselamatan kerja, kesesuaian ukuran alat kerja dengan pekerja, *standar operasional prosedur* dan lainnya.

Sasaran dari ilmu ergonomi adalah meningkatkan prestasi kerja yang tinggi dalam kondisi aman, sehat, nyaman dan tentram. Aplikasi ilmu ergonomi digunakan untuk perancangan produk, meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja serta meningkatkan produktivitas kerja. Dengan mempelajari tentang ergonomi maka kita dapat mengurangi resiko penyakit, meminimalkan biaya kesehatan, nyaman saat bekerja dan meningkatkan produktivitas dan kinerja serta memperoleh banyak keuntungan. Oleh karena itu penerapan prinsip ergonomi di tempat kerja diharapkan dapat menghasilkan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Mengerti tentang pengaruh dari suatu jenis pekerjaan pada diri pekerja dan kinerja pekerja
2. Memprediksi potensi pengaruh pekerjaan pada tubuh pekerja
3. Mengevaluasi kesesuaian tempat kerja, peralatan kerja dengan pekerja saat bekerja
4. Meningkatkan produktivitas dan upaya untuk menciptakan kesesuaian antara kemampuan pekerja dan persyaratan kerja.
5. Membangun pengetahuan dasar guna mendorong pekerja untuk meningkatkan produktivitas.
6. Mencegah dan mengurangi resiko timbulnya penyakit akibat kerja
7. Meningkatkan faktor keselamatan kerja
8. Meningkatkan keuntungan, pendapatan, kesehatan dan kesejahteraan untuk individu dan institusi.

Dengan melakukan penilaian ergonomi di tempat kerja dapat diperoleh 3 keuntungan yaitu:

- Mengurangi potensi timbulnya kecelakaan kerja

- Mengurangi potensi gangguan kesehatan pada pekerja
- Meningkatkan produktivitas dan penampilan kerja

Peran ergonomi sangat besar dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan sehat. Posisi kerja yang salah dan dipaksakan dapat menyebabkan mudah lelah sehingga kerja menjadi kurang efisien dan dalam jangka panjang dapat menyebabkan gangguan fisik dan psikologis (*stress*) dengan keluhan yang paling sering adalah nyeri pinggang kerja (*low back pain*).

Menurut M. Mikhew (ICHOIS 1997), gambaran umum yang menjadi ciri-ciri umum industri dan yang sering terjadi antara lain :

- a) Timbulnya risiko bahaya pekerjaan yang tinggi.
- b) Keterbatasan sumber daya dalam mengubah lingkungan kerja dan menentukan pelayanan kesehatan kerja yang kuat.
- c) Rendahnya kesadaran terhadap faktor-faktor fisik kesehatan kerja.
- d) Kondisi pekerjaan yang tidak ergonomis, kerja fisik yang berat dan jam kerja yang panjang.
- e) Pembagian kerja di struktur yang beraneka ragam dan rendahnya pengawasan manajemen serta pencegahan bahaya-bahaya pekerjaan.
- f) Masalah perlindungan lingkungan tidak terpecahkan dengan baik.
- g) Kurangnya pemeliharaan kesehatan, jaminan keamanan, sosial (asuransi kesehatan) dan fasilitas kesejahteraan.

Pelayanan kesehatan kerja yang diberikan melalui penerapan ergonomi, diharapkan dapat meningkatkan mutu kehidupan kerja (*Quality of Working Life*), dengan demikian produktivitas kerja dapat ditingkatkan dan penyakit akibat kerja dapat diturunkan, proses kerja dan lingkungan kerja yang aman. Interaksi ini akan berjalan dengan baik bila ketiga komponen tersebut dipersiapkan dengan baik dan saling menunjang. Misalnya menyesuaikan ukuran peralatan kerja dengan postur tubuh pekerja dan menilai kelancaran gerakan tubuh pekerja.

Dalam penerapan ergonomi akan dipelajari cara-cara penyesuaian pekerjaan, alat kerja dan lingkungan kerja dengan manusia, dengan memperhatikan kemampuan

Universitas Indonesia

dan keterbatasan manusia itu sehingga tercapai suatu keserasian antara manusia dan pekerjaannya yang akan meningkatkan kenyamanan kerja dan produktifitas kerja.

Adapun beberapa posisi yang penting untuk penerapan ergonomi di tempat kerja adalah sebagai berikut :

a. Posisi berdiri

Ukuran tubuh yang penting adalah tinggi badan berdiri, tinggi bahu, tinggi siku, tinggi pinggul, panjang lengan.

b. Posisi duduk

Ukuran tubuh yang penting adalah tinggi duduk, panjang lengan atas, panjang lengan bawah dan tangan, jarak lekuk lutut dan garis punggung, serta jarak lekuk lutut dan telapak kaki.

Di samping itu, pengenalan permasalahan ergonomi di tempat kerja perlu mempertimbangkan beberapa aspek (bidang kajian ergonomi), yaitu :

a. Anatomi dan gerak terdapat 2 (dua) hal penting yang berhubungan, yakni :

1) Antropometris dipengaruhi oleh :

- a) Jenis kelamin
- b) Perbedaan bangsa
- c) Sifat/hal-hal yang diturunkan
- d) Kebiasaan yang berbeda

2) Biomekanik kerja

Misalnya dalam hal penerapan ilmu gaya antara lain sikap duduk/berdiri yang tidak/kurang melelahkan karena posisi yang benar dan ukuran peralatan yang telah diperhitungkan.

b. Fisiologi dibagi menjadi :

1) Fisiologi lingkungan kerja yang berhubungan dengan kenyamanan dan pengamanan terhadap potential hazards, ruang gerak yang memadai.

2) Fisiologi kerja

c. Psikologi

Perasaan aman, nyaman dan sejahtera dalam bekerja yang didapatkan oleh pekerja. Hal ini dapat terjadi karena lingkungan kerja (cahaya, ventilasi, posisi kerja) yang tidak menimbulkan stres pada pekerja.

d. Rekayasa dan teknologi

Merupakan kiat-kiat untuk mendesain peralatan yang sesuai dengan ukuran tubuh dan batasan-batasan pergerakan manusia. Dan juga dapat memberi rasa aman terhadap pekerjaannya.

e. Penginderaan

Merupakan kemampuan kelima indera manusia menangkap isyarat-isyarat yang datang dari luar.

Pengelompokkan bidang kajian ergonomi yang secara lengkap dikelompokkan oleh Dr. Ir. Iftikar Z. Satalaksana (1979) sebagai berikut:

1. Faal Kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang meneliti energi manusia yang dikeluarkan dalam suatu pekerjaan. Tujuan dan bidang kajian ini adalah untuk perancangan sistem kerja yang dapat meminimasi konsumsi energi yang dikeluarkan saat bekerja.
2. Antropometri, yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia untuk digunakan dalam perancangan peralatan dan fasilitas sehingga sesuai dengan pemakainya.
3. Biomekanika yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan mekanisme tubuh dalam melakukan suatu pekerjaan, misalnya keterlibatan otot manusia dalam bekerja dan sebagainya
4. Penginderaan, yaitu bidang kajian ergonomi yang erat kaitannya dengan masalah penginderaan manusia, baik indera penglihatan, penciuman, perasa dan sebagainya.
5. Psikologi kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang berkaitan dengan efek psikologis dan suatu pekerjaan terhadap pekerjaannya, misalnya terjadinya stres dan lain sebagainya.

Pada prakteknya, dalam mengevaluasi suatu sistem kerja secara ergonomi, kelima bidang kajian tersebut digunakan secara sinergis sehingga didapatkan suatu solusi yang optimal, sehingga seluruh bidang kajian ergonomi adalah suatu sistem terintegrasi yang semata-mata ditujukan untuk perbaikan kondisi manusia pekerjaanya.

Perancangan atau pengevaluasian sistem kerja dengan hanya memakai pendekatan salah satu bidang ergonomi tidak akan menghasilkan solusi yang optimal bagi manusia, bidang kajian ergonomi pada akhirnya terfokus pada perbaikan sistem kerja (SB Hutabarat, 1996), dimana pengertian sistem menurut pendekatan ergonomi yaitu suatu entitas yang keluar dengan membawa suatu tujuan. Bailey (1992) mengatakan bahwa konsep suatu sistem adalah:

1. Memiliki tujuan
2. Mengetahui apa yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan
3. Mampu mendesain komponen untuk mencapai tujuan
4. Mengkoordinasikan sebaik mungkin untuk mencapai tujuan, sehingga secara menyeluruh, pendekatan ergonomi terhadap karakteristik suatu sistem adalah bahwa sistem memiliki karakter-karakter sebagai berikut:
 - Memiliki tujuan
 - Memiliki hirarki, dalam arti bahwa jarang ditemukan suatu sistem bersifat independen, namun suatu sistem pada umumnya adalah bagian dan sistem lain yang lebih besar
 - Beroperasi dalam suatu lingkungan yang justru dapat mempengaruhi performansi sistem itu sendiri

2.1.3 Pengelompokkan Ergonomi

Dalam perkembangan selanjutnya, ergonomi dikelompokkan atas empat bidang penyelidikan, menurut Iftikar Satalaksana dalam bukunya yaitu :

- a. Penyelidikan tentang tampilan (*display*).

Tampilan (*display*) adalah suatu perangkat antara (*interface*) yang menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan, dan mengkomunikasikannya pada

Universitas Indonesia

manusia dalam bentuk tanda-tanda, angka, lambang dan sebagainya.

b. Penyelidikan tentang kekuatan fisik manusia

Dalam hal ini diselidiki tentang aktivitas-aktivitas manusia ketika bekerja, dan kemudian dipelajari cara mengukur aktivitas-aktivitas tersebut.

c. Penyelidikan tentang ukuran tempat kerja.

Penyelidikan ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran (dimensi) tubuh manusia, agar diperoleh tempat kerja yang baik, yang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia.

d. Penyelidikan tentang lingkungan kerja.

Penyelidikan ini meliputi kondisi lingkungan fisik tempat kerja dan fasilitas kerja seperti pengaturan cahaya, kebisingan suara, temperatur, getaran, dan lain-lain yang dianggap dapat mempengaruhi tingkah laku manusia.

Berkenaan dengan bidang-bidang penyelidikan yang tersebut diatas, maka terlihat sejumlah disiplin dalam ergonomi, yaitu :

- a. Anatomi dan fisiologi, yang mempelajari struktur dan fungsi tubuh manusia.
- b. Antropometri, yaitu ilmu mengenai ukuran/dimensi tubuh manusia.
- c. Fisiologi psikologi, yang mempelajari sistem saraf dan otak manusia.
- d. Psikologi eksperimen, yang mempelajari tingkah laku manusia.

2.1.4. Perkembangan Ergonomi

Ergonomi dipopulerkan pertama kali pada tahun 1949 sebagai judul buku yang dikarang oleh Prof. Murrel. Sedangkan kata ergonomi itu sendiri berasal dari bahasa Yunani yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (aturan/prinsip/kaidah), sehingga secara harfiah dapat diartikan sebagai suatu ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan pekerjaannya. Istilah ergonomi digunakan secara luas di Eropa, sedangkan di Amerika Serikat dikenal istilah *human factor* atau *human engineering*. Kedua istilah tersebut (*ergonomic* dan *human factor*) hanya berbeda pada penekanannya. Intinya kedua kata tersebut sama-sama menekankan pada performansi dan perilaku manusia. Menurut Hawkins (1987), untuk mencapai tujuan praktisnya,

Universitas Indonesia

keduanya dapat digunakan sebagai referensi untuk teknologi yang sama.

Ergonomi telah menjadi bagian dari perkembangan budaya manusia sejak 4000 tahun yang lalu (Dan Mac Leod, 1995). Perkembangan ilmu ergonomi dimulai saat manusia merancang benda-benda sederhana, seperti batu untuk membantu tangan dalam melakukan pekerjaannya, sampai dilakukannya perbaikan atau perubahan pada alat bantu tersebut untuk memudahkan penggunaannya. Pada awalnya perkembangan tersebut masih tidak teratur dan tidak terarah, bahkan kadang-kadang terjadi secara kebetulan.

Perkembangan ergonomi modern dimulai kurang lebih seratus tahun yang lalu, yaitu pada saat Taylor (1880-an) dan Gilberth (1890-an) secara terpisah melakukan studi tentang waktu dan gerakan. Penggunaan ergonomi secara nyata dimulai pada Perang Dunia I untuk mengoptimasikan interaksi antara produk dengan manusia.

Pada tahun 1924 sampai 1930 Hawthorne Works of Wertern Electric (Amerika) melakukan suatu percobaan tentang ergonomi yang selanjutnya dikenal dengan “*Hawthorne Effects*” (Efek Hawthorne). Hasil percobaan ini memberikan konsep baru tentang motivasi ditempat kerja serta menunjukkan hubungan langsung antara manusia dengan mesin.

Kemajuan ergonomi semakin terasa setelah Perang Dunia II dengan adanya bukti nyata bahwa penggunaan peralatan yang sesuai dapat meningkatkan keinginan manusia untuk bekerja lebih efektif. Hal tersebut banyak dilakukan pada perusahaan-perusahaan senjata perang.

Inti dari ergonomi adalah suatu prinsip *fitting the task/the job to the man*, yang artinya pekerjaan harus disesuaikan dengan kemampuan dan keterbatasan yang dimiliki oleh manusia. Hal ini menegaskan bahwa dalam merancang suatu jenis pekerjaan perlu memperhitungkan keterbatasan manusia sebagai pelaku kerja. Keadaan ini akan memberikan keuntungan dalam proses pemilihan pekerja untuk suatu pekerjaan tertentu.

2.2 Antropometri

2.2.1 Pengertian dan Jenis-Jenis Antropometri

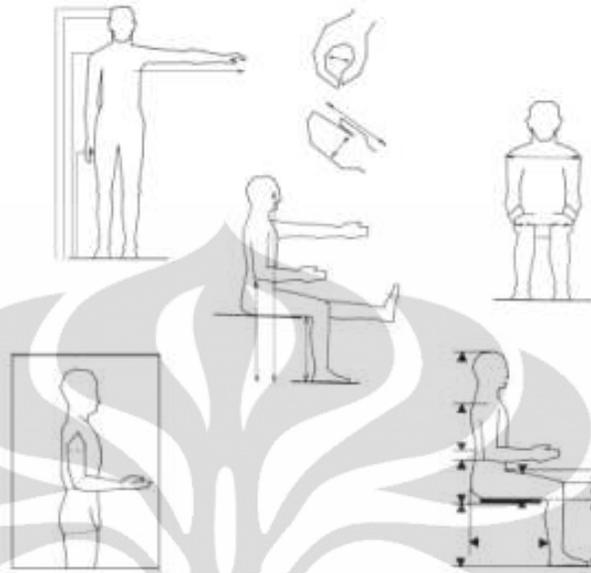
Istilah antropometri berasal dari kata “Anthropos” yang berarti manusia dan “Metrikos” yang berarti ukuran. Secara definisi antropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran, berat dan lain yang berbeda satu dengan lainnya (Wignjosoebroto,2003).

Selain itu, menurut Stevenson (1989) dan Nurmiyanto (1991), antropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia, yaitu ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Antropometri dibagi atas dua bagian, yaitu :

a. Antropometri Statis

Pengukuran manusia pada posisi diam dan linear pada permukaan tubuh, menghasilkan data antropometri struktural. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi dimensi tubuh manusia diantaranya adalah :

- Umur
Ukuran tubuh manusia akan berkembang. Ada saat lahir sampai sekitar 20 tahun untuk pria dan 17 tahun untuk wanita. Ada kecenderungan setelah 60 tahun.
- Jenis kelamin
Pria umumnya memiliki dimensi tubuh yang lebih besar kecuali dada dan pinggul.
- Suku bangsa (etnis)
- Sosio ekonomi
- Konsumsi gizi yang diperoleh
- Pekerjaan
- Aktifitas sehari-hari.



Gambar 2,1 Data Antropometri Struktural

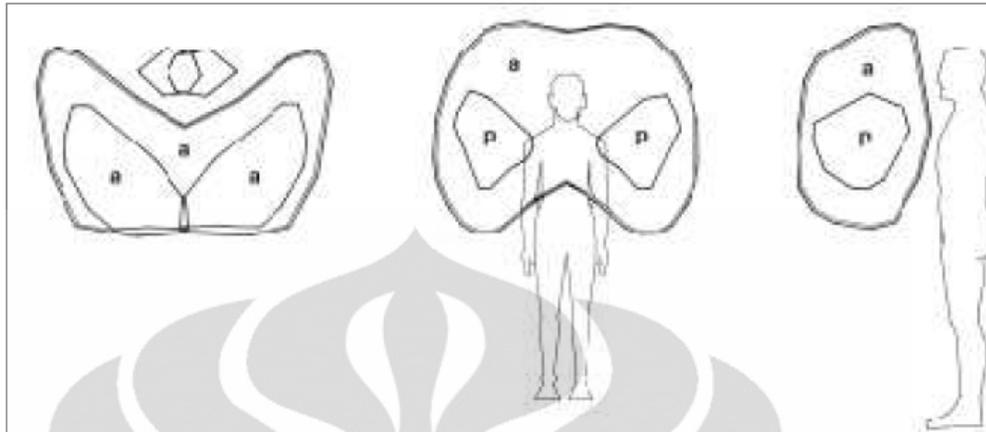
Sumber : Bridger.R.S, *Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.64

b. Antropometri Dinamis

Yang dimaksud dengan antropometri dinamis adalah pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatannya. Pengukuran ini menghasilkan data antropometri fungsional. Terdapat tiga kelas pengukuran antropometri dinamis, yaitu :

- Pengukuran tingkat keterampilan sebagai pendekatan untuk mengerti keadaan mekanis dari suatu aktifitas. Contohnya : dalam pengukuran performansi atlet.
- Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan saat kerja. Contohnya: jangkauan dari gerakan tangan dan kaki efektif pada saat bekerja, yang dilakukan dengan berdiri atau duduk.
- Pengukuran variabilitas kerja.
Contohnya: analisis kinematika dan kemampuan jari-jari tangan dari seseorang juru ketik atau operator komputer.

Universitas Indonesia



Gambar 2. 2 Data Antropometri Fungsional

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

2.2.2 Aplikasi Data Antropometri dalam Perancangan Fasilitas Kerja

Antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomi dalam pekerjaan yang melibatkan interaksi manusia dengan lingkungannya. Data antropometri yang berhasil diperoleh akan diaplikasikan secara luas antara lain dalam hal :

- Perancangan areal kerja (*work station*, interior mobil, dll)
- Perancangan peralatan kerja seperti mesin, equipment, perkakas (tools) dan sebagainya.
- Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi, meja komputer, dll.
- Perancangan lingkungan kerja fisik.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menentukan bentuk, ukuran dan dimensi yang tepat yang berkaitan dengan produk yang dirancang serta manusia yang akan mengoperasikan/menggunakan produk tersebut. Dalam kaitan ini maka perancang produk harus mampu mengakomodasikan dimensi tubuh dari populasi ekstrim yang akan menggunakan produk hasil rancangannya tersebut.

Data antropometri yang menyajikan data ukuran dari berbagai macam anggota tubuh manusia dalam persentil tertentu akan sangat besar manfaatnya pada saat suatu rancangan produk ataupun fasilitas kerja akan dibuat. Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai *mean* (rata-rata) dan *SD* (standar deviasi) dari suatu distribusi normal.

Mengingat bahwa keadaan dan ciri fisik dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga berbeda satu sama lainnya maka terdapat tiga prinsip dalam pemakaian data tersebut, yaitu: perancangan fasilitas berdasarkan individu yang ekstrim, perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan, dan perancangan fasilitas berdasarkan ukuran rata-rata pemakainya.

a. Prinsip perancangan fasilitas berdasarkan individu ekstrim

Perancangan fasilitas berdasarkan individu ekstrim ini terbagi atas dua yaitu perancangan berdasarkan individu terbesar (data antropometri terbesar), dan kedua adalah perancangan fasilitas berdasarkan individu terkecil (data antropometri terkecil).

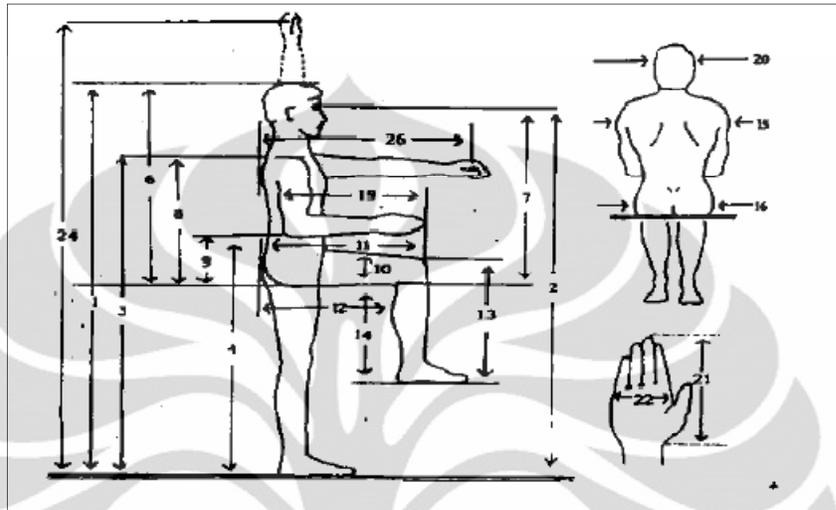
b. Perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan.

Prinsip ini digunakan untuk merancang suatu fasilitas agar fasilitas tersebut bisa mengakomodir atau bisa dipakai dengan enak dan nyaman oleh semua orang yang mungkin memerlukannya.

c. Perancangan fasilitas berdasarkan ukuran rata-rata para pemakainya.

Prinsip ini hanya digunakan apabila kedua prinsip sebelumnya tidak mungkin dilaksanakan. Prinsip berdasarkan individu ekstrim tidak mungkin dilaksanakan ketika kerugian yang ditimbulkan akan lebih banyak dibandingkan dengan keuntungan yang mungkin diperoleh, artinya ketika hanya akan ada sebagian kecil dari populasi yang merasa enak dan nyaman menggunakan fasilitas tersebut. Sedangkan, biasanya prinsip perancangan berdasarkan fasilitas yang bisa disesuaikan tidak mungkin dilakukan ketika membutuhkan biaya yang terlalu mahal.

Beberapa detail data antropometri manusia yang dibutuhkan dalam perancangan suatu sistem kerja antara lain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Antropometri Tubuh Manusia

Keterangan :

1. Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai hingga ujung kepala)
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak
4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus)
5. Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam gambar tidak ditunjukkan).
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk (diukur dari alas tempat duduk/bokong sampai dengan kepala).
7. Tinggi mata dalam posisi duduk.
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk
9. Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus)
10. Tebal atau lebar paha.
11. Panjang paha yang diukur dari bokong hingga ujung lutut.

12. Panjang paha yang diukur dari bokong hingga bagian belakang dari lutut/betis.
13. Tinggi lutut yang bisa diukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.
14. Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang diukur dari lantai sampai dengan paha.
15. Lebar dari bahu (bisa diukur dalam posisi berdiri ataupun duduk)
16. Lebar pinggul/bokong
17. Lebar dari dada dalam keadaan membusung
18. Lebar perut
19. Panjang siku yang diukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
20. Lebar kepala.
21. Panjang tangan diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
22. Lebar telapak tangan.
23. Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar-lebar kesamping kiri-kanan (Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak, diukur dari lantai sampai dengan telapak tangan yang terjangkau lurus keatas / vertikal).

2.2.3 Penggunaan Persentil Data Antropometri

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

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

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

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

Salah satu faktor yang paling menentukan dalam pemilihan persentil data adalah jenis rancangan yang akan dibuat. Misalnya dalam pembuatan rancangan dimensi minimum dan dimensi maksimum. Dalam pembuatan dimensi minimum seperti ketinggian pintu, lebar alas duduk, panjang sikat gigi, dan sebagainya harus digunakan data antropometri persentil tertinggi yaitu 90% , 95 % , dan 99%. Tujuan

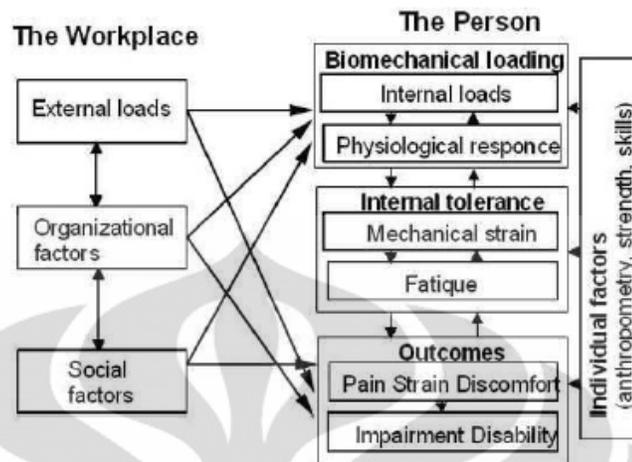
Universitas Indonesia

penggunaan data antropometri persentil tinggi tersebut agar benda-benda kerja tersebut tidak hanya dapat digunakan oleh manusia dengan persentil antropometri rendah namun juga yang memiliki persentil antropometri tinggi. Sedangkan dalam pembuatan dimensi maksimum seperti ketinggian kunci pintu, kedalaman kursi , ketinggian kursi dan sebagainya harus digunakan data antropometri dari persentil rendah yaitu 1%, 5%, dan 10%. Hal tersebut bertujuan agar manusia dengan ukuran antropometri dan dimensi tubuh yang rendah dapat pula dengan nyaman dan mudah menggunakan benda-benda kerja tersebut.

2.3 *Work-Related Musculoskeletal Disorder (WMSD)*

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

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



Gambar 2.4 Model Konseptual WMSD

Sumber: *The Panel on musculoskeletal disorders and workplace*, 2001

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

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

Kemudian, faktor-faktor sekunder penyebab terjadinya WMSD adalah:

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

Terakhir, faktor kombinasi penyebab terjadinya WMSD adalah sebagai berikut:

1. Umur, pada umumnya keluhan otot skeletal mulai dirasakan pada usia kerja, yaitu 25-60 tahun (Choffin, 1979)
2. Jenis kelamin, secara fisiologis kemampuan otot wanita lebih rendah daripada pria.

3. Kebiasaan merokok, semakin lama dan semakin tinggi frekuensi merokok, semakin tinggi pula tingkat keluhan otot yang dirasakan.
4. Kesegaran jasmani.
5. Kekuatan fisik
6. Ukuran tubuh (antropometri)

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

2.4 Postur Duduk

Teori tentang postur duduk pertama kali dikeluarkan pada tahun 1884, bernama "*hygienic sitting postures*". Staffel (1884) merekomendasikan postur duduk yang tegak pada bagian leher, punggung dan kepala, dengan kondisi *lordosis* yang normal pada bagian *lumbar* dan *cervic*, serta kondisi *kyphosis* yang ringan pada bagian *thoracic spine*, yang menyerupai postur tulang belakang pada saat berdiri tegak. Pada periode 1880, banyaknya proposal desain yang masuk untuk *furniture* sekolah, termasuk kursi dan kombinasi antara kursi dan meja (Zacharkow, 1988), dipercaya sesuai untuk mempromosikan postur duduk tersebut.

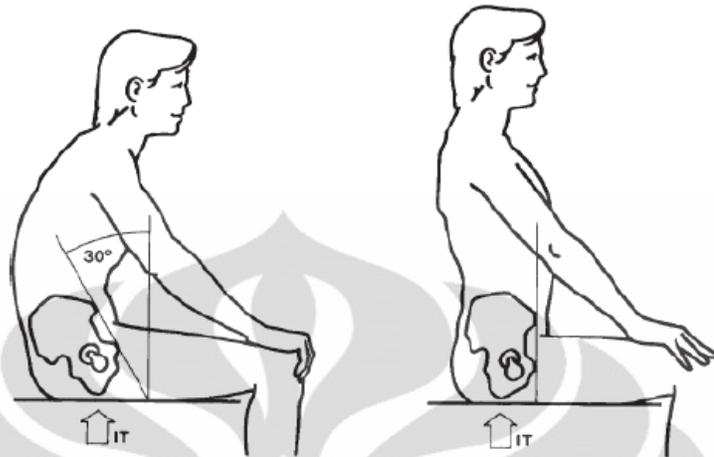
Selama satu abad, sudah menjadi kepercayaan banyak orang bahwa cara duduk dengan postur tegak lurus merupakan postur duduk yang terbaik. Memang tidak ada yang salah dengan postur duduk tegak dalam jangka waktu yang pendek, namun postur duduk tersebut akan menjadi masalah jika terjadi dalam waktu yang lama. Postur duduk tegak merupakan postur duduk yang statis, berlawanan dengan karakteristik tubuh manusia yang selalu berubah-ubah. Postur duduk tegak dalam waktu yang lama dapat menyebabkan ketidaknyamanan pada bagian tulang punggung, berisiko menekan bagian lunak dan rawan dari tulang punggung, reduksi

metabolisme, defisiensi dalam sirkulasi darah, serta akumulasi dari cairan ekstraselular di kaki bagian bawah (Kroemer *et al.*, 2001)

2.4.1 Permasalahan pada Tulang Punggung

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

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



Gambar 2.5 Efek Posisi Duduk Terhadap *Pelvis*

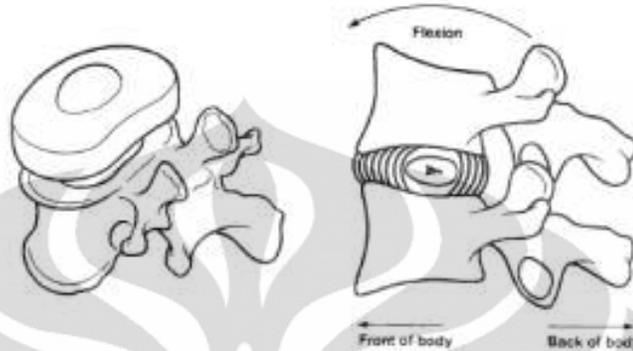
Sumber : Pheasant,S, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition*, Taylor & Francis, London, 2003, hal.71

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

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

Dalam sebuah studi yang dilakukan oleh Andersson (1974) dengan cara mengukur tekanan hidrostatik dari *nucleus polposus* menggunakan jarum *mount-transducer*, Andersson mengemukakan bahwa besarnya tekanan *intradiscal* yang dihasilkan memiliki nilai yang kurang mencolok pada sudut kemiringan sandaran

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



Gambar 2.6 Bagian Lumbar Vertebrata (kiri) Deformasi pada Diskus Invertebralis (kanan)

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

2.4.2 Penglihatan, Postur Leher dan Kepala

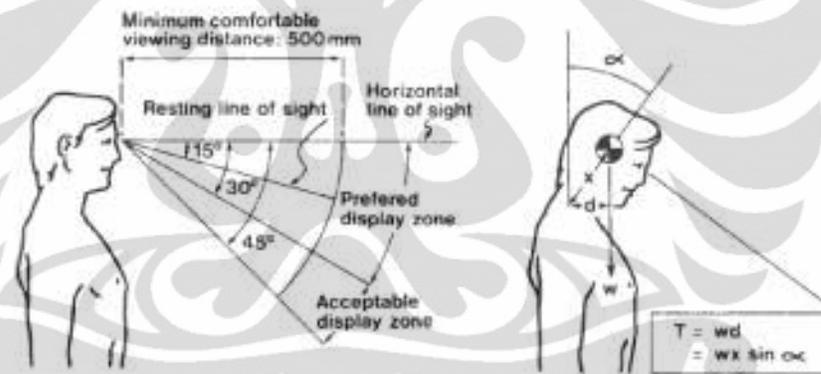
Pekerjaan yang membutuhkan bantuan ketelitian mata dalam pengerjaannya sangat dipengaruhi oleh lokasi tempat mata memandang. Namun, pandangan mata sangat dipengaruhi pula oleh postur leher dan kepala. Mata memiliki daerah pandangan mata, yang disebut *visual field*. Ketika memandang sebuah objek, mata mata akan terfokus pada bagian tengah dari *visual field*, yang merupakan bagian yang paling sensitif ketika melakukan tugas yang membutuhkan pandangan mata, seperti membaca, menulis atau mengenali wajah.

Bagian tengah tersebut dikenal dengan nama *foveal vision*, yang memiliki daerah pandang dari garis tengah *central fixation* hingga 5 derajat dari garis tersebut. Tugas yang membutuhkan pandangan mata membuat *foveal regions* dari kedua mata bergerak terpusat beriringan selama tugas dijalankan dan lensa mata berakomodasi agar dapat terfokus pada jarak tertentu. Mata memiliki titik yang dapat bergerak kearah atas sejauh 48 derajat dan ke arah bawah sejauh 66 derajat tanpa disertai gerakan kepala dan leher (Taylor, 1973). Sedangkan menurut Weston (1953), dalam studinya mengenai *visual fatigue*, menyarankan jika pergerakan mata kearah bawah

Universitas Indonesia

dibatasi sejauh 24 hingga 27 derajat, melebihi titik tersebut, kepala dan leher cenderung akan menunduk ke arah depan, dan otot-otot leher akan terbebani untuk menyokong berat dari kepala.

Dalam studinya mengenai operator *Visual Display Unit (VDU)*, Grandjean *et al.* (1984) menyatakan bila sudut penglihatan yang direkomendasikan adalah sebesar 9 derajat kearah bawah dari arah horizontal. Hasil berbeda, yaitu 18 derajat juga ditemukan dari hasil penelitian sejenis mengenai operator VDU (Brown & Schaum, 1980). Dari kedua teori tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa zona yang baik untuk pandangan (*preferred zone*) adalah sebesar 30 derajat kearah bawah dari garis horizontal, dimana garis pandangan optimum berada di tengah dari zona tersebut. zona tersebut dapat bertambah 15 derajat jika diasumsikan adanya *flexion* dari leher.



Gambar 2.7 Pandangan Mata (kiri) Tekanan Otot Leher (kanan)

Sumber : Pheasant, S, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Second Edition*, Taylor & Francis, London, 2003, hal.64

Kenyamanan juga menjadi salah satu faktor utama dari pandangan mata terhadap objek yang diletakkan di depan mata pada jarak-jarak tertentu. Lensa mata akan berada dalam kondisi rileks jika memandang benda yang berada pada jarak lebih dari 6 meter di depan mata. Sedangkan untuk melihat benda yang berada dalam jarak dekat dibutuhkan kekuatan otot mata dan lensa mata untuk berakomodasi. Memandang mata terlalu dekat dapat menyebabkan terjadinya kelelahan pada mata

yang disebut dengan “*eyestrain*” dengan gejala pandangan menjadi kabur dan pusing. Jarak 350 mm hingga 400 mm dapat dianggap mencukupi dalam beberapa kondisi. Namun, untuk beberapa kondisi praktis, 500 mm bisa menjadi nilai yang cukup. Menurut studi Grandjean *et al.* (1984), jarak pandang mata rata-rata yang baik adalah sebesar 760 mm, dari *range* antara 610 mm hingga 930 mm. sedangkan menurut Brown dan Schaum (1980) menyatakan sebesar 624 mm.

Postur leher dan kepala juga mendapatkan perhatian, khususnya di dunia pendidikan. Untuk mengurangi *flexion* yang terjadi pada leher akibat keharusan murid untuk menulis di meja, dilakukan berbagai penelitian mengenai tingkat kemiringan meja. Zacharkow (1988), memberikan ilustrasi, banyak sekolah di daerah Victoria memiliki meja dengan kemiringan sebesar 15 derajat untuk menulis dan penahan buku agar buku yang diletakkan tidak merosot akibat kemiringan meja. Studi lebih lanjut menyatakan bahwa kemiringan meja (dari 15 atau bahkan 10 derajat) dapat mengurangi *flexion* dari batang tubuh dan leher orang-orang yang duduk dalam melakukan aktivitas membaca dan menulis (Bridger, 1988; de Wall *et al.*, 1991.).

2.5 *Low Back Pain*

Low Back Pain (LBP) atau rasa nyeri pinggang muskuloskeletal adalah sindrom klinik yang ditandai adanya rasa nyeri di daerah tubuh bagian belakang dari rusuk terakhir vertebra torakal 12 sampai bagian bawah bokong atau anus dan dapat menjalar ke kaki terutama bagian belakang dan samping luar.

Tulang belakang manusia terdiri dari 33 ruas tulang. Satu sama lain dihubungkan oleh sistem yang unik, terdiri atas tulang rawan dan otot serta jaringan ikat. Sistem tersebut bekerja sama untuk mempertahankan tubuh pada posisi tegak. Gangguan pinggang biasanya berhubungan dengan tiga ruas tulang pinggang atau organ di sekitarnya seperti ginjal dan indung telur. Nyeri pada pinggang yang biasanya diakibatkan oleh bergesernya bantalan tulang belakang, lebih dikenal dengan *Herniated Nucleus Pulposus*.

Pada dasarnya timbulnya rasa sakit pinggang terjadi karena ada penekanan

Universitas Indonesia

pada susunan saraf tepi daerah pinggang (syaraf terjepit). Jepitan pada syaraf ini dapat terjadi karena gangguan pada otot pada jaringan sekitarnya, gangguan pada syaraf sendiri, kelainan tulang belakang maupun kelainan di tempat lain. Timbulnya nyeri pinggang erat kaitannya dengan cara kerja, sikap kerja, dan posisi kerja, desain alat kerja, fasilitas kerja, tata letak, sarana kerja dan sebagainya. Dengan memperhatikan dan menata faktor-faktor penyebab timbulnya keluhan tersebut, maka nyeri pinggang akibat aktivitas kerja dapat dihindari. Menurut Kumar, tekanan yang dialami pada ruas tulang belakang akibat pengangkatan beban merupakan faktor dominan timbulnya nyeri pinggang (R. S. Bridger, Ph.D, Op Cit, hal 56).

2.6 *Virtual Environment*

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

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

Simulasi lingkungan virtual yang baik harus dapat mewakili model manusia virtual dengan lingkungan baru yang diciptakan dalam lingkungan virtual. *Virtual human* adalah model biomekanis yang akurat dari sosok manusia. Model ini, sepenuhnya meniru gerakan manusia sehingga memungkinkan bagi para peneliti

Universitas Indonesia

untuk melakukan simulasi aliran proses kerja, dan melihat bagaimana beban kerja yang diterima model ketika melakukan suatu rangkaian pekerjaan tertentu. Manusia virtual harus dapat berinteraksi dengan objek, lingkungan, dan mendapatkan respon balik dari objek yang dimanipulasi (Wilson, 1999). Seiring perkembangan teknologi yang semakin maju, penggunaan virtual environment semakin bertambah. Berikut adalah penggunaan VE di dalam bidang-bidang tertentu (Määttä , 2003):

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

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

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

2.7 Software Jack 6.1

Software Jack 6.1, merupakan suatu *software* ergonomi yang dapat mensimulasikan bagaimana model manusia (*virtual human*) yang berada pada lingkungan *virtual* (*virtual environment*) dapat berinteraksi dengan objek dan lingkungan tersebut, serta mendapatkan respon balik yang tepat dari objek yang mereka manipulasi. Pengembangan *software Jack* ini terutama sangat memperhatikan penciptaan model tubuh manusia yang paling akurat dibandingkan dengan model manusia digital lain yang pernah ada. Dimensi tubuh dan antropometri manusia *virtual* yang ada pada *software Jack* dapat disesuaikan hingga menyerupai kondisi manusia aktual yang menjadi model dari simulasi tersebut. Selain itu *Virtual Human* dalam *software Jack* memiliki karakteristik dan limitasi seperti halnya manusia biasa seperti mengerti keseimbangan, kemiripan cara berjalan, dan mengangkat

Software Jack memiliki keunggulan dibanding *software* ergonomi lainnya dalam hal menciptakan simulasi manusia dengan karakteristik ergonomi, biomekanik, dan antropometri yang kemudian dapat dioperasikan dan bertindak layaknya manusia di dunia nyata. Beberapa kemampuan lain yang dimiliki oleh *software Jack* dalam penggunaannya sebagai alat simulasi *virtual environment* antara lain:

- Mengimpor gambar CAD sehingga pengguna dapat mendesain *virtual environment* sesuai dengan *lay out* dan komponen lokasi yang diinginkan.
- Membuat model pria dan wanita digital dengan berbagai ukuran antropometri.
- Memosisikan manusia digital dan membuat postur tubuh sesuai dengan aktivitas dan stasiun kerja yang terlibat.
- Mengevaluasi apa saja yang dapat dilihat seorang manusia dari sudut pandang mereka dengan memanfaatkan tampilan dari *feature view cone*.
- Mengevaluasi kemampuan menjangkau dan mengangkat maksimum dari manusia digital.
- Menganalisis pengaruh postur kerja pada bagian-bagian tubuh manusia digital.

Software Jack dilengkapi dengan modul *Task Analysis Toolkits (TAT)* yang dapat membantu dalam proses analisis performa model manusia yang telah dibuat. *Task Analysis Toolkit (TAT)* membantu pengguna untuk menganalisis aspek ergonomi dan faktor manusia dalam desain kerja di dunia industri. Setelah model animasi simulasi kerja *virtual human* pada *virtual environment* dijalankan, TAT akan memperkirakan resiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi. Modul TAT juga dapat menunjukkan batasan maksimal kemampuan pekerja dalam mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan ketika melakukan pekerjaan. Pada TAT terdapat 9 *tools* analisis ergonomi yang dapat digunakan, yaitu:

1. *Low Back Spinal Force Analysis*

Digunakan untuk mengevaluasi gaya yang diterima oleh tulang belakang manusia pada postur dan kondisi tertentu.

2. *Static Strength Prediction*

Digunakan untuk mengevaluasi persentase dari suatu populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan pekerjaan yang diberikan pada *virtual human* berdasarkan postur tubuh, jumlah energi yang dibutuhkan dan antropometri.

3. *NIOSH Lifting Analysis*

Digunakan untuk mengevaluasi pekerjaan yang melibatkan proses pengangkatan suatu benda, dan penilaian dilakukan berdasarkan standar yang dikeluarkan oleh NIOSH.

4. *Predetermined Time Analysis*

Digunakan untuk memprediksi waktu yang dibutuhkan seseorang ketika mengerjakan suatu pekerjaan berdasarkan metode *time measurement (MTM-1) system*.

5. *Rapid Upper Limb Analysis*

Digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan pekerja mengalami kelainan pada tubuh bagian atas.

6. *Metabolic Energy Expenditure*

Digunakan untuk mengevaluasi dan merancang pekerjaan-pekerjaan yang dilaksanakan secara manual seperti mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa dengan tujuan untuk mengurangi risiko penyakit tulang belakang.

7. *Manual Handling Limit*

Digunakan untuk menyajikan metode sederhana yang dapat memeriksa tingkat kenyamanan suatu operasi kerja.

8. *Fatigue/ Recovery Time Analysis*

Digunakan untuk memprediksi kebutuhan energi yang dibutuhkan seseorang untuk melaksanakan suatu pekerjaan berdasarkan karakteristik pekerja dan sub-pekerjaan dari sebuah pekerjaan.

9. *Ovako Working Posture Analysis System*

Digunakan untuk memperkirakan kecukupan waktu pemulihan yang tersedia untuk suatu pekerjaan sehingga dapat menghindari kelelahan pekerja.

Dalam menggunakan *software* Jack ini terdapat beberapa tahapan yang harus ditempuh oleh peneliti, yaitu:

1. Membangun sebuah *virtual environment*.

Membangun *virtual environment* dilakukan dengan cara mengimpor komponen-komponen benda kerja yang membangun *virtual environment* dari *software* CAD (berupa *Auto Cad*, *Solid Works*, dll) ke dalam layar simulasi *Jack 6.1* dan kemudian memposisikan sesuai kondisi aktual.

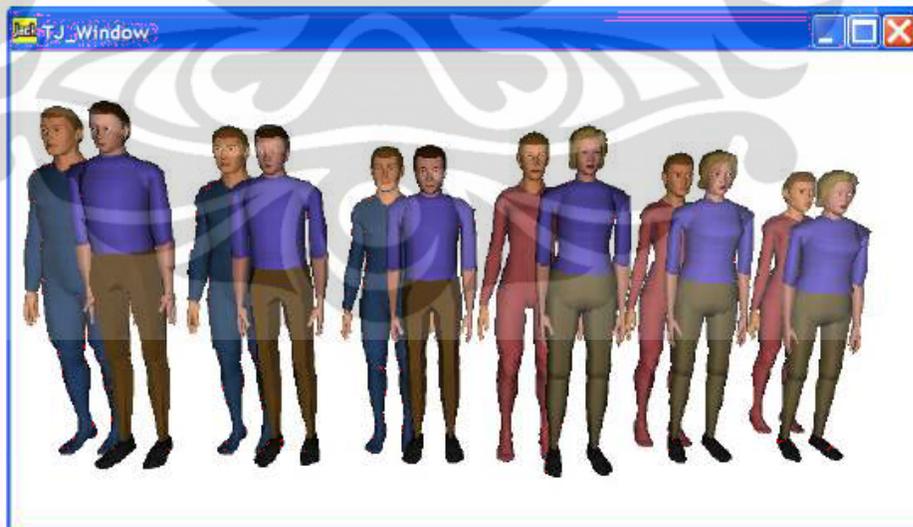


Gambar 2.8 Lingkungan (*Environment*) pada *Software Jack*

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

2. Menciptakan *virtual human*.

Dengan memanfaatkan fasilitas *Advanced Human Scaling* pada *software Jack*, maka pengguna dapat membuat *virtual human* dengan ukuran antropometri yang diinginkan.



Gambar 2.9 Model Manusia Persentil 95%, 50% dan 5% pada *Jack 6.1*

Sumber: *Siemens PLM Software Inc.*, 2008, hal.66

3. Memposisikan manusia *virtual* di dalam *virtual environment* tersebut.
Software Jack 6.1 memungkinkan pengguna untuk membuat postur dengan menggunakan model empiris, kinematika, atau manipulasi persendian secara langsung.
4. Memberikan tugas kepada manusia *virtual* tersebut.
 Animasi yang disediakan oleh *Jack 6.1* sangat memungkinkan penggunanya membuat suatu mekanisme gerakan sehingga manusia digital dapat melakukan suatu operasi pekerjaan. Animasi Jack juga dapat diputar ulang sehingga peninjauan dan analisa terhadap gerakan menjadi lebih mudah. Hasil animasi juga dapat diekspor dalam bentuk video.
5. Menganalisa performa *virtual human* secara *real time* ketika melakukan tugas yang diberikan dengan menggunakan TAT.

Tugas yang dikerjakan oleh *virtual human* secara *real time* memberikan dampak atau reaksi terhadap tingkat kenyamanan yang dirasakan oleh bagian tubuh *virtual human* tersebut. Oleh karena hal tersebut selama animasi dijalankan, TAT secara bersamaan diaktifkan untuk membantu dalam mengevaluasi performa dari *virtual human* tersebut.

2.8 Software Solid Works

Solid Works adalah sebuah program *computer-aided design (CAD)* 3D yang menggunakan *platform Microsoft Windows*. Dikembangkan oleh *SolidWorks Corporation*, yang merupakan anak perusahaan dari *Dassault Systèmes, S. A.*

Hal paling mendasar dari *Solid Works* yang membedakan dengan banyak program CAD yang lain adalah kemampuan dalam proses desain yang sangat cepat dan sangat mudah digunakan serta ditambah perubahan pada yang tidak rumit ketika ingin mengedit desain.

Solid Works memakai 3 area kerja, yaitu *parts*, *assembly* dan *drawing* yang saling berkaitan, jika salah satu desain diubah maka gambar yang lain akan ikut menyesuaikan sehingga tidak perlu melakukan *editing* pada desain yang lain.

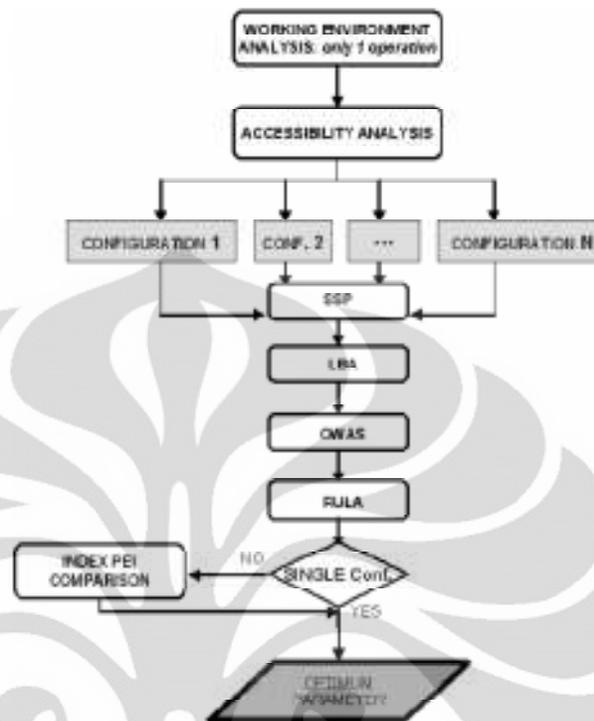
Universitas Indonesia

2.9 *Posture Evaluation Index (PEI)*

Untuk dapat menganalisis tingkat performa dan optimalisasi kenyamanan secara ergonomi pada virtual human dalam melakukan tugas yang diberikan, maka dibutuhkan suatu metode yang dapat memberikan analisis yang menyeluruh dan didasarkan dari hasil integrasi dari berbagai nilai ergonomi. Oleh karena itulah dikembangkan suatu metode yang didasari oleh alat ukur penilaian kerja (*Task Analysis Toolkit*) dari sebuah aplikasi bernama *Jack software* yang disebut dengan metode *Posture Evaluation Index* (Caputo, Gironimo, Marzano, 2006). Tujuan dari metode PEI adalah untuk menetapkan optimasi secara ergonomi pada sebuah operasi yang berada di sebuah area kerja.

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

Posture Evaluation Index (PEI) bertujuan untuk memberikan sebuah penilaian optimal diantara solusi perbaikan berupa kombinasi-kombinasi postur pada sebuah operasi di stasiun kerja. Dengan bantuan *software Jack* yang lebih memudahkan dalam membuat kemungkinan model perbaikan yang akan dibuat, kondisi kerja aktual dapat dibandingkan dengan model perbaikan yang akan dibuat tersebut, sehingga dapat diketahui risiko-risiko cedera apa saja yang dapat terjadi pada operator kerja.



Gambar 2.10 Diagram Alur Penggunaan Metode PEI

Sumber: Fransesco Caputo, Gironimo and Marzano, *Ergonomi Optimization of Work Cell of Manufacturing Systems in Virtual Environment*, 2006, hal.5

Untuk mendapatkan suatu tingkat kenyamanan yang optimal maka harus diminimalisir terbentuknya *critical posture* selama operasi kerja berlangsung. *Critical posture* dari setiap rangkaian operasi kerja merupakan postur kerja yang paling berpotensi menimbulkan WMSD. Sering kali *critical posture* sulit untuk dideteksi dengan tepat. Dengan menggunakan metode PEI, kualitas dari suatu postur tunggal dengan mengandalkan TAT yang dimiliki oleh *software* Jack 6.0 dapat dinilai sehingga *critical posture* juga dapat dideteksi (Giuseppe Di Gironimo, G Monacellia and S.Patalano, 2004). Gambar 2.10 menunjukkan alur penggunaan metode PEI. Secara garis besar berdasarkan Gambar 2.10, terdapat 7 tahapan atau fase yang harus dilalui dalam membuat model evaluasi postur kerja antara lain:

- Fase Satu : Analisis Lingkungan Kerja

Pada fase pertama ini merupakan tahap menganalisis kondisi lingkungan kerja

Universitas Indonesia

dan mempertimbangkan kemungkinan alternatif gerakan kerja operator (seperti alternatif rute, postur, dan kecepatan kerja). Dalam simulasi model lingkungan *virtual*, diperlukan melakukan simulasi operasi-operasi kerja dengan berbagai alternatif gerakan, untuk memverifikasi kelayakan tugas yang dilakukan operator. Parameter lain yang dapat di modifikasi adalah jarak dimensi objek-objek kerja yang mempengaruhi postur kerja *virtual human*.

- Fase Dua : Analisis Kemampuan Menjangkau dan Mengakses
Perancangan tempat kerja memerlukan studi pendahuluan mengenai aksesibilitas dari titik-titik kritis (*critical points*). Permasalahan yang muncul adalah apakah seluruh metode gerakan yang telah dirancang memungkinkan untuk dimasukkan ke sebuah operasi dan apakah semua titik kritis dapat dijangkau oleh pekerja. Untuk itu perlu dipastikan bahwa titik kritis jangkauan benda-benda kerja dapat terjangkau oleh operator. Konfigurasi tata letak yang di luar kemampuan kerja dan jangkauan operator pada fase ini tidak akan dilanjutkan ke fase berikutnya. Jika analisis lingkungan kerja, serta keterjangkauan dan aksesibilitas konfigurasi telah menunjukkan kondisi-kondisi yang sesuai dengan kondisi dan limitasi manusia, maka fase berikutnya dari tahapan PEI baru dapat dilanjutkan.
- Fase Tiga : *Static Strength Prediction (SSP)*
Static Strength Prediction adalah *tools* yang dapat memprediksi persentase populasi pekerja yang dapat melakukan rangkaian kegiatan yang disimulasikan. Operasi pekerjaan yang memiliki nilai skor SSP di bawah 90% tidak akan dianalisa lebih lanjut (hasil wawancara dengan Adelaide Marzano salah satu anggota dari tim pengembang PEI, 11 Mei 2009).
- Fase Empat : *Lower Back Analysis (LBA)*
Lower Back Analysis (LBA) merupakan *tools* yang digunakan untuk mengevaluasi gaya dan tekanan yang terjadi pada tulang belakang manusia berdasarkan postur dan beban yang dikenakan saat melakukan suatu operasi kerja. Nilai tekanan yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan batasan tekanan yang ada pada standard NIOSH yaitu 3400 N.

Universitas Indonesia

- Fase Lima : *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*
Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) merupakan metode sederhana untuk mengetahui tingkat kenyamanan dari suatu postur kerja serta untuk memberikan informasi mengenai tingkat kepentingan perlunya dilakukan kegiatan perbaikan. Tingkat penilaian ini berdasarkan pada postur dan observasi rangkaian kerja operator yang disimulasikan. Nilai OWAS yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan indeks kenyamanan maksimum yang ada pada OWAS yaitu 4.
- Fase Enam : *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*
RULA (Rapid Upper Limb Assessment) adalah *tools* untuk mengevaluasi postur tubuh bagian atas serta untuk mengidentifikasi risiko cedera atau gangguan pada tubuh bagian atas. Nilai RULA yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan indeks maksimum RULA yaitu 7.
- Fase Tujuh : *PEI Evaluation*
 PEI merupakan hasil integrasi dari nilai LBA, OWAS, dan RULA yang dikeluarkan oleh *software Jack*. PEI mengintegrasikan ketiga nilai ini dengan menjumlahkan tiga variabel dimensional I1, I2, dan I3. Variabel I1 merupakan perbandingan antara skor LBA dengan batas aman kekuatan kompresi yang dapat diterima manusia. Nilai batas aman yang digunakan dalam metode ini merujuk pada nilai yang dikeluarkan oleh NIOSH yaitu sebesar 3400 N. Sebelum melanjutkan pada perhitungan selanjutnya, perlu dinyakini bahwa nilai I1 harus lebih kecil dari 1. $I_1 > 1$ menunjukkan kegiatan kerja dalam simulasi tidak valid. Variabel I2 merupakan perbandingan nilai OWAS dengan nilai maksimumnya yaitu sebesar 4. Sedangkan nilai I3 merupakan perbandingan nilai RULA dengan indeks batas maksimum tingkat kenyamanan RULA sebesar 7. Khusus untuk I3 maka hasil yang didapatkan dikalikan dengan *amplification factor* “mr”.

$$I_1 = \frac{LBA}{3400N} \quad I_2 = \frac{OWAS}{4} \quad I_3 = \frac{RULA}{7} \quad mr = 1,42 \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

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

4 = nilai maximum index OWAS

7 = level maximum ketidaknyamanan tubuh bagian atas

mr = koefisien amplifikasi

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

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

Perbedaan antar nilai PEI yang dihasilkan pada masing-masing *critical posture* yang ditinjau, menunjukkan bahwa semakin kecil nilai PEI, semakin tinggi tingkat kenyamanan dan semakin rendah resiko keluhan kesehatan yang dapat diderita oleh manusia yang melakukan postur tersebut. Sebaliknya semakin tinggi nilai PEI, semakin rendah tingkat kenyamanan dan semakin tinggi resiko keluhan kesehatan yang dapat diderita oleh manusia. Sehingga suatu postur kerja dikatakan optimal jika memiliki nilai PEI paling rendah.

2.9.1 *Static Strength Prediction* (SSP)

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

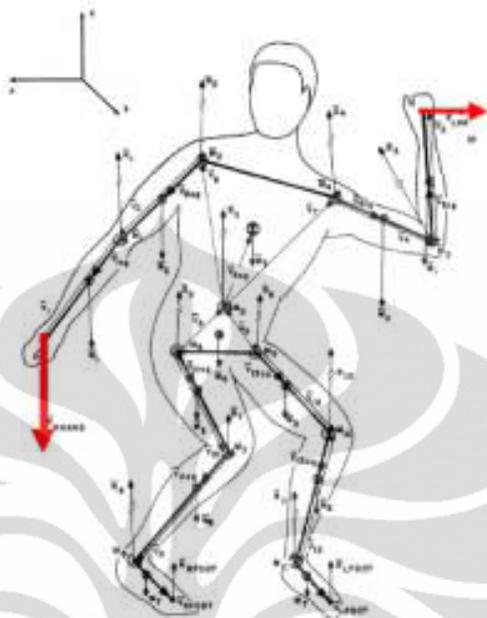
Universitas Indonesia

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

Metode SSP dibuat berdasarkan konsep biomekanika yang diaplikasikan dengan melihat sistem kerja muskuloskeletal yang memungkinkan tubuh untuk bergerak. Sendi tubuh manusia cenderung akan aktif, dimana keaktifan gerakan dari otot akan membuat tulang bergerak dan berotasi. Besar kecenderungan rotasi ini disebut momen rotasi pada sendi. Selama terjadi pergerakan, maka akan terjadi usaha saling menyeimbangkan antara gaya yang dihasilkan oleh kontraksi otot dengan gaya yang dihasilkan oleh beban pada segmen tubuh dan faktor eksternal lainnya.

Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, maka data tersebut diolah dengan mekanika Newton. Gaya yang didapatkan tubuh dari luar akan dikalikan dengan jarak antara titik tempat tubuh menerima gaya luar tersebut dengan persendian. Yang perlu diperhatikan dalam perhitungan ini adalah penentuan populasi sendi yang terkena dampak dari gaya luar tersebut. Gambar 2.11 adalah model biomekanikal manusia yang digunakan untuk menghitung gaya pada sendi ketika melakukan sebuah aktivitas. Metode SSP dapat digunakan untuk membantu:

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



Gambar 2.11 Model Biomekanika untuk Memprediksi Beban dan Gaya pada Persendian

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

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

2.9.2 *Lower Back Analysis* (LBA)

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

- Menentukan apabila posisi kerja yang ada telah sesuai dengan batasan beban yang ideal ataupun menyebabkan pekerja rentan terkena cedera pada tulang belakang.

- Mengevaluasi posisi kerja tertentu yang membutuhkan perhatian maupun perbaikan dari segi ergonomi

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

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times FM \times AM \times CM \dots \dots \dots (2.3)$$

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*"

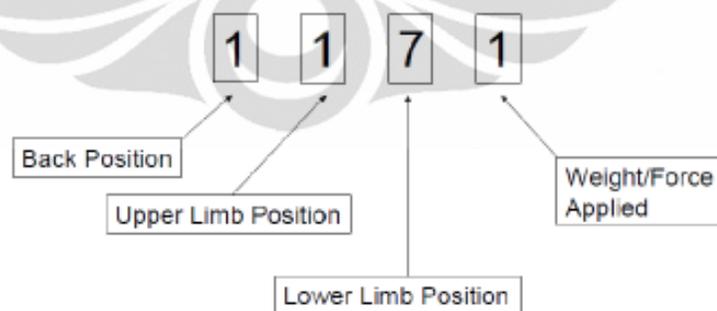
2.9.3 *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*

OWAS merupakan metode untuk menganalisa dan mengevaluasi postur kerja manusia yang paling awal dan termudah. Metode ini ditemukan pertama kali oleh Ovako Oy, sebuah perusahaan manufaktur besi yang terletak di negara Finlandia pada

tahun 1977. Metode OWAS didasarkan pada klasifikasi postur kerja yang sederhana dan sistematis yang dikombinasikan dengan tugas, atau pekerjaan. Metode ini dapat diaplikasikan dalam beberapa bidang, contohnya adalah sebagai berikut:

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

Hasil penilaian OWAS akan menentukan tingkat kepentingan atau urgensi untuk dilakukannya perbaikan terhadap rancangan stasiun kerja. Selain itu berdasarkan nilai OWAS dapat ditentukan tindakan perbaikan dari postur kerja yang ada. Metode ini menganalisis kenyamanan dengan menekankan pada empat bagian tubuh, yang kemudian dirangkum dalam 4 digit kode (Gambar 2.12). Angka pertama dalam kode untuk menjelaskan postur kerja bagian *back* (tulang punggung), digit kedua adalah bagian *upper limb*, digit ketiga *lower limb* dan terakhir adalah beban yang digunakan selama proses kerja berlangsung. Penjelasan mengenai kode digit akan dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.12 Model Kode OWAS

Sumber : Raemy, *Ergonomics Assessments Methods*

<p>Back</p> 	<p>PUNGGUNG 1 = Lurus, netral 2 = cenderung ke depan (bungkok) atau ke belakang 3 = memutar (twist) atau cenderung ke samping 4 = bungkok (bent) dan memutar (twist)</p>
<p>Arms</p> 	<p>TANGAN 1 = Kedua tangan di bawah bahu 2 = satu tangan berada pada atau di atas bahu 3 = kedua tangan berada pada atau di atas bahu</p>
<p>Legs</p> 	<p>KAKI 1 = Duduk 2 = berdiri dengan kedua kaki lurus 3 = berdiri lebih ditopang dengan satu kaki 4 = berdiri atau jongkok dengan kedua kaki tertekuk 5 = berdiri atau jongkok dengan satu kaki tertekuk 6 = berlutut dengan satu atau kedua kaki 7 = berjalan atau bergerak</p>
	<p>BEBAN 1 = sama dengan atau kurang dari 10 kg 2 = 10-20 kg 3 = lebih dari 20 kg</p>

Gambar 2. 13 Kode OWAS untuk Berbagai Bagian Tubuh

Sumber: Waldemar Karwowski, *International Encyclopedia of Ergonomis and Human Factor*, 2001, hal.3299, telah diolah kembali

Evaluasi terhadap faktor-faktor tersebut menghasilkan nilai dalam bentuk angka yang memberikan gambaran kondisi kerja yang dialami dan resiko cedera yang mungkin dapat dialami. Nilai dari keempat faktor tersebut kemudian diintegrasikan menjadi nilai tunggal yang menunjukkan tingkat kenyamanan total yang ditimbulkan oleh postur kerja yang dilakukan. Nilai tunggal yang dihasilkan memiliki jangkauan nilai 1 hingga 4 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2.1 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

Masing-masing nilai tunggal tersebut memiliki hasil analisis tersendiri yang didasarkan pertimbangan kemungkinan timbulnya risiko kesehatan dari satu postur kerja atau kombinasi postur kerja dan hubungannya dengan sistem *muskuloskeletal* (Waldemar Karwowski, 2001). Berdasarkan teori-teori seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, maka secara umum fungsi penggunaan metode OWAS adalah:

- Mengevaluasi ketidaknyamanan relatif dari postur kerja terhadap posisi tulang punggung, kedua tangan dan kaki, dan juga beban kerja yang dijalankan.
- Memberikan suatu skor penilaian yang menunjukkan tingkat prioritas dari perlunya pengambilan suatu tindakan perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera dari postur kerja sebelumnya.

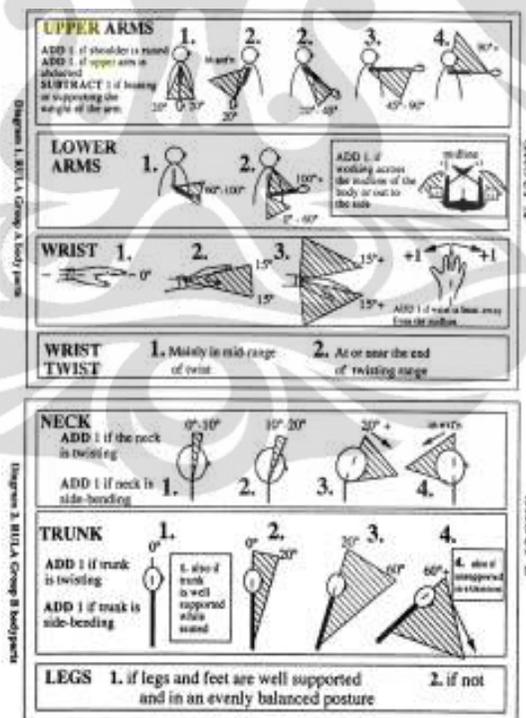
2.9.4 *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

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

RULA merupakan metode untuk mengevaluasi tekanan beban kerja terhadap risiko cedera pada tubuh bagian atas (*upper limb*) pekerja. Pada metode RULA, tinjauan objek analisis tubuh bagian atas yang menjadi dibagi menjadi dua kelompok yaitu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.

1. Kelompok A yaitu lengan yang terdiri dari lengan bagian atas dan bawah dan tangan yang terdiri dari pergelangan tangan dan putaran yang terjadi pada pergelangan tangan.
2. Kelompok B yaitu batang tubuh dan leher.

Masing-masing anggota tubuh akan mendapatkan skor berdasarkan postur tubuh yang terbentuk selama pekerjaan berlangsung. Kemudian, skor masing-masing anggota tubuh tersebut dikombinasikan untuk mendapatkan skor kelompok, dan kemudian menghasilkan *grand score*, yang berada dalam *range* 1 hingga 7. Jika mendapatkan *grand score* 1 atau 2, artinya postur kerja dianggap dapat diterima. *Grand score* 3 atau 4 berarti investigasi diperlukan. *Grand score* 5-6 berarti investigasi diperlukan dan sistem kerja segera dirubah. *Grand score* 7 berarti harus investigasi dan perubahan harus dilakukan secepatnya.



Gambar 2.14 Pengelompokan Tubuh Metode RULA

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

2.10 Kursi

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

Tabel 2.2 Determinansi Kenyamanan Kursi

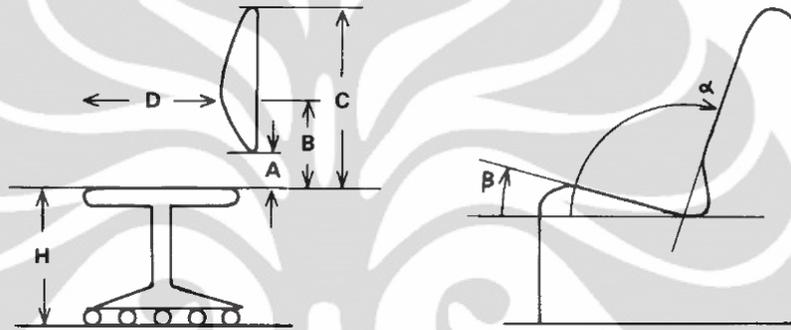
Seat Characteristics	User Characteristics	Task Characteristic
Seat Dimensions	Body Dimensions	Duration
Seat Angles	Body Aches and <i>Pain</i>	Visual Demand
Seat Profile	Circulation	Physical Demands
Upholstery	States of Mind	Mental Demands

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

Pemakaian kursi dalam waktu yang lama akan menyebabkan ketidaknyamanan, untuk jenis kursi apapun. Namun, waktu yang dibutuhkan untuk merasakan ketidaknyamanan tersebut berbeda untuk setiap jenis kursi, individu dan jenis pekerjaan yang dikerjakan. Sehingga, parameter kenyamanan sebuah kursi bergantung kepada interaksi tiga buah elemen, yaitu karakteristik kursi, karakteristik individu pengguna dan karakteristik pekerjaan yang dilakukan. Sebuah kursi yang mendukung kenyamanan penggunanya adalah kursi yang dibuat berdasarkan data antropometri manusia. Kebanyakan kursi dibuat untuk dapat memuat ukuran tubuh manusia dengan ukuran persentil 95. Namun, sebuah kursi yang baik akan lebih optimal pemakaiannya jika dibuat berdasarkan kombinasi ukuran dari setiap jenis kelamin dan persentil yang ada.

2.10.1 Aspek Antropometri pada Desain Kursi

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



Gambar 2.15 Penampang Kursi

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

Menurut Bridger (1995), sebuah kursi memiliki ukuran-ukuran penyusun sebagai berikut :

1. Ketinggian Dudukan Kursi

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

Universitas Indonesia

berkurangnya ketinggian kursi. Bagian ketinggian kursi ini dibuat berdasarkan pada data ketinggian *popliteal*.

2. Kedalaman Dudukan Kursi

Bagian kedalaman kursi harus benar-benar diperhatikan ketika membuat sebuah kursi. Data untuk menentukan bagian kursi ini adalah data antropometri bagian *buttock-popliteal length*. Jika kedalaman kursi terlalu pendek, akan mengakibatkan tekanan pada bagian bawah paha pengguna dan menyebabkan rasa sakit. Namun, ukuran kedalaman kursi yang terlalu panjang juga dapat menyebabkan permasalahan, yaitu bagian punggung tidak dapat bersandar dengan efektif, terjadinya tekanan pada bagian belakang betis pengguna dan juga dapat menyebabkan ketidakmampuan kaki untuk secara alami menjuntai kebawah, karena bagian sendi lutut tidak berada di ujung dari dudukan kursi tersebut.

3. Lebar Dudukan Kursi

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

4. Dimensi Sandaran Punggung

Sandaran kursi, atau sandaran punggung memiliki fungsi untuk menyokong berat dari batang tubuh manusia. Semakin tinggi sandaran, semakin efektif dalam menyokong berat dari batang tubuh. menurut ukuran, ada tiga macam jenis sandaran punggung yang digunakan pada kursi. Ketiga jenis sandaran

tersebut adalah; *low-level backrest*, *medium-level backrest* dan *highlevel backrest*. Berikut adalah penjelasan mengenai ketiga tipe sandaran punggung.

- *Low-level backrest*

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

- *Medium-level backrest*

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

- *High-level backrest*.

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

5. Kemiringan Sandaran Punggung (α) dan Kemiringan Dudukan Kursi (β)

Bagian sandaran punggung tentu sangat berguna untuk digunakan dalam posisi beristirahat. Semakin besar derajat kemiringan yang dimiliki oleh sandaran punggung, maka semakin besar pula proporsi berat batang tubuh yang disokong. Besar derajat kemiringan dapat memengaruhi dan berkontribusi terhadap munculnya gejala lordosis. Derajat kemiringan yang semakin besar selain menyebabkan kesulitan bagi individu untuk melakukan perpindahan postur dari berdiri ke duduk dan sebaliknya, juga menjadikan gaya tekan pada sumbu x horizontal menjadi lebih besar, yang akan

Universitas Indonesia

menyebabkan bagian bokong akan cenderung bergerak ke arah depan, sehingga postur duduk tidak stabil. Hal ini dapat diminimalisasi dengan menambahkan kemiringan dudukan kursi (*seat tilt*) atau dengan membuat dudukan kursi dari bahan yang memiliki gaya gesek yang tinggi. Untuk masalah ini, Bendix et al. (1983), Bendix (1984, 1987) menyarankan agar kursi memiliki kemiringan dudukan (β pada gambar) naik pada bagian depan sekitar 5 derajat. Menurut Grandjean (1973), kemiringan dudukan kursi yang direkomendasikan adalah sebesar 20 hingga 26 derajat, sedangkan untuk kemiringan sandaran yang direkomendasikan sebesar 105 hingga 110 derajat. Namun, besar kemiringan yang direkomendasikan oleh Grandjean tersebut menyebabkan kemiringan sandaran kursi menjadi 136 derajat, yang hanya cocok untuk beristirahat. Sedangkan menurut Le Carpentier (1969), kemiringan dudukan kursi 10 derajat dan kemiringan sandaran kursi 120 derajat merupakan ukuran kemiringan yang cocok untuk membaca. Namun, ia juga menemukan bila kemiringan lebih dari 110 derajat digunakan oleh orang lanjut usia akan lebih cenderung menimbulkan masalah. Oleh karena itu, kemiringan sandaran kursi yang baik untuk melakukan aktivitas adalah yang memiliki kemiringan diantara 100 hingga 110 derajat.

6. Sandaran Tangan

Sandaran tangan merupakan bagian yang dibutuhkan sebagai komponen alat bantu postur tambahan, serta berfungsi sebagai alat bantu untuk berdiri dari keadaan duduk, dan sebaliknya. Sandaran tangan yang baik harus dapat menyokong bagian dari tangan, atau diberikan permukaan yang empuk agar tidak mencederai bagian siku yang memiliki bagian saraf yang sensitif di dekat permukaannya. Jarak yang baik antara bagian sandaran punggung dengan sandaran tangan adalah sebesar 100 mm. Ketinggian sandaran tangan yang direkomendasikan merupakan kombinasi dari ukuran persentil manusia dari yang terkecil hingga terbesar, dengan range ukuran mulai dari 20 cm hingga 25 cm diatas permukaan dudukan kursi.

Universitas Indonesia

2.11 Meja

Manusia memiliki tiga titik kontak fisik dengan stasiun kerja dan lingkungan, yaitu meja (atau *keyboard*), kursi dan lantai. Jika pengguna, yang memiliki beragam variasi pada ukuran dan bentuk, menginginkan untuk mencapai posisi kerja yang sama, maka kemudian dua dari tiga titik kontak fisik tersebut harus disesuaikan.

2.11.1 Aspek Antropometri pada Desain Meja

Selain kursi, meja juga merupakan sebuah elemen penting dalam kegiatan kerja terutama yang membutuhkan postur duduk. Desain kursi yang dapat disesuaikan (*adjustable*) telah banyak dapat kita temukan, namun sebaliknya desain meja yang *adjustable* masih sangat jarang ditemui. Menurut Georgia Panagiotopoulou (2004), M.K Gouvalli (2006) dan Neil Alan Tutte (2000), terdapat 5 variabel ukuran yang penting dari sebuah meja yaitu tinggi meja, tinggi sandaran kaki, lebar sandaran kaki, tinggi ruang dibawah meja dan kemiringan permukaan meja.

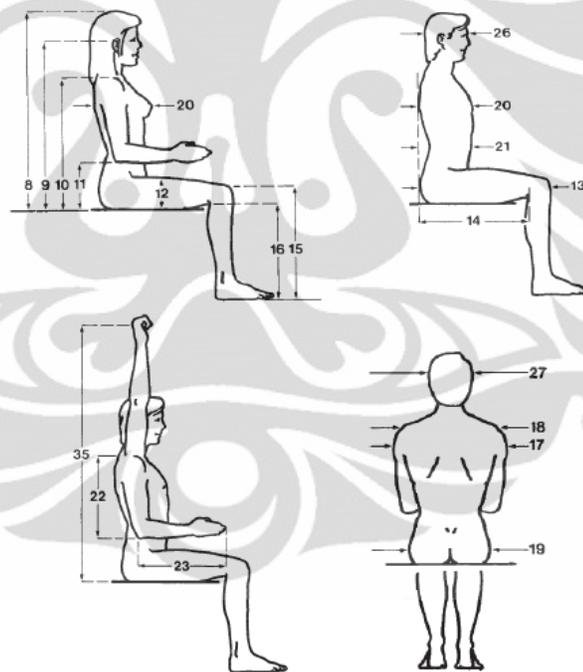
1. Tinggi meja (*Desk Height*)

Sebagian besar peneliti menggunakan ukuran tinggi siku saat duduk (*elbow rest height*) sebagai kriteria untuk menetapkan tinggi meja (Dul and Weerdmeester, 1998; Milanese and Grimmer, 2004; Oxford, 1969; Sanders and McCormick, 1993). Hal ini didasarkan oleh fakta bahwa ditemukan penurunan beban yang signifikan pada tulang belakang ketika lengan dapat diletakkan diatas meja (Occhipinti et al., 1985). Evans et al., (1988) mengusulkan ketinggian meja yang relatif rendah, yaitu 95% dari tinggi siku saat duduk. Sementara itu, Bendix dan Bloch (1986), Pheasant (1991), serta Poulakakis dan Maramis menyimpulkan bahwa meja harus 3-5 cm lebih tinggi dari siku. Parcels et al. (1999) menyarankan tinggi meja harus disesuaikan dengan tinggi lantai ke siku, sehingga ukuran tersebut akan mencapai nilai minimal ketika bahu tidak tertekuk, dan mencapai nilai maksimal ketika bahu mengalami *flexion* (tertekuk) 25 derajat dan *abduction* 20 derajat (Parcels et al., 1999).

2. Tinggi ruang dibawah meja (*Underneath desk height*)
Underneath desk height harus cukup sehingga terdapat ruang antara lutut dengan bagian bawah meja (Dul dan Weerdmeester, 1998; Evans et al., 1988; Sanders dan McCormick, 1993). Mandal (1997) dan Parcells et al. (1999) mengusulkan bahwa jarak antara bagian bawah meja dengan lutut harus minimal 2 cm, sedangkan Poulakakis dan Manmaras (1998) mengusulkan minimal 5 cm. Menurut Corlett dan Clark (1995) serta Helander (1997), ruang ini juga harus memungkinkan lutut untuk saling bersilangan.
3. Tinggi sandaran kaki
Sama seperti variabel tinggi ruang dibawah meja, tinggi sandaran kaki juga dihitung menggunakan ukuran tinggi lutut. Hal yang paling penting harus dipertimbangkan adalah lutut pengguna tidak boleh menekan ke bagian bawah meja ketika kakinya bertumpu pada sandaran kaki.
4. Lebar sandaran kaki
Ketika kaki pengguna dapat bertumpu pada sandaran kaki sesempurna mungkin, maka hal ini akan menyebabkan postur duduk pengguna semakin nyaman dan berat badan yang dapat disidtribusikan ke area kaki juga menjadi semakin baik. Lebar sandaran kaki dihitung menggunakan ukuran lebar telapak kaki agar kaki pengguna dapat menumpu secara penuh pada sandaran kaki ini.
5. Kemiringan permukaan meja
Banyak peneliti berpendapat bahwa, meja yang memiliki kemiringan permukaan akan lebih menguntungkan bagi pengguna dibandingkan meja dengan permukaan yang datar. Mandal (1982) kemiringan permukaan meja yang paling baik adalah 20 derajat, sementara Wall et.al juga telah membuktikan bahwa duduk dengan kemiringan meja 10 derajat menghasilkan postur tubuh yang lebih baik dibandingkan pada meja yang datar.

2.12 Data Antropometri Struktural Posisi Duduk

Dalam pembuatan kursi dan meja diperlukan data antropometri manusia. Namun, data antropometri yang digunakan berbeda dengan data antropometri berdiri, dikarenakan pada saat kondisi manusia berada dalam posisi duduk, ada beberapa detail ukuran tubuh manusia yang berubah dikarenakan oleh mengembangnya bagian tubuh yang memiliki komposisi lemak lebih banyak, sehingga menyebabkan ukuran bagian tubuh akan menjadi lebih besar. Sebagai contoh bagian pinggul akan menjadi lebih besar ketika berada dalam posisi duduk. Oleh karena itu untuk mendapatkan data antropometri yang spesifik ketika duduk, pengukuran dilakukan dalam keadaan duduk, dengan dimensi-dimensi seperti yang tertera pada gambar 2.16 dengan keterangan ukuran pada tabel 2.3.



Gambar 2.16 Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia

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

Tabel 2.3 Keterangan Dimensi Data Antropometri Duduk Manusia

No	Nomor Gambar	Keterangan Ukuran
1	8	<i>Sitting height</i>
2	9	<i>Sitting eye height</i>
3	10	<i>Sitting shoulder height</i>
4	11	<i>Sitting elbow height</i>
5	12	<i>Thigh thickness</i>
6	13	<i>Buttock-knee length</i>
7	14	<i>Buttock-popliteal length</i>
8	15	<i>Knee height</i>
9	16	<i>Popliteal height</i>
10	17	<i>Shoulder breadth (bideltoid)</i>
11	18	<i>Shoulder breadth (biacromial)</i>
12	19	<i>Hip breadth</i>
13	20	<i>Chest (bust) depth</i>
14	21	<i>Abdominal depth</i>
15	22	<i>Shoulder-elbow length</i>
16	23	<i>Elbow-fingertip length</i>
17	26	<i>Head length</i>
18	27	<i>Head breadth</i>

BAB 3

PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan dan teknis pengambilan berbagai data yang diperlukan berkaitan dengan penelitian ini, dan juga pengolahan data tersebut menggunakan software maupun tools yang relevan. Bagian akhir dari bab ini akan menjelaskan juga jenis-jenis konfigurasi yang dibuat, cara pembuatan model *virtual environment*, *virtual human model* dan pembentukan posisi duduk siswa menggunakan model simulasi

3.1 Pengumpulan Data

Dalam menginvestigasi permasalahan ergonomi yang dialami oleh siswa SD kelas 1 dan 2 yang menjadi objek penelitian ini, maka diperlukan data-data untuk mendukung validitas penelitian. Tujuan pengambilan data ini adalah untuk memastikan bahwa penelitian yang dilakukan benar-benar sesuai dengan masalah yang terjadi di lapangan, khususnya yang berkaitan dengan objek penelitian. Data-data yang diperlukan diantaranya merupakan data primer yang harus diobservasi secara langsung, berkaitan dengan keluhan muskuloskeletal yang dialami, data ukuran meja dan kursi yang digunakan, serta data antropometri dari siswa-siswi SD tersebut. Lokasi pengumpulan data adalah di SD Negeri Anyelir 1 dan SD Negeri Anyelir 2. Adapun waktu pengumpulan data adalah pada tanggal 9, 11 dan 12 Maret 2011.

3.1.1 Deskripsi Data

Responden dalam penelitian ini adalah 243 siswa-siswi kelas 1 dan 2 dari SD Negeri Anyelir 1 dan SD Negeri Anyelir 2, dikhususkan dengan rentang usia antara 7-9 tahun. Pemilihan responden ini didasarkan pada tujuan penelitian ini yaitu untuk merancang kursi dan meja sekolah yang sesuai dengan data antropometri ukuran tubuh siswa agar dapat menjadi sebuah standar untuk desain kursi dan meja untuk siswa SD di Kota Depok. Pemilihan siswa kelas 1 dan 2 melalui sebuah pertimbangan bahwa rancangan kursi dan meja tersebut dibuat

untuk mencegah keluhan musculoskeletal terjadi semenjak dini, sehingga dipilih kelas 1 dan 2 dimana merupakan masa awal anak belajar di sekolah formal yang mengharuskan mereka untuk berinteraksi kursi dan meja dalam jangka waktu yang cukup lama. Sedangkan pemilihan SD Negeri Anyelir 1 dan 2 mengacu pada pertimbangan bahwa SD Negeri akan lebih merepresentasikan siswa-siswi SD di Kota Depok secara umum. Perhitungan jumlah sampel responden yang diperlukan dalam penelitian menggunakan metode Taro Yamane, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1} \dots \dots \dots (3.1)$$

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

d = tingkat presisi

Menurut data yang diambil dari website DRRD Kota Depok, diketahui bahwa jumlah populasi siswa SD di Kota Depok adalah 125.581 orang (berdasarkan data Tahun Ajaran 2006/2007). Maka, dengan menggunakan eror 7%, perhitungan untuk mengetahui jumlah sampel minimal yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{125581}{(125581)(0,7^2) + 1}$$

Dengan demikian, berdasarkan rumus tersebut akan diperoleh n (jumlah sampel) minimal = 204 siswa. Namun, penulis memilih untuk mengambil data lebih banyak yaitu 243 siswa.

Terdapat 3 jenis data yang diperlukan untuk penelitian ini, yaitu data mengenai keluhan *musculoskeletal disorder*, data antropometri tubuh siswa, serta data ukuran kursi dan meja.

3.1.2 Data Identifikasi Keluhan Muskuloskeletal

Berdasarkan hipotesa awal bahwa kesalahan dalam mendesain kursi dan meja sekolah akan menimbulkan ketidaknyamanan untuk postur belajar siswa. Faktanya adalah bahwa tidak ada standarisasi untuk ukuran meja dan kursi sekolah di Kota Depok, oleh karena itu para produsen biasanya hanya memproduksi ukuran kursi dan meja sesuai perkiraan mereka. Selain itu, kursi dan meja yang mereka produksi untuk anak SD juga hanya memiliki 1 jenis ukuran atau dengan kata lain ukuran kursi dan meja untuk anak SD kelas 1 hingga kelas 6 adalah sama, padahal apabila diperhatikan maka ukuran tubuh anak kelas 1 dan kelas 6 akan sangat berbeda sehingga idealnya tiap tingkatan kelas memiliki sebuah desain kursi dan meja tersendiri yang disesuaikan dengan ukuran tubuh mereka. Kursi dan meja yang tidak sesuai dengan ukuran tubuh siswa ini berpotensi untuk menimbulkan WMSD (*Work-Related Musculoskeletal Disorder*) dan kelelahan. Faktor-faktor yang menimbulkan risiko terjadinya WMSD dibagi menjadi 2 kelompok yaitu faktor primer dan faktor sekunder. Kegiatan belajar siswa didalam kelas setiap harinya terjadi sekitar 4 jam, dimana dalam 4 jam tersebut siswa akan banyak berinteraksi dengan kursi dan meja didalam kelas, baik hanya untuk duduk, membaca dan menulis. Waktu tersebut merupakan waktu yang cukup lama dan bisa memberikan dampak signifikan terhadap tubuh siswa, ditambah lagi kegiatan tersebut selalu diulang selama 6 hari dalam 1 minggu. Maka kemudian, postur tubuh siswa dalam belajar akan mulai terbentuk dari kebiasaan tersebut. Apabila postur tubuh yang terbentuk adalah pstur tubuh yang buruk, maka postur tubuh ini akan terus terbawa hingga dewasa bahkan akan semakin memburuk semakin meningkatnya usia. Kondisi pekerjaan yang repetitive dan postur kerja yang tidak nyaman ini merupakan faktor primer terjadinya WMSD.

Identifikasi keluhan muskulosketelal ini dilakukan dengan menggunakan kuesioner *Nordic* dari *Cornell University* sebagai acuan pertanyaan. Terdapat 4 macam pertanyaan yang diberikan yaitu anggota tubuh yang sering mengalami rasa sakit, frekuensi terjadinya rasa sakit, tingkat rasa sakit dan dampak rasa sakit terhadap pekerjaan yang dilakukan. Kemudian, penulis menambahkan satu

Universitas Indonesia

pertanyaan lagi untuk diberikan kepada siswa yaitu mengenai kenyamanan kursi dan meja, pertanyaan ini dimaksudkan untuk mengetahui pendapat siswa terhadap kursi dan meja yang mereka gunakan di sekolah. Dengan pertimbangan bahwa siswa-siswi SD kelas 1 dan 2 mungkin akan sulit mengerti cara mengisi kuesioner semacam itu, maka peneliti memutuskan untuk melakukan wawancara berdasarkan pertanyaan-pertanyaan yang terdapat dalam kuesioner itu. Secara umum, terdapat 5 hal yang harus diidentifikasi, yaitu anggota tubuh yang sering mengalami sakit, frekuensi rasa sakit pada bagian tubuh yang bersangkutan, tingkat rasa sakit, dampak rasa sakit terhadap pekerjaan serta identifikasi kenyamanan meja dan kursi yang digunakan.

The diagram below shows the approximate position of the body parts referred to in the questionnaire. Please answer by marking the appropriate box.

During the last work week, how often did you experience ache, pain, discomfort in:

If you experienced ache, pain, discomfort, how uncomfortable was that?

If you experienced ache, pain, discomfort, did that interfere with your ability to work?

		During the last work week, how often did you experience ache, pain, discomfort in:					If you experienced ache, pain, discomfort, how uncomfortable was that?			If you experienced ache, pain, discomfort, did that interfere with your ability to work?		
		None of the time	A few times	Once every day	Several times every day	Very uncomfortable	Moderately uncomfortable	Very uncomfortable	Not at all	Slightly interfered	Substantially interfered	
Neck		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Shoulder	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Upper Back		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Upper Arm	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lower Back		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Forearm	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wrist	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hip/Buttocks		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Thigh	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Knee	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lower Leg	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Foot	(Right) (Left)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gambar 3.1 Kuesioner Identifikasi Keluhan Muskuloskeletal

Sumber : Cornell University, 1994

Identifikasi rasa sakit pada tubuh siswa dilakukan pada 11 bagian tubuh tertentu, yaitu :

1. Leher

Universitas Indonesia

2. Bahu
3. Punggung bagian atas
4. Punggung bagian bawah
5. Lengan atas
6. Lengan bawah
7. Pergelangan tangan
8. Bokong
9. Paha
10. Lutut
11. Tungkai kaki

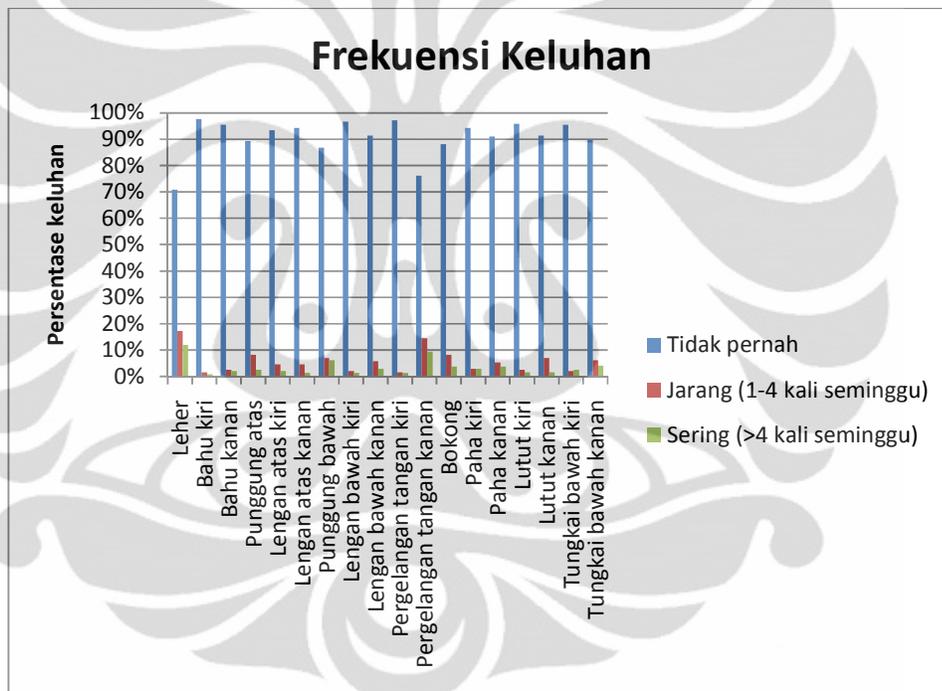
Kemudian, untuk frekuensi rasa sakit dibagi kedalam 3 kategori yaitu : tidak pernah, jarang (1-4 kali seminggu) dan sering (lebih dari 4 kali seminggu). Tingkat rasa sakit dibagi kedalam 2 kategori yaitu : sakit ringan dan sakit berat. Kategori ringan didefinisikan sebagai keluhan yang dapat ditasi dengan peregangan ataupun istirahat sejenak, sedangkan sakit berat didefinisikan sebagai keluhan yang berlangsung dalam waktu yang cukup lama dan membutuhkan waktu istirahat yang lama untuk menghilangkannya. Dampak rasa sakit terhadap pekerjaan terbagi menjadi 2 kategori: mengganggu dan tidak. Terakhir identifikasi kenyamanan kursi dan meja yang digunakan terbagi menjadi 2 kategori : nyaman dan tidak.

Berdasarkan data kuesioner pada kategori jenis anggota tubuh yang sering mengalami sakit dan frekuensi rasa sakit, dilakukan tabulasi secara bersama pada kedua kategori tersebut dalam bentuk persentase sehingga dapat diketahui level dari keluhan yang dialami siswa. Pada hasil tabulasi kategori frekuensi keluhan muskuloskeletal pada bagian tubuh dalam gambar 3.2 grafik menunjukkan persentase setiap level frekuensi pada bagian tubuh siswa yang mengalami gangguan muskuloskeletal. Dari grafik tersebut, level frekuensi “tidak pernah” mendominasi pada seluruh anggota tubuh. Sedangkan level frekuensi keluhan “jarang” dan “sering” paling banyak terjadi pada leher, dengan nilai masing-masing 17% dan 12%. 3 anggota tubuh dengan jumlah frekuensi keluhan terbanyak adalah leher, pergelangan tangan kanan dan punggung bawah dengan

Universitas Indonesia

masing-masing persentase keluhan total dari frekuensi “sering” dan “jarang” sebesar 289%, 24% dan 13%.

Tingginya jumlah level frekuensi “tidak pernah” pada data ini diakibatkan oleh ketidaktahuan siswa terhadap rasa sakit yang mereka rasakan akibat desain kursi dan meja yang tidak tepat tersebut. Berdasarkan hasil wawancara, para siswa menyatakan sudah terbiasa dengan kursi dan meja yang mereka gunakan setiap hari, sehingga mereka tidak merasakan sakit pada bagian tubuh mereka. Hal ini bertentangan dengan asumsi awal penulis bahwa akan banyak siswa yang merasakan sakit pada anggota tubuhnya akibat ketidaksesuaian ukuran kursi dan meja yang digunakan.

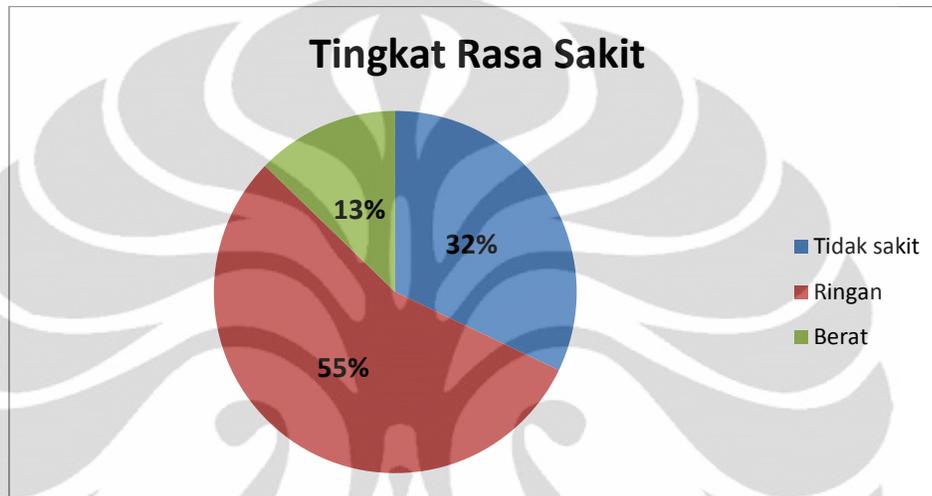


Gambar 3.2 Grafik Frekuensi Keluhan Anggota Tubuh Siswa

Selanjutnya, data mengenai tingkat rasa sakit diolah dalam bentuk *pie chart* untuk menunjukkan persentase jumlah siswa yang tidak pernah merasakan sakit serta siswa yang merasakan tingkat rasa sakit ringan ataupun sakit berat.

Tabel 3.1 Rekapitulasi Perhitungan Tingkat Rasa Sakit pada Siswa

Tingkat rasa sakit	Jumlah
Tidak sakit	78
Sakit ringan	134
Sakit berat	31
TOTAL	243

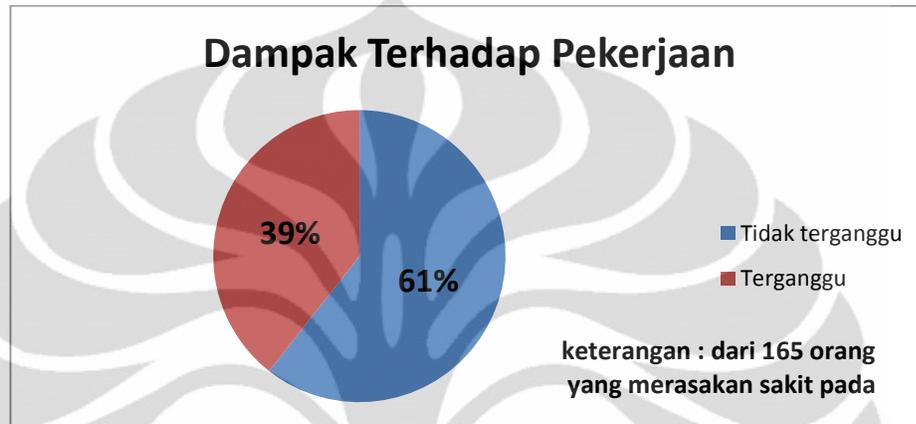
**Gambar 3.3** Pie Chart Persentase Tingkat Rasa Sakit pada Siswa

Berdasarkan *pie chart* pada gambar 3.2 diatas, dapat kita lihat bahwa 32% atau sekitar 78 siswa tidak pernah merasakan sakit pada bagian tubuh apapun, 55% merasakan rasa sakit ringan pada salah satu ataupun beberapa anggota tubuh dan 13% merasakan rasa sakit berat pada salah satu ataupun beberapa anggota tubuh.

Data mengenai dampak rasa sakit terhadap pekerjaan juga disajikan dalam bentuk *pie chart* untuk mengetahui persentase masing-masing kategori siswa, baik yang merasakan rasa sakit sebagai gangguan dan yang tidak merasakan rasa sakit sebagai gangguan.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Perhitungan Dampak Rasa Sakit Terhadap Pekerjaan

Dampak	Jumlah
Tidak terganggu	100
Terganggu	65
TOTAL	165

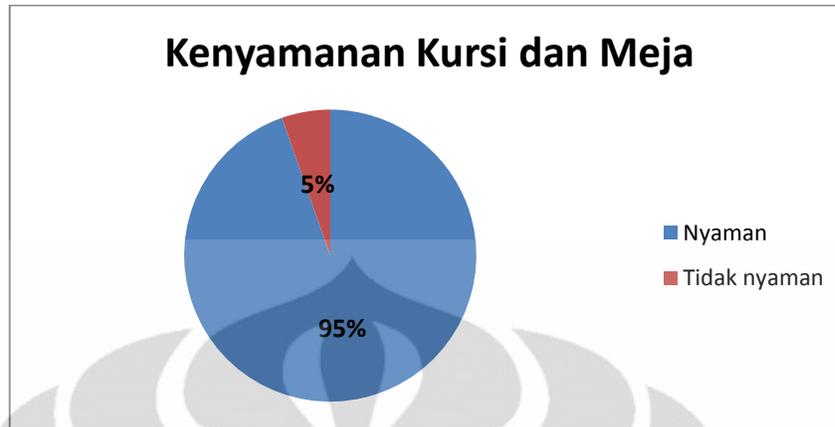
**Gambar 3.4** *Pie Chart* Persentase Dampak Rasa Sakit Terhadap Pekerjaan

Apabila dilihat dari *pie chart* pada gambar 3.4 diatas, maka dari 165 siswa yang mengaku pernah mengalami sakit pada salah satu atau beberapa bagian tubuhnya, 61% atau 100 siswa tidak merasa terganggu dengan rasa sakit yang dialami sedangkan 39% atau 65 siswa merasa terganggu.

Terakhir, identifikasi dilakukan untuk mengetahui persentase siswa yang merasa nyaman ataupun tidak nyaman dengan kursi dan meja yang mereka gunakan di sekolah. Hasil identifikasi tingkat kenyamanan kursi dan meja juga disajikan dalam bentuk *pie chart* seperti dibawah ini.

Tabel 3.3 Rekapitulasi Perhitungan Tingkat Kenyamanan Kursi dan Meja

Kenyamanan	Jumlah
Tidak nyaman	13
Nyaman	230
TOTAL	243



Gambar 3.5 Pie Chart Persentase Tingkat Kenyamanan Kursi dan Meja

Dari gambar 3.5 diatas, 95% dari 243 siswa merasa bahwa kursi dan meja yang mereka gunakan untuk belajar di sekolah sudah nyaman, sementara 5% atau sekitar 13 siswa merasa kursi dan meja yang digunakan tidak nyaman. Pada bagian ini ditemukan ketidak-konsistenan dari hasil wawancara dengan para siswa. Hasil identifikasi frekuensi rasa sakit menyatakan bahwa 165 dari 243 siswa mengalami sakit saat proses belajar, hal ini seharusnya menjadi sebuah hipotesa awal bahwa kursi dan meja yang mereka gunakan tidak nyaman. Namun demikian, sebaliknya pada hasil identifikasi kenyamanan ini, hampir seluruh siswa menyatakan bahwa kursi dan meja yang mereka gunakan sudah nyaman. Hal inilah yang harus diteliti dengan lebih lanjut.

3.1.3 Data ukuran meja dan kursi

Data ukuran meja dan kursi akan digunakan untuk membuat sebuah *virtual environment* menggunakan *software Jack*. *Virtual environment* menggambarkan lingkungan kerja seperti lokasi sebenarnya yang dihadapi oleh para siswa ketika belajar di kelas. Kemudian, dampak dari virtual environment ini akan dianalisa terhadap siswa, diantaranya apakah ukuran meja dan kursi yang digunakan sudah nyaman serta sesuai dengan ukuran postur tubuh siswa.

Berdasarkan pengamatan langsung pada kegiatan belajar di kelas, ukuran kursi dan meja yang ada tidak sesuai dengan ukuran tubuh kebanyakan siswa.

Universitas Indonesia

Dengan demikian, para siswa akan menyesuaikan diri dengan cara mendongak, mendorong tubuhnya ke depan, bahkan berdiri ketika belajar di kelas sehingga lama kelamaan siswa tersebut akan merasa cepat lelah. Hal inilah yang tentunya juga akan mempengaruhi postur belajar anak hingga dewasa.

A. Kursi

Dari hasil pengamatan penulis terhadap ukuran kursi yang terdapat di 2 SD Negeri yang menjadi tempat penelitian, ternyata terdapat perbedaan ukuran kursi yang digunakan pada 2 sekolah tersebut walaupun perbedaannya tidak terlalu jauh. Tinggi dudukan yang seringkali melebihi tinggi lutut anak menyebabkan kaki anak tidak dapat menapak dengan baik ke tanah selama duduk (menggantung) sehingga kaki anak tidak dapat menopang berat tubuhnya dan kemudian berat tubuhnya ini hanya ditumpu oleh bokong, paha dan sebagian oleh tangan mereka yang berada di atas meja. Apabila diperhatikan, sandaran punggung yang terdapat pada kursi tidak dapat memenuhi fungsinya secara baik akibat ukuran yang tidak sesuai dengan punggung siswa, kebanyakan siswa harus mendorong tubuhnya ke depan bagian kursi untuk bisa menulis diatas meja. Dengan demikian, sangat jarang siswa yang bisa ditemukan duduk bersandar dengan nyaman pada kursinya selama belajar, sebagian besar dari mereka membentuk postur belajar dengan punggung yang tidak didukung oleh sandaran.

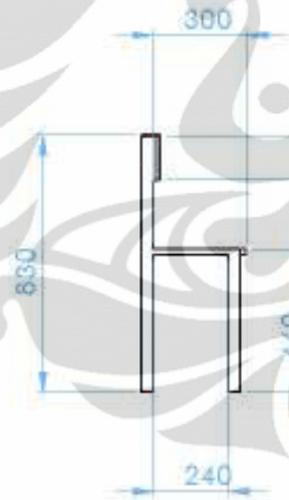
Dalam menentukan spesifikasi dimensi kursi yang sesuai dengan antropometri pengguna, dibutuhkan penyesuaian dimensi dengan mempertimbangkan beberapa ukuran tubuh pengguna. M.K. Gouvali (2006) menyatakan terdapat 4 variabel penting yang harus diperhatikan dari rancangan sebuah kursi, diantaranya *seat height* (tinggi dudukan), *seat width* (lebar dudukan), *seat depth* (kedalaman dudukan) dan *backrest height* (tinggi sandaran punggung). Namun, G. Panagiotopoulou (2004) menjelaskan bahwa *seat slope* (sudut kemiringan dudukan) juga merupakan variabel penting dari dimensi sebuah kursi. Sedangkan Stephen Pheasant (2003) dalam buku *Body Space : Anthropometry, Ergonomis, and the Design of Works* menambahkan 1 variabel

penting lagi dalam dimensi kursi yaitu *backrest angle* (kemiringan sandaran punggung)

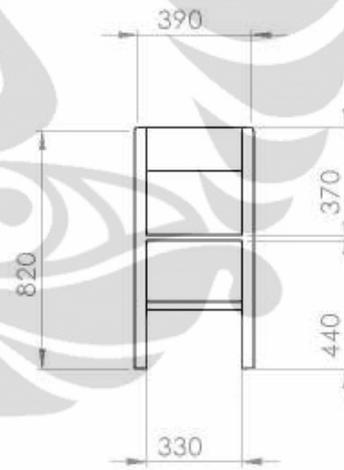
Dari kursi yang ditemukan di lapangan, terdapat beberapa dimensi yang diukur oleh penulis, diantaranya tinggi dudukan, lebar dudukan, kedalaman dudukan, tinggi sandaran punggung, dan tinggi sandaran kaki. Berikut ini merupakan tabel ukuran dan desain dari kedua kursi yang dibuat dengan menggunakan *software Solid Works* :

Tabel 3.4 Dimensi Ukuran Kursi Aktual

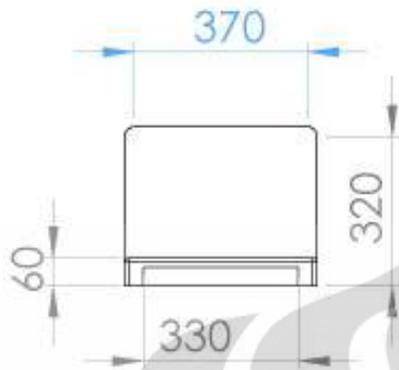
Jenis kursi	Tinggi dudukan (cm)	Lebar dudukan (cm)	Kedalaman dudukan (cm)	Tinggi sandaran punggung (cm)	Tinggi sandaran kaki (cm)
1	46	39	34	22	20
2	44	40	38,5	19	20



Gambar 3.6 Tampak samping kursi



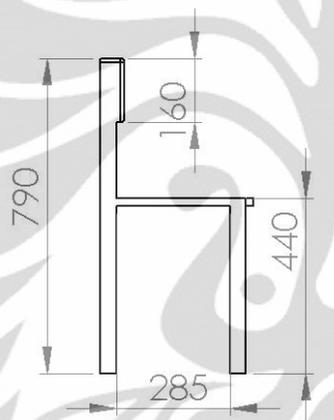
Gambar 3.7 Tampak depan kursi 1



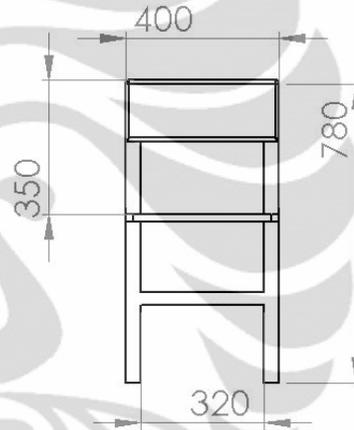
Gambar 3.8 Tampak atas kursi 1



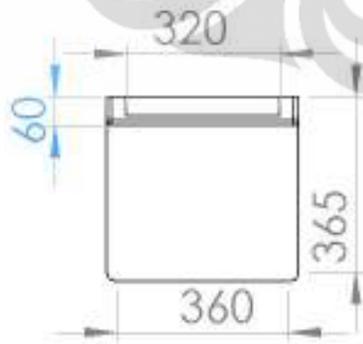
Gambar 3.9 Gambar tiga dimensi kursi 1



Gambar 3.10 Tampak samping kursi 2



Gambar 3.11 Tampak depan kursi 2



Gambar 3.12 Tampak atas kursi 2



Gambar 3.13 Gambar tiga dimensi kursi 2

B. Meja

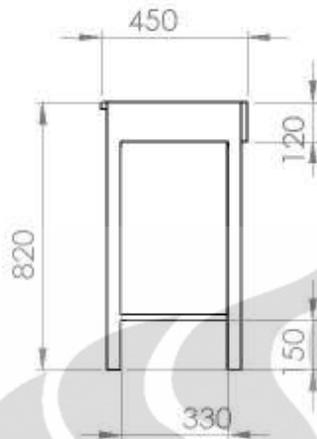
Sama halnya dengan desain kursi, penulis juga menemukan 2 desain meja yang berbeda yang digunakan pada SD Negeri Anyelir 1 dan Anyelir 2. Dari pengamatan penulis dapat disimpulkan bahwa tinggi meja jauh melebihi tinggi siku anak secara umum, hal ini menyebabkan anak kesulitan dalam menulis karena harus mengangkat sikunya agar dapat mencapai permukaan meja. Hal ini tentu saja akan cepat menimbulkan kelelahan atau rasa pegal pada bagian tangan anak sehingga anak akan merasa tidak nyaman dalam belajar. Meja yang tersedia pada 2 sekolah ini memiliki permukaan yang datar, sedangkan Mandal (1983) menyatakan bahwa sebaiknya meja yang digunakan untuk menulis memiliki kemiringan sekitar 20 derajat untuk memudahkan penggunaannya.

Untuk menentukan dimensi meja yang terbaik, variabel-variabel yang penting untuk diperhatikan menurut M.K. Gouvali (2006) adalah desk height (tinggi permukaan meja) dan underneath desk height (tinggi ruang di bagian bawah meja). Sedangkan dari G. Panagiotopoulou (2004) menyatakan bahwa desk slope (kemiringan permukaan meja) juga merupakan variabel yang sangat penting.

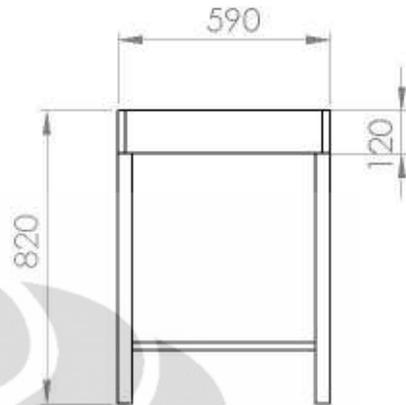
Berdasarkan meja yang diamati di lapangan, penulis mengukur dimensi meja tersebut dan kemudian menggambarkannya dengan menggunakan software Solid Works. Dimensi yang diukur diantaranya adalah tinggi meja, tinggi laci meja, lebar meja, panjang meja dan tinggi sandaran kaki meja. Hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 3.5 Dimensi Ukuran Meja Aktual

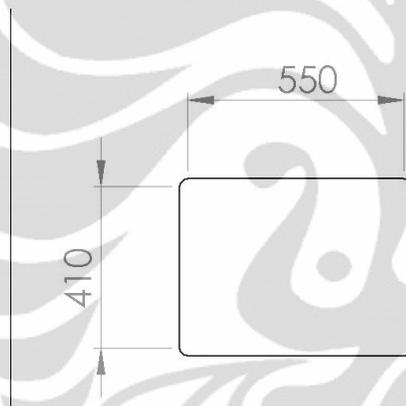
Jenis meja	Tinggi meja (cm)	Tinggi laci meja (cm)	Lebar meja (cm)	Panjang meja (cm)	Tinggi sandaran kaki (cm)
1	82	12	45	59	15
2	82	12	40	110	14



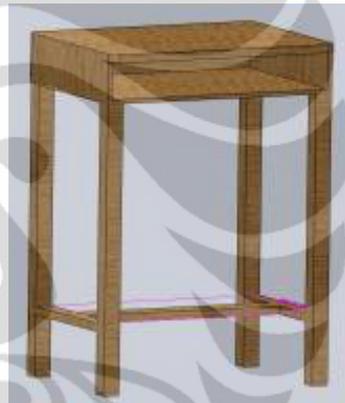
Gambar 3.14 Tampak samping meja 1



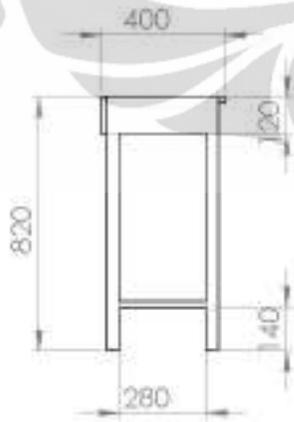
Gambar 3.15 Tampak depan meja 1



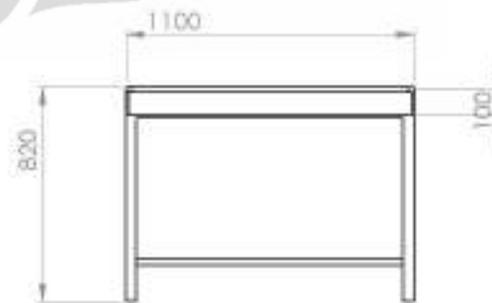
Gambar 3.16 Tampak atas meja 1



Gambar 3.17 Desain tiga dimensi meja 1

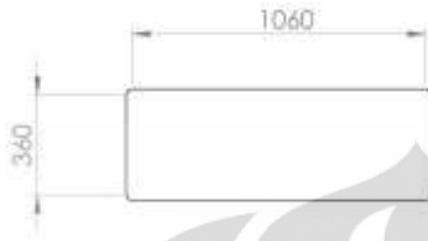


Gambar 3.18 Tampak samping meja 2



Gambar 3.19 Tampak depan meja 2

Universitas Indonesia



Gambar 3.20 Tampak atas meja 2



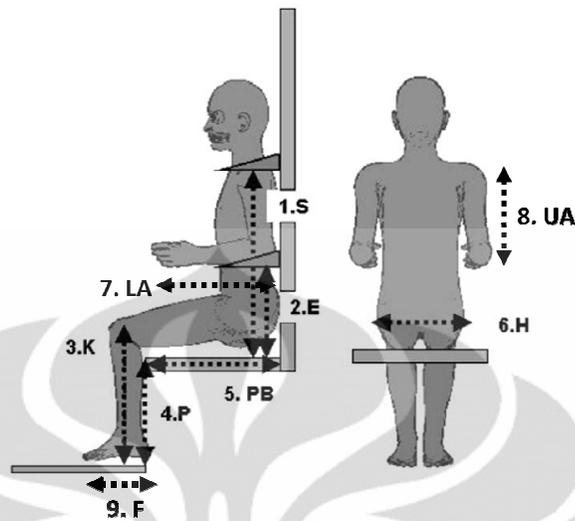
Gambar 3.21 Gambar tiga dimensi meja 2

3.1.4 Data Antropometri

Data antropometri tubuh manusia merupakan data yang akan digunakan untuk membuat *virtual human modeling* dengan *software Jack 6.1* serta menetapkan parameter ukuran konfigurasi kursi dan meja yang akan dirancang sebagai output dari penelitian ini. Data ini terdiri dari 11 jenis ukuran tubuh manusia yang diambil dalam 2 posisi yang berbeda, yaitu :

- a. Data yang diukur dalam posisi duduk tegak bersandar dengan sudut antara paha dan batang tubuh 90 derajat : tinggi bahu, tinggi pinggul, tinggi lutut, tinggi *popliteal*, *popliteal-buttock*, lebar bokong, panjang lengan atas, panjang lengan bawah, dan panjang telapak kaki.
- b. Data yang diukur dalam posisi berdiri tegak : tinggi badan.

Dalam pengumpulan data ini, penulis tidak menentukan dengan spesifik jumlah responden laki-laki dan perempuan karena data antropometri untuk anak dengan usia 7-9 tahun tidak akan berbeda signifikan untuk laki-laki dan perempuan, sehingga tidak dilakukan pemisahan terhadap keduanya. Berdasarkan berbagai literatur yang dibaca oleh penulis juga tidak ada yang menyebutkan untuk menggunakan komposisi tertentu antara jumlah siswa laki-laki dan perempuan yang diukur. Maka dari itu, bagaimanapun komposisi jumlah antara siswa laki-laki dan perempuan yang diukur (jumlah keduanya seimbang, lebih banyak siswa laki-laki atau sebaliknya) akan dapat diterima.



Gambar 3.22 Posisi Pengambilan Data Antropometri

Sumber : Gouvali M.K and K. Boudolos. 2006. *Match between school furniture dimensions and children's anthropometry*. Applied Ergonomics 37 p.765–773

bawah
atas
:aki

Data ini kemudian akan digunakan untuk menghitung ukuran meja dan kursi yang akan dirancang menggunakan rumus yang berlaku hingga diperoleh sebuah desain yang paling ergonomis dan sesuai dengan postur tubuh sehingga diharapkan dapat mengurangi keluhan muskuloskeletal yang diakibatkan oleh kesalahan desain.

Sebenarnya di *software Jack* telah terdapat data antropometri manusia dengan berbagai jenis ras, namun demikian data antropometri tersebut hanya tersedia untuk usia dewasa sedangkan data antropometri usia anak belum tersedia. Dengan demikian, penulis harus melakukan pengukuran langsung untuk memperolehnya. Data antropometri ini diukur secara langsung oleh penulis terhadap 243 siswa dengan menggunakan antropometer. Data ini mewakili

Universitas Indonesia

dimensi tubuh siswa yang diperlukan untuk menghitung dan merancang dimensi kursi dan meja sekolah yang tepat sesuai ukuran tubuh siswa. Terdapat beberapa hal yang menjadi standar dalam pengukuran data antropometri (Parcells et al., 1999) yang harus diperhatikan, diantaranya :

1. Responden yang diukur diusahakan tidak menggunakan pakaian yang tebal (misalnya jaket) dan alas kaki (termasuk kaos kaki), sebab hal ini dapat mengakibatkan kesalahan pengukuran.
2. Postur tubuh responden yang diukur harus tepat, dalam hal ini postur duduk tegak pada permukaan kursi yang rata dan bersandar pada sandaran punggung dengan sudut antara paha dan batang tubuh sebesar 90 derajat dan juga postur tubuh berdiri tegak pada permukaan lantai yang rata.

Dengan memenuhi 2 kaidah diatas, diharapkan hasil pengukuran dapat menjadi lebih akurat. Hasil pengukuran data antropometri 243 siswa dapat dilihat pada bagian Lampiran.

3.2 Uji Normalitas Data

Uji normalitas data berguna untuk menentukan apakah data yang telah dikumpulkan terdistribusi normal atau tidak. Apabila sudah terdistribusi normal maka dapat dikatakan bahwa data tersebut dapat mewakili populasi. Berdasarkan pengalaman empiris ahli statistik, data yang banyaknya lebih dari 30 ($n > 30$) sudah dapat dikatakan terdistribusi normal. Namun, untuk memberikan kepastian data merupakan distribusi normal atau tidak, sebaiknya digunakan uji normalitas.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat 3 data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, yaitu data keluhan muskuloskeletal, data ukuran kursi dan meja serta data antropometri siswa. Namun, tidak semua data tersebut akan diuji normalitasnya, melainkan hanya data antropometri yang akan diuji normalitasnya. Data keluhan muskuloskeletal hanya sebagai data *preliminary study* yang hanya akan digunakan untuk memperkuat latar belakang penelitian dan tidak akan diolah lebih lanjut, dengan demikian tidak perlu dilakukan uji normalitas dan data ditampilkan sebagaimana adanya dalam bentuk *pie chart* maupun *barchart*. Sedangkan data ukuran kursi dan meja yang diperoleh di lapangan berjumlah

Universitas Indonesia

sangat sedikit yaitu hanya 2. Data ukuran kursi dan meja ini pun hanya digunakan untuk membuat desain aktual dan tidak akan diolah lebih lanjut, maka dengan demikian juga tidak perlu dilakukan uji normalitas.

Uji normalitas untuk data antropometri ini dilakukan dengan menggunakan *software SPSS 16*. Metode yang dipilih adalah metode Kolmogorov-Smirnov dengan pendekatan koreksi Lilifors. Sebenarnya ada banyak metode yang bisa dipilih untuk uji normalitas ini, namun penulis memilih menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov dengan pendekatan koreksi Lilifors karena metode ini memberikan hasil paling akurat diantara metode-metode yang lain. Konsep dari uji normalitas menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov adalah dengan membandingkan distribusi data yang ingin diuji dengan distribusi data normal baku.

Tabel 3.6 *Case Processing Summary* Data Antropometri

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
TinggiBahu	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
TinggiPinggul	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
TinggiLutut	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
TinggiPopliteal	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
PoplitealButtock	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
LebarBokong	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
PanjangLenganAtas	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
PanjangLenganBawah	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
PanjangTelapakKaki	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%
TinggiBadan	243	100.0%	0	.0%	243	100.0%

Sumber : *Software SPSS 16.0*

Hasil diatas menunjukkan jumlah missing data dari data antropometri yang telah diambil oleh penulis, dari 10 variabel yang masing-masing memiliki 243 data, dapat dilihat bahwa tidak ada data yang hilang (*missing data*).

Tabel 3.7 Hasil Uji Normalitas Data Antropometri

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TinggiBahu	.057	243	.056	.985	243	.012
TinggiPinggul	.056	243	.059	.978	243	.001
TinggiLutut	.051	243	.200 [*]	.987	243	.023
TinggiPopliteal	.056	243	.066	.985	243	.014
PoplitealButtock	.050	243	.200 [*]	.981	243	.002
LebarBokong	.056	243	.063	.987	243	.022
PanjangLenganAtas	.057	243	.055	.989	243	.065
PanjangLenganBawah	.053	243	.095	.981	243	.002
PanjangTelapakKaki	.054	243	.079	.984	243	.006
TinggiBadan	.034	243	.200 [*]	.993	243	.333

Sumber : Software SPSS 16.0

Dari hasil uji normalitas diatas, yang perlu diperhatikan adalah kolom nilai signifikansi pada bagian Kolmogorov-Smirnov. Apabila nilai signifikansi tersebut lebih dari 0,05 maka data telah terdistribusi normal, namun apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05 maka data tidak terdistribusi normal. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa seluruh variabel yang diuji memiliki nilai signifikansi lebih dari 0,05 atau telah dapat dikatakan terdistribusi normal dan mewakili populasi. Maka kemudian data ini dapat diolah lebih lanjut.

3.3 Pengolahan Data

3.3.1 Penentuan Persentil 5, 50 dan 95

Untuk memudahkan dalam pengolahan data antropometri, pertama kali kita harus mencari nilai rata-rata (*mean*), nilai terbesar (*max*), nilai terkecil (*min*), serta nilai persentil 5, 50 dan 95. Nilai-nilai inilah yang nantinya akan dijadikan acuan untuk menentukan ukuran dimensi kursi dan meja usulan, terutama nilai persentil 5, 50 dan 95.

Tabel 3.8 Nilai Maksimum, Minimum, Mean dan Persentil Data Antropometri
(cm)

Dimensi	TB	TP	TL	TPop	PB	LB	PLA	PLB	PT	TBd
max	46,4	17,1	41,8	35,7	40,1	27	27	25,2	23,8	136,6
min	33,5	11,1	29	24,1	26,1	19,7	17	15	15,8	106,2
mean	39,44	14,024	35,19	29,89	33,21	23,67	21,42	18,43	19,22	120,93
pers 5	35,31	11,2	30,4	24,92	26,71	20,82	18,11	15,7	16,5	110,14
pers 50	39,3	14,1	35	29,9	33	23,6	21,5	18,4	19,2	120,6
pers 95	44,3	16,8	40,49	33,59	39,56	26	25,08	21,47	22,27	131,97

TB = Tinggi Bahu

TP = Tinggi Pinggul

TL = Tinggi Lutut

TPop = Tinggi Popliteal

PB = Popliteal-Buttock

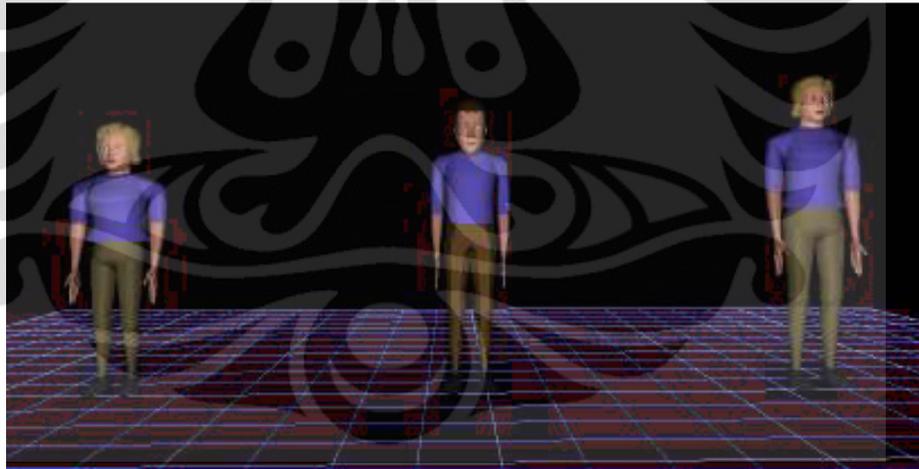
LB = Lebar Bokong

PLA = Panjang Lengan Atas

PLB = Panjang Lengan Bawah

PT = Panjang Telapak Kaki

TBd = Tinggi Badan



Gambar 3.23 *Virtual Human Model* Persentil 5, 50 dan 95

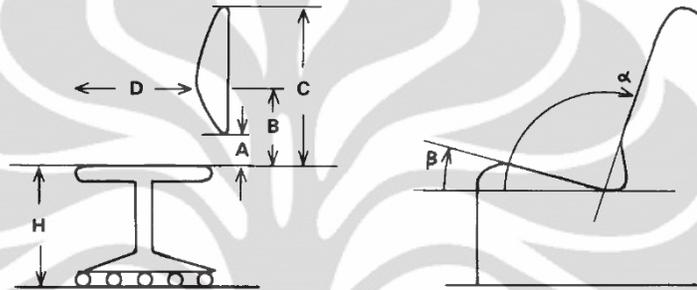
Berdasarkan data statistik pada tabel 3.8, kemudian ukuran tubuh untuk persentil 5, 50 dan 95 tersebut dimasukkan sebagai nilai dimensi tubuh manusia yang akan digunakan dalam software Jack. Setelah nilai dari ketiga persentil tersebut dimasukkan, akan terbentuk tiga buah *virtual human model* dengan

Universitas Indonesia

ukuran tubuh yang berbeda-beda pada *software Jack*. Tiga *virtual human model* ini merupakan representasi dari populasi siswa berdasarkan data antropometri persentil 5, 50 dan 95. Ketiga *virtual human model* inilah yang akan dievaluasi postur duduknya menggunakan PEI.

3.3.2 Penentuan Dimensi dari Desain Usulan

A. Kursi



Gambar 3.24 Penampang Kursi

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

Berikut ini merupakan variabel yang penting beserta parameter yang harus dipenuhi dalam membuat dimensi desain usulan kursi sekolah :

1. Tinggi dudukan

Tinggi dudukan (H pada gambar) harus lebih rendah dari tinggi *popliteal* siswa dan dapat memenuhi kriteria berikut ini : (1) kaki bagian bawah harus dapat membentuk sudut antara 5-30° relatif terhadap vertikal dan (2) sudut antara paha dan tubuh adalah sekitar 95-120 derajat. Dalam kasus ini, kita akan menambahkan 2 cm pada tinggi *popliteal* yang diperoleh sebagai tambahan dari tinggi sepatu yang digunakan siswa.

2. Kemiringan dudukan

Menurut Bendix et al.,(1983) kemiringan dudukan (β pada gambar) yang baik adalah antara 5 – 10 derajat.

3. Tinggi sandaran
Tinggi sandaran harus dapat menahan 60-80% dari tinggi bahu siswa ketika duduk. Akan lebih baik apabila bentuk sandaran punggung dibuat dengan menyesuaikan bentuk lengkungan tulang punggung.
4. Kemiringan sandaran
Menurut buku *Body Space : Anthropometry, Ergonomis and the Design of Work* yang ditulis oleh Stephen Pheasant (2003) kemiringan sandaran kursi yang baik adalah sekitar 100-110 derajat. Kemiringan sandaran kursi ini dihitung dari posisi horizontal. (seperti α pada gambar)
5. Lebar dudukan
Lebar dudukan harus 10-30% lebih besar dari lebar bokong siswa. Hal ini dimaksudkan untuk *allowance space* bagi siswa saat duduk.
6. Kedalaman dudukan
Menurut Parcels et al. (1999) kedalaman dudukan (D pada gambar) yang tepat adalah antara 80-99% dari panjang popliteal-buttock, agar ujung dudukan tidak menekan ke bagian betis atas siswa.

Jadi apabila dibuat rumusnya untuk menentukan dimensi kursi yang terbaik untuk masing-masing variabel diatas adalah sebagai berikut :

Tabel 3.9 Rumus Perhitungan Dimensi Kursi

Variabel	Rumus
Tinggi dudukan (Seat Height)	$(TP+2) \cos 30^\circ \leq SH \leq (TP+2) \cos 5^\circ$
Kemiringan dudukan	5°
Tinggi sandaran (Backrest Height)	$0.6 TB \leq BH \leq 0.8 TB$
Kemiringan sandaran	$100-110^\circ$
Lebar dudukan (Seat Width)	$1.1 LB \leq SW \leq 1.3 LB$
Kedalaman dudukan (Seat Depth)	$0.8 PB \leq SD \leq 0.99 PB$

B. Meja

Berikut ini merupakan variabel yang penting beserta parameter yang harus dipenuhi dalam membuat dimensi desain usulan meja sekolah :

1. Tinggi meja

Tinggi meja harus disesuaikan dengan tinggi siku dalam keadaan 90 derajat. Maka tinggi meja minimum harus dihitung pada saat siku siswa tidak mengalami *flexion* dan *abduction*, sementara tinggi maksimum harus dihitung pada saat siku siswa mengalami *flexion* 25 derajat dan *abduction* 20 derajat. Tinggi siku disini bisa diperoleh dari tinggi bahu dikurangi dengan panjang lengan atas.

2. Tinggi sandaran kaki

Sampai saat ini belum ada literatur yang membahas mengenai parameter tinggi sandaran kaki yang baik. Namun yang dapat ditemukan adalah bahwa ruang yang tersedia di bawah meja harus cukup untuk tinggi lutut siswa, dengan demikian lutut siswa tidak akan menekan bagian bawah kursi. Maka dari itu tinggi sandaran harus disesuaikan agar masih ada ruang yang cukup bagi tinggi lutut siswa ditambah sekitar 2-5 cm untuk *space* pergerakan kaki.

3. Lebar sandaran kaki

Untuk variabel lebar sandaran kaki juga belum ditemukan parameter terbaiknya. Pada penelitian ini, penulis menggunakan data panjang telapak kaki siswa untuk menetapkan parameter lebar sandaran kaki kemudian ditambah sekitar 1-2 cm untuk *space* pergerakan telapak kaki dan *allowance* tambahan panjang dari sepatu siswa.

4. Kemiringan permukaan meja

Menurut Mandal (1982) kemiringan permukaan meja yang paling baik adalah 20 derajat.

5. Tinggi ruang di bawah meja

Tinggi ruang dibawah meja (tinggi lantai ke bawah laci meja) yang paling tepat berdasarkan Parcells et al., (1999) and Poulakakis (1998) adalah dengan memberikan kelebihan sekitar 2-5 cm dari tinggi lutut.

Universitas Indonesia

Berikut ini merupakan rumus untuk menentukan masing-masing variabel meja untuk mendapatkan desain yang terbaik :

Tabel 3.10 Rumus Perhitungan Dimensi Meja

Variabel	Rumus
Tinggi meja (Desk Height)	$(TB-PLA)+[(P+2) \cos 30^\circ] \leq DH \leq [(TPop+2) \cos 5^\circ]+[(TB-PLA)0.8517]+((TB)0.1483)$
Tinggi sandaran kaki	UD-TL
Lebar sandaran kaki	PT+2cm
Kemiringan permukaan meja	10°-20°
Tinggi ruang dibawah meja (Underneath desk height)	$(TL+2)+2 \leq UD \leq [(TPop+2) \cos 5^\circ]+((TB-PLA)0.852)+((TB)0.1483)]$

3.3.3 Penggunaan Persentil pada Desain Usulan

Pada bagian sebelumnya telah dituliskan berbagai rumus untuk menetapkan dimensi terbaik masing-masing variabel pada kursi dan meja, maka selanjutnya telah dapat dihitung masing-masing nilai terbaik untuk tiap variabel tersebut. Nilai inilah yang nantinya akan digunakan untuk membuat desain usulan terbaik kursi dan meja sesuai dengan data antropometri siswa yang sebelumnya telah diperoleh. Model desain usulan kursi yang akan dibuat ini mengacu pada gabungan metode *design for extreme* yang menggabungkan ukuran antropometri dari siswa dengan persentil 5 dan 95 dengan metode desain untuk ukuran rata-rata yang menggunakan data siswa persentil 50. Kedua metode ini digabungkan demi memperoleh desain terbaik.

A. Kursi

Berikut ini adalah nilai acuan data antropometri yang digunakan untuk menetapkan dimensi terbaik pada masing-masing variabel kursi :

Tabel 3.11 Acuan Data Antropometri untuk Perhitungan Dimensi Kursi

Variabel	Acuan Data Antropometri
Tinggi dudukan (<i>Seat Height</i>)	Persentil 50
Kemiringan dudukan	-
Tinggi sandaran (<i>Backrest Height</i>)	Persentil 95
Kemiringan sandaran	-
Lebar dudukan (<i>Seat Width</i>)	Persentil 95
Kedalaman dudukan (<i>Seat Depth</i>)	Persentil 50

1. Tinggi dudukan (*Seat height*)
 Ukuran tinggi dudukan dihitung berdasarkan panjang lutut untuk persentil 50. Hal yang dipertimbangkan adalah penggunaan persentil 5 mungkin bisa menyebabkan tinggi dudukan terlalu rendah untuk siswa dengan persentil 95 sehingga kaki siswa akan menekuk. Sebaliknya, apabila yang digunakan sebagai patokan adalah persentil 95, maka kemungkinan akan terlalu tinggi bagi siswa dengan ukuran tubuh persentil 5 sehingga kaki siswa akan menggantung dan tidak bisa menapak dengan baik pada lantai atau sandaran kaki.
2. Tinggi sandaran (*Backrest Height*)
 Tinggi sandaran kursi akan dihitung menggunakan acuan tinggi bahu siswa dengan persentil 95. Hal ini dimaksudkan agar sandaran ini dapat menopang punggung siswa dengan ukuran tubuh persentil 5, 50 maupun 95. Dengan mengambil patokan persentil 95, yang merupakan persentil dengan ukuran tubuh terbesar, pasti siswa dengan ukuran tubuh persentil 5 dan 50 juga dapat diakomodir kebutuhannya untuk sandaran punggung ini. Bentuk sandaran punggung ini akan dibuat melengkung, agar lebih sesuai dan nyaman untuk tulang punggung.
3. Lebar dudukan (*Seat Width*)
 Acuan untuk menghitung lebar dudukan kursi usulan menggunakan lebar bokong (*hip breadth*) untuk persentil 95. Dengan mengambil acuan lebar

bokong dengan ukuran ekstrem atas, maka lebar dudukan ini juga pasti akan cukup untuk siswa dengan persentil 5 dan 50.

4. Kedalaman dudukan (*Seat Depth*)

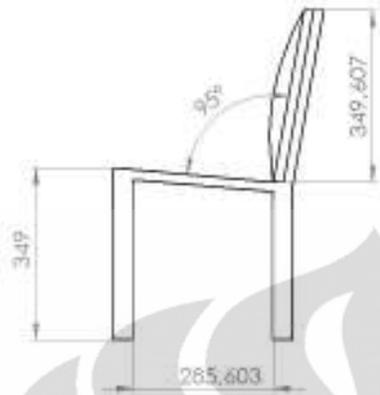
Kedalaman dudukan dihitung dengan menggunakan acuan panjang *popliteal-buttock* dari siswa dengan persentil 50. Pertimbangannya adalah bahwa kedalaman dudukan ini tidak boleh terlalu lebar karena ujung dudukan akan menekan ke bagian betis pengguna, demikian juga tidak boleh terlalu sempit karena akan menekan bagian bawah dari paha pengguna. Dengan demikian, panjang *popliteal-buttock* siswa dengan persentil 50 adalah acuan yang paling pas untuk variabel ini.

Setelah acuan data antropometri ditentukan, kini nilai minimum dan maksimum untuk masing-masing variabel kursi dapat dihitung dengan rumus yang ada di bagian sebelumnya, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3.12 Nilai Minimum dan Maksimum untuk Ukuran Dimensi Kursi Usulan

Variabel	Nilai Minimum (cm)	Nilai Maksimum (cm)
Tinggi dudukan (Seat Height)	27,63	34,87
Kemiringan dudukan	5°	5°
Tinggi sandaran (Backrest Height)	26,58	35,44
Kemiringan sandaran	100°	110°
Lebar dudukan (Seat Width)	28,6	33,8
Kedalaman dudukan (Seat Depth)	26,4	32,67

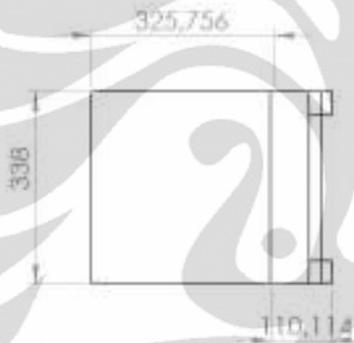
Untuk variabel yang memiliki satuan centimeter, maka penulis akan menggambarkan desain usulan dengan nilai maksimal. Sementara untuk variabel yang merupakan nilai sudut, akan diubah setiap kelipatan 5 derajat untuk tiap desain usulan. Berikut ini merupakan gambar usulan desain kursi yang telah dibuat sesuai nilai yang terdapat pada tabel 3.12 :



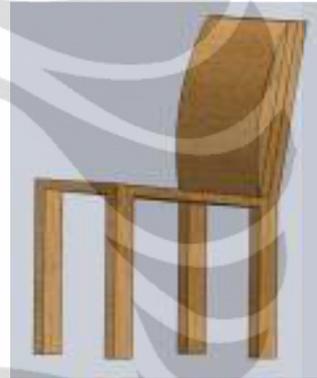
Gambar 3.25 T. samping usulan kursi 1



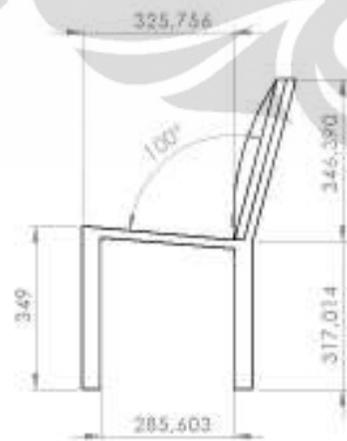
Gambar 3.26 T. depan usulan kursi 1



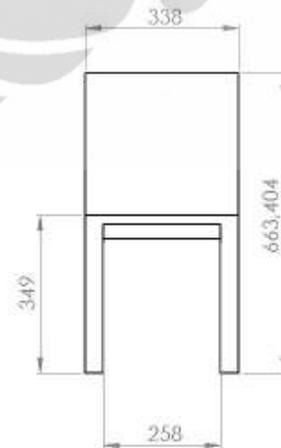
Gambar 3.27 T. atas usulan kursi 1



Gambar 3.28 Gambar 3D usulan kursi 1

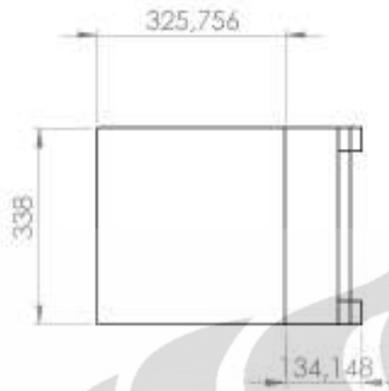


Gambar 3.29 T. samping usulan kursi 2



Gambar 3.30 T. depan usulan kursi 2

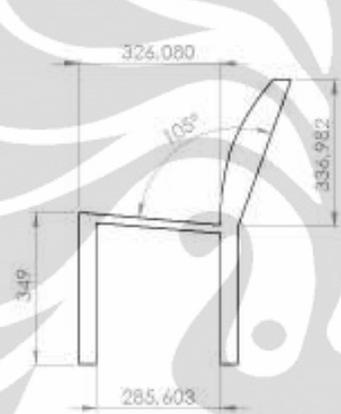
Universitas Indonesia



Gambar 3.31 T. atas usulan kursi 2



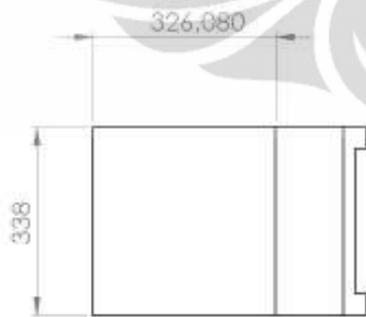
Gambar 3.32 Gambar 3D usulan kursi 2



Gambar 3.33 T. samping usulan kursi 3



Gambar 3.34 T. depan usulan kursi 3



Gambar 3.35 T. atas usulan kursi 3



Gambar 3.36 Gambar 3D usulan kursi 3

B. Meja

Sama seperti kursi, nilai acuan data antropometri yang digunakan untuk menetapkan dimensi terbaik pada masing-masing variabel meja juga harus ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 3.13 Acuan Data Antropometri untuk Perhitungan Dimensi Meja

Variabel	Acuan Data Antropometri
Tinggi meja (<i>Desk Height</i>)	Persentil 95
Tinggi sandaran kaki	Persentil 95
Lebar sandaran kaki	Persentil 95
Kemiringan permukaan meja	-
Tinggi ruang dibawah meja (<i>Underneath desk height</i>)	Persentil 95

1. Tinggi meja (*Desk Height*)

Ukuran tinggi meja dihitung dengan menggunakan acuan tinggi siku siswa persentil 95 ketika duduk. Siswa dengan persentil 95 memiliki lengan atas yang lebih panjang dibandingkan dengan persentil 5 ataupun 50. Tinggi meja ini disesuaikan dengan tinggi siku siswa agar tangan siswa tidak menekuk secara berlebihan saat menulis. Apabila menggunakan persentil 5 ataupun 50 sebagai patokan, maka terdapat kemungkinan bahwa siswa dengan persentil 95 yang memiliki siku lebih panjang harus lebih menekuk tangannya dengan lebih tinggi ketika menulis. Dengan demikian apabila tinggi meja sudah sesuai dengan tinggi siku persentil 95 maka tinggi meja ini akan ergonomis untuk siswa dengan persentil 5, 50 maupun 95.

2. Tinggi sandaran kaki

Tinggi sandaran kaki dihitung dengan menggunakan acuan tinggi lutut siswa dengan persentil 95. Sandaran kaki ini dimaksudkan untuk menopang kaki siswa pada saat menulis sehingga berat tubuh siswa tidak semuanya tertumpu pada bagian bokong. Dengan demikian, sandaran kaki

ini harus disesuaikan tingginya agar bisa dipijak oleh siswa dengan persentil 5, 50 maupun 95. Acuan tinggi lutut siswa dengan persentil 95 dimaksudkan agar sandaran kaki ini tidak terlalu tinggi karena sandaran kaki yang terlalu tinggi akan menyebabkan bagian lutut dan paha siswa menekan ke bawah meja.

3. Lebar sandaran kaki

Ukuran lebar sandaran kaki menggunakan acuan panjang telapak kaki persentil 95. Persentil 95 memiliki panjang telapak kaki yang paling besar, sehingga apabila lebar sandaran kaki sudah bisa mengakomodir panjang telapak kaki siswa dengan persentil 95 maka secara langsung persentil 5 dan 50 juga akan terakomodir.

4. Tinggi ruang dibawah meja (*Underneath desk height*)

Penetapan ukuran tinggi ruang dibawah meja pada dasarnya sama dengan penetapan tinggi sandaran kaki. Hal ini dimaksudkan agar terdapat ruang yang cukup dibawah meja untuk kaki siswa, sehingga siswa dengan persentil 95 yang memiliki tinggi lutut yang paling besar dijadikan acuan untuk menetapkan tinggi ruang dibawah meja yang ergonomis.

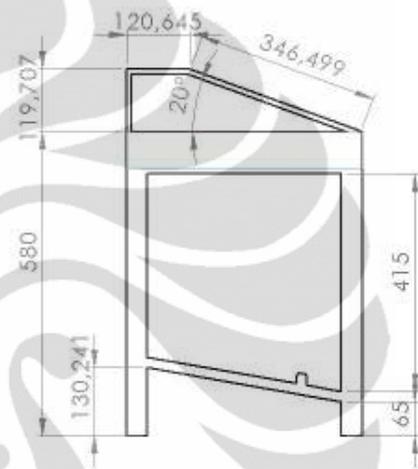
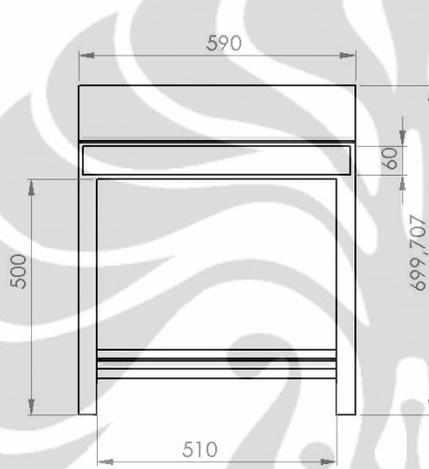
Selanjutnya nilai minimum dan maksimum untuk tiap variabel meja telah dapat dihitung dengan rumus yang ada di bagian sebelumnya, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3.14 Nilai Minimum dan Maksimum untuk Ukuran Dimensi Meja Usulan

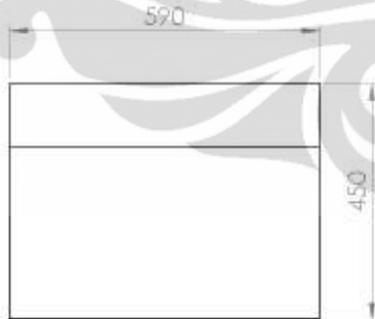
Variabel	Nilai Minimum (cm)	Nilai Maksimum (cm)
Tinggi meja (Desk Height)	50,12	58,24
Tinggi sandaran kaki	4	13,74
Lebar sandaran kaki	23,3	24,3
Kemiringan permukaan meja	10°	20°
Tinggi ruang dibawah meja (Underneath desk height)	44,49	54,23

Universitas Indonesia

Sama seperti desain usulan kursi, maka desain usulan meja juga akan dibuat dengan nilai maksimum untuk variabel-variabel yang memiliki satuan centimeter, kecuali untuk tinggi sandaran kaki dan tinggi ruang dibawah meja akan dicari nilai terbaik dan disesuaikan dengan tinggi meja, namun tetap harus berada dalam range nilai minimum dan nilai maksimum yang telah ditetapkan. Dengan demikian untuk desain usulan meja ini akan diperoleh 2 desain seperti dibawah ini.

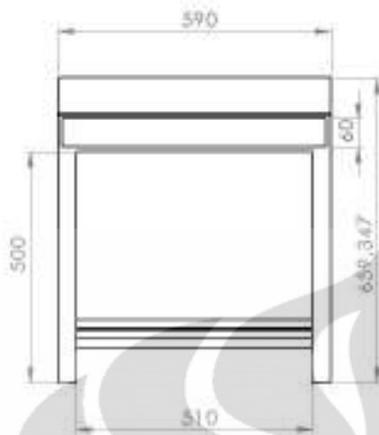


Gambar 3.37 T. depan usulan meja 1 **Gambar 3.38** T. samping usulan meja 1

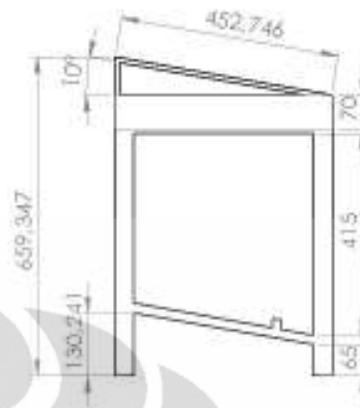


Gambar 3.39 T. atas usulan meja 1

Gambar 3.40 Gambar 3D usulan meja 1



Gambar 3.41 T. depan usulan meja 2



Gambar 3.42 T. samping usulan meja 2



Gambar 3.43 T. atas usulan meja 2



Gambar 3.44 Gambar 3D usulan meja 2

3.4 Perancangan Model Simulasi Postur Duduk

3.4.1 Penentuan Konfigurasi

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian terhadap postur tubuh siswa ketika sedang melakukan kegiatan belajar didalam kelas, terutama postur menulis. Pada dasarnya terdapat 2 postur dasar yang secara umum dilakukan oleh siswa didalam kelas yaitu postur menulis dan membaca. Namun demikian, postur menulis dipilih untuk pengujian karena postur ini melibatkan gerakan anggota tubuh lebih banyak dan lebih aktif sehingga akan memiliki kemungkinan untuk menimbulkan rasa sakit yang lebih besar apabila dilakukan dalam postur yang

salah. Selain itu dari hasil wawancara dengan guru, diperoleh bahwa frekuensi anak menulis didalam kelas lebih sering dibandingkan frekuensi anak membaca.

Modul simulasi postur duduk ini akan dibuat dalam sebuah virtual environment menggunakan *software Jack*. Pada tahap awal, model simulasi postur duduk akan dilakukan dengan 2 desain kursi dan meja aktual. Selanjutnya, model simulasi postur duduk akan dilakukan dengan desain usulan meja dan kursi yang telah dibuat pada bagian sebelumnya. Variabel yang akan diubah dalam desain usulan kursi yang diberikan adalah kemiringan dudukan dan kemiringan sandaran untuk kemudian menghasilkan beberapa model dalam *virtual environment*, yang disebut sebagai konfigurasi. Sementara untuk desain usulan kursi tidak ada variabel yang akan diubah sehingga hanya terdapat 1 desain usulan kursi untuk tiap konfigurasi yang dilakukan. Masing-masing konfigurasi ini akan diujikan ke siswa dengan persentile 5 dan 95 untuk menguji kecocokannya dengan ukuran tubuh siswa dalam *range* ekstrem.

Seperti dijelaskan diatas bahwa konfigurasi yang dilakukan pada penelitian ini dibedakan menjadi 2 macam yaitu konfigurasi dengan desain meja dan kursi aktual, juga konfigurasi dengan desain meja dan kursi usulan. Untuk konfigurasi menggunakan desain kursi dan meja aktual terdapat 4 konfigurasi yang akan dibuat, yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.15 Rekapitulasi Konfigurasi Postur Duduk Aktual

No	Konfigurasi	Persentil	Desain kursi	Desain meja
1	1A	5	1	1
2	1B	95	1	1
3	2A	5	2	2
4	2B	95	2	2

Selain itu, pada penelitian ini juga terdapat 12 rencana konfigurasi yang akan diuji untuk konfigurasi yang menggunakan desain kursi dan meja usulan, yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.16 Rekapitulasi Konfigurasi Postur Duduk Menggunakan Desain Usulan

No	Konfigurasi	Persentil	Kemiringan dudukan	Kemiringan sandaran	Kemiringan permukaan meja
1	3A	5	5	100	20
2	3B	95	5	100	20
3	4A	5	5	100	10
4	4B	95	5	100	10
5	5A	5	5	105	20
6	5B	95	5	105	20
7	6A	5	5	105	10
8	6B	95	5	105	10
9	7A	5	5	110	20
10	7B	95	5	110	20
11	8A	5	5	110	10
12	8B	95	5	110	10

Keduabelas konfigurasi yang telah ditetapkan tersebut harus bisa memenuhi ataupun menguji populasi yang menggunakan kursi sekolah. Maka dari itu, konfigurasi tersebut harus memenuhi persentil ukuran tubuh yang ekstrem, yaitu persentil 5 dan 95. Sementara dari segi jenis kelamin tidak ditemukan ukuran yang berbeda secara signifikan, sehingga tidak dilakukan pemisahan dalam penelitian ini. Dari segi dimensi kursi, konfigurasi harus memperhatikan kemiringan sandaran kursi dan kemiringan permukaan meja.

Stephen Pheasant menyatakan bahwa kursi yang baik untuk kesehatan punggung manusia adalah yang memiliki kemiringan sandaran yang optimal, yaitu antara 100 sampai 110 derajat. Sedangkan Bendix et al. (1983) menyatakan untuk kemiringan dudukan yang paling baik harus memiliki kemiringan yang naik sebesar 5 derajat di bagian depan kursi. Mandal (1982) memberikan desain alternatif untuk meja, yaitu yang memiliki permukaan miring dan dapat diangkat dengan sudut kemiringan antara 0-20 derajat, sementara Wall et.al telah mempelajari bahwa duduk dengan kemiringan meja 10 derajat menghasilkan postur tubuh yang lebih baik dibandingkan pada meja yang datar. Oleh karena itu,

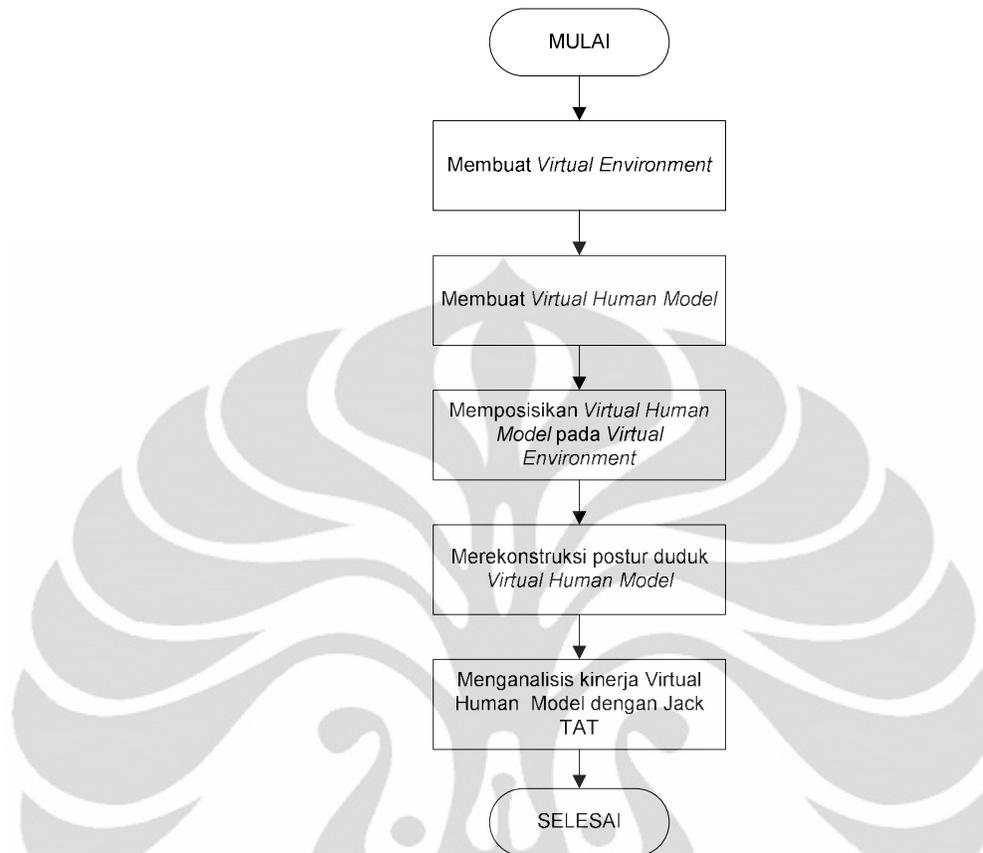
penulis mengambil nilai kemiringan meja 10 derajat dan 20 derajat untuk menguji gabungan kedua pernyataan dari Mandal dan Wall et al. tersebut.

Konfigurasi yang akan dibuat harus disusun dengan mempertimbangan kombinasi dari perubahan variabel-variabel kemiringan sandaran kursi dan kemiringan permukaan meja seperti telah dijelaskan diatas, sehingga terbentuklah 12 macam konfigurasi untuk diujikan dalam *virtual environment*.

3.4.2 Alur Pembuatan Model

Pembuatan model *virtual environment* memerlukan langkah-langkah yang tepat agar model yang dibuat bisa benar-benar merepresentasikan keadaan nyata. Dalam pembuatan model tersebut, terdapat 5 langkah kerja yang harus dilakukan :

1. Membuat *virtual environment* (kursi dan meja yang akan digunakan)
2. Membuat *virtual human model* (dalam penelitian ini adalah siswa SD)
3. Memosisikan *virtual human* pada *virtual environment* sesuai dengan keadaan nyata
4. Merekonstruksi postur duduk dari virtual human model
5. Menganalisis kinerja virtual human model dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software Jack*



Gambar 3.45 Diagram Alir Pembuatan Model Simulasi

3.4.2.1 Pembuatan *Virtual Environment*

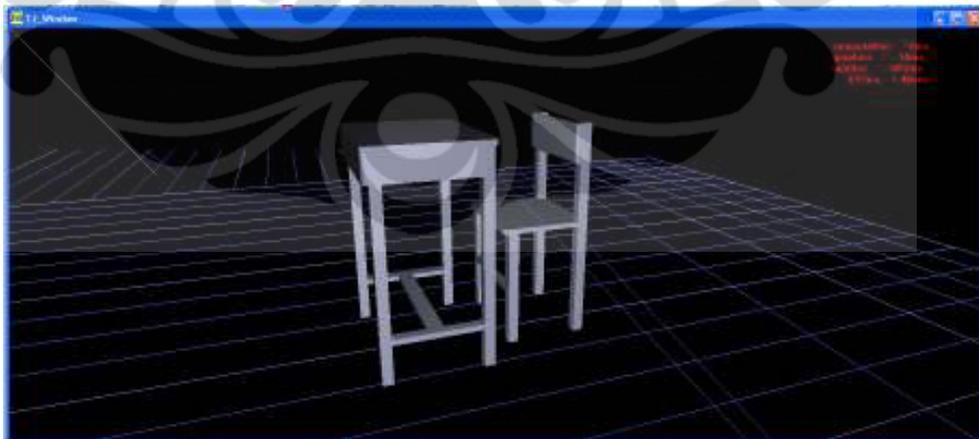
Pembuatan *virtual environment* dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software Jack*. Namun untuk menciptakan objek-objek *virtual environment* dengan ukuran yang tepat merepresentasikan ukuran di dunia nyata maka dibutuhkan bantuan *software Solid Works*, yaitu dalam pembuatan desain kursi dan meja aktual maupun usulan. Di dalam *software Solid Works* ini kita dapat membuat kursi dan meja dengan ukuran dan spesifikasi (termasuk material yang digunakan) yang telah disesuaikan dengan ukuran sebenarnya hingga menghasilkan gambaran yang paling mendekati kenyataan.

Setelah membuat model menggunakan *software Solid Works*, model kursi dan meja yang berada dalam format *Solid Works Files (*.sldprt)* harus diterjemahkan kedalam format *IGES (*.igs)* agar kemudian dapat di-*import*

kedalam *software Jack*. Perubahan format ini dapat dilakukan langsung dalam *software Solid Works* karena *software* ini menyediakan cara penyimpanan dengan kedua format tersebut. Setelah dilakukan perubahan format, maka model kursi dan meja yang telah dibuat dapat langsung di-*import* kedalam *software Jack* untuk kemudian digabungkan dengan *virtual human model* pada langkah selanjutnya. Berikut ini merupakan salah satu model kursi dan meja yang dibuat menggunakan *software Solid Works*.



Gambar 3.46 Contoh Model Kursi dan Meja Sekolah dalam Format *Solid Works Files*



Gambar 3.47 Contoh *Virtual Environment* dalam *Software Jack 6.1*

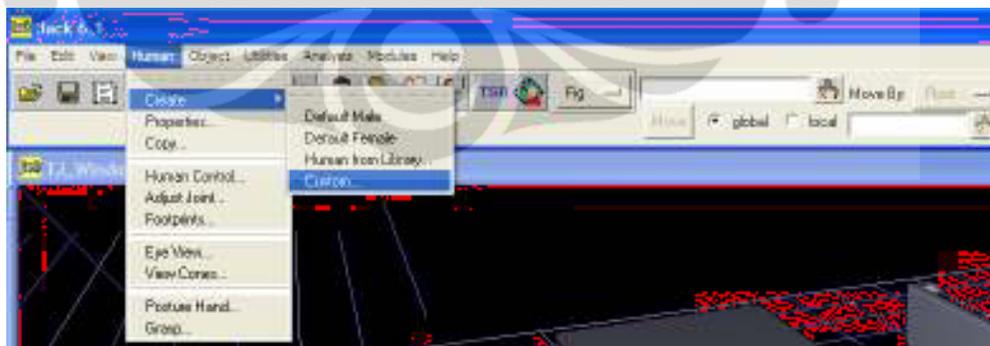
3.4.2.2 Pembuatan *Virtual Human Model*

Virtual Human Model atau model manusia virtual dalam penelitian ini adalah model siswa-siswi SD Negeri Anyelir 1 dan SD Negeri Anyelir 2 yang dibuat berdasarkan berbagai variabel data antropometri yang telah diperoleh. Dari data-data yang telah ada tersebut, kemudian dimasukkan ke dalam fitur *Build Human* yang terdapat dalam *software Jack 6.1*. Dengan fitur *Build Human* dapat dibuat model virtual manusia berdasarkan *template* atau ukuran standar yang telah tersedia, seperti misalnya data ANSUR-88, namun dapat juga dibuat model virtual manusia berdasarkan data-data antropometri yang telah kita miliki atau secara *customize*.



Gambar 3.48 Command untuk Pembuatan Manusia Virtual pada *Jack 6.1*

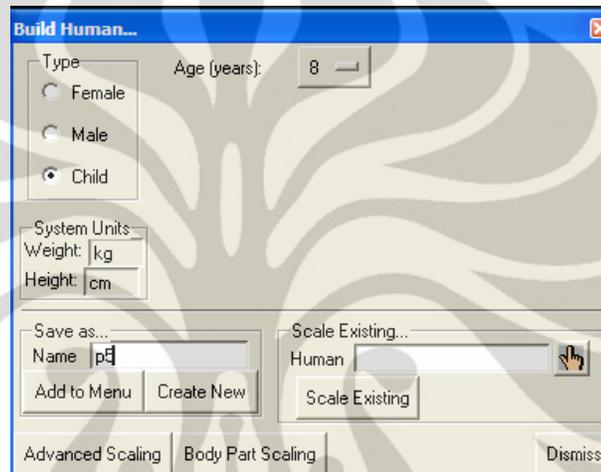
Dalam penelitian ini, kita akan membuat model virtual manusia yang berada pada rentang usia anak-anak, sehingga kita harus menggunakan pembuatan model virtual manusia yang *customize*, karena untuk ukuran tubuh anak-anak belum ada *template* yang tersedia seperti apabila kita ingin membuat model virtual manusia dewasa.



Gambar 3.49 Langkah-langkah Pembuatan Manusia Virtual secara *Customize*

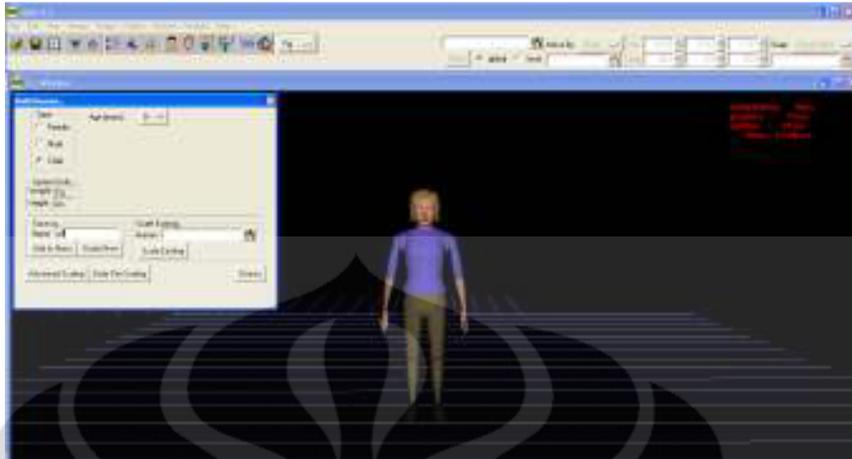
Dalam pembuatan model anak virtual berdasarkan ukuran antropometri yang sebenarnya, dibutuhkan juga informasi pendukung berupa usia. Dalam

penelitian ini, kita akan membuat model virtual anak dengan usia antara 7 sampai 9 tahun. Maka kita dapat mengisi kolom “age” dengan angka 7, 8 ataupun 9. Hal ini tidak akan terlalu mempengaruhi karena nantinya ukuran-ukuran tubuh yang dimasukkan akan disesuaikan dengan data antropometri yang telah kita peroleh. Kemudian terakhir kita harus memberi nama untuk model manusia virtual yang akan kita buat tersebut, misalkan saja kita namakan “p5” untuk membuat model virtual anak dengan ukuran tubuh persentil 5.



Gambar 3.50 Dialog Box untuk Fitur *Build Human*

Setelah seluruh langkah diatas selesai dilakukan, maka kita dapat mengklik button “*Create New*” dan secara otomatis *software Jack* akan memunculkan model manusia yang mendekati ukuran aslinya untuk masing-masing anggota tubuh yang dimiliki. Berikut ini adalah model virtual anak yang terbentuk dalam *software Jack* :



Gambar 3.51 Contoh Model Manusia Virtual pada *Software Jack 6.1*

Setelah terbentuk model virtual anak seperti gambar diatas, selanjutnya kita harus memasukkan data-data antropometri yang kita peroleh untuk memperoleh model virtual yang paling mendekati ukuran sebenarnya dari objek penelitian kita. Untuk memasukkan data-data antropometri tersebut kita harus meng-klik button “*Advanced Scaling*” sehingga data ukuran tubuh dari model virtual yang terbentuk akan sesuai dengan data yang kita peroleh pada keadaan nyata. Karena kita akan membuat model virtual untuk anak dengan ukuran tubuh persentil 5, maka data ukuran tubuh inilah yang harus dimasukkan :

Tabel 3.17 Data Antropometri Siswa dengan Persentil 5

Dimensi	TB	TP	TL	TPop	PB	LB	PLA	PLB	PT	TBd
pers 5	35,31	11,2	30,4	24,92	26,71	20,82	18,11	15,7	16,5	110,14

Data-data ukuran tubuh tersebut dimasukkan masing-masing sesuai kolom yang tersedia, sementara data-data antropometri lain yang tidak kita miliki dibiarkan saja mengikuti ukuran yang sudah tertera. Maka kemudian, ukuran tubuh model virtual yang terbentuk akan mengikuti data-data yang telah kita masukkan. Dengan demikian, model virtual ini sudah mendekati ukuran siswa SD yang sebenarnya.



Gambar 3.52 Fitur *Body Scaling* pada *Software Jack 6.1*

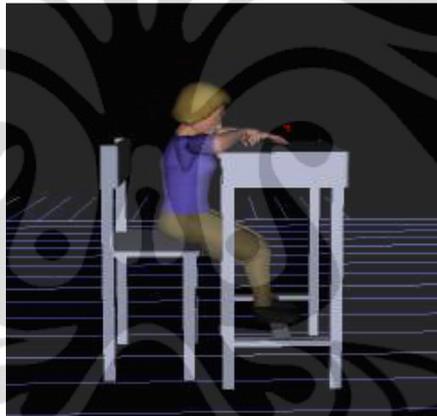
3.4.2.3 Pembentukan Postur Duduk

Pembentukan postur duduk dapat dilakukan setelah *virtual environment* dan model manusia virtual telah selesai dibuat. Postur duduk yang disimulasikan dalam penelitian ini merupakan postur duduk siswa menulis, baik menggunakan desain kursi dan meja aktual maupun desain usulan, terdapat perbedaan yang signifikan terhadap postur duduk siswa pada kedua desain tersebut.

Sesuai dengan hasil penelitian awal (*preliminary study*) yang telah dijelaskan pada sub bab 3.1 bahwa dapat diamati desain kursi dan meja aktual yang digunakan oleh siswa memiliki ukuran yang tidak sesuai dengan ukuran tubuh siswa. Hal ini sangat mempengaruhi pembentukan postur duduk siswa, siswa harus menyesuaikan postur tubuh mereka dengan ukuran kursi dan meja yang tersedia sehingga postur duduk yang terbentuk sangat jauh dari postur yang baik. Maka dari itu, pembentukan postur duduk secara virtual menggunakan desain kursi dan meja aktual akan dilakukan dengan cara menyesuaikan model manusia virtual terhadap desain kursi dan meja tersebut. Postur duduk dalam *virtual environment* ini juga dibuat semirip mungkin dengan yang diamati oleh penulis secara langsung. Berikut ini adalah contoh postur duduk yang dibentuk dengan menggunakan desain meja dan kursi aktual kepada siswa dengan persentil 5.



Gambar 3.53 Postur Duduk Siswa pada Keadaan Sebenarnya



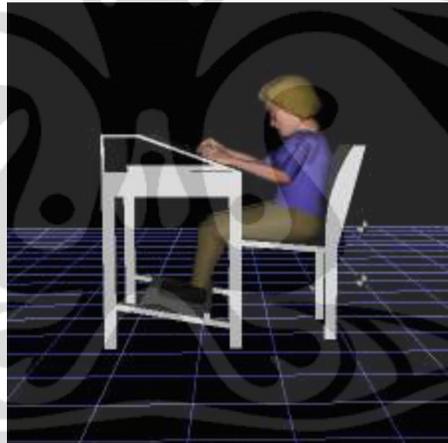
Gambar 3.54 Postur Duduk Siswa yang dimodelkan secara Virtual

Sementara itu, desain kursi dan meja usulan telah disesuaikan dengan ukuran tubuh siswa sehingga postur duduk yang terbentuk diharapkan akan lebih baik. Dalam mencapai hal tersebut maka postur duduk ini akan dibentuk dengan memenuhi beberapa kaidah postur duduk yang benar, yaitu diantaranya : (Sumber : Dr. Dieter Breithecker, www.postureinstyle.com)

1. Kaki bagian bawah harus tegak lurus terhadap lantai, sementara posisi paha horizontal
2. Lengan bagian bawah harus tertumpu ke meja dengan posisi yang santai

3. Sandaran harus dapat beradaptasi dengan posisi punggung dan menyangga bagian lumbar (punggung bawah)
4. Paha pengguna tidak boleh menekan dudukan kursi bagian depan
5. Kaki bertumpu pada lantai atau sandaran kaki secara sempurna
6. Semakin dekat meja kerja dengan posisi duduk pengguna maka akan semakin baik karena sedikit pula otot yang akan bekerja untuk menjangkaunya

Kaidah-kaidah diatas akan dipenuhi dalam pembentukan postur duduk yang menggunakan desain kursi dan meja usulan sehingga postur duduk yang terbentuk sangat berbeda jauh dari postur duduk pada gambar 3.52 diatas. Berikut adalah contoh postur duduk yang dibentuk oleh siswa dengan persentil 5 menggunakan desain kursi dan meja usulan.



Gambar 3.55 Postur Duduk Siswa Menggunakan Desain Meja dan Kursi Usulan

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, model manusia yang akan digunakan dalam analisis penelitian ini adalah model siswa dengan persentil 5 dan 95. Pembuatan postur duduk dalam *software Jack 6.1* harus dilakukan dengan seksama agar postur duduk yang terbentuk dalam virtual environment ini dapat mendekati postur duduk dalam keadaan yang sebenarnya. Langkah pertama dalam membuat postur duduk ini adalah dengan mengkondisikan posisi model manusia virtual agal berada dalam kondisi duduk bekerja (*seated working*).



Gambar 3.56 Langkah-langkah Pembentukan Postur Duduk Siswa

Kemudian model manusia virtual yang sudah dalam kondisi duduk ini disesuaikan dengan kursi dan meja yang tersedia dengan cara mengubah-ubah posisi tiap anggota tubuh agar sesuai dengan keadaan nyata.

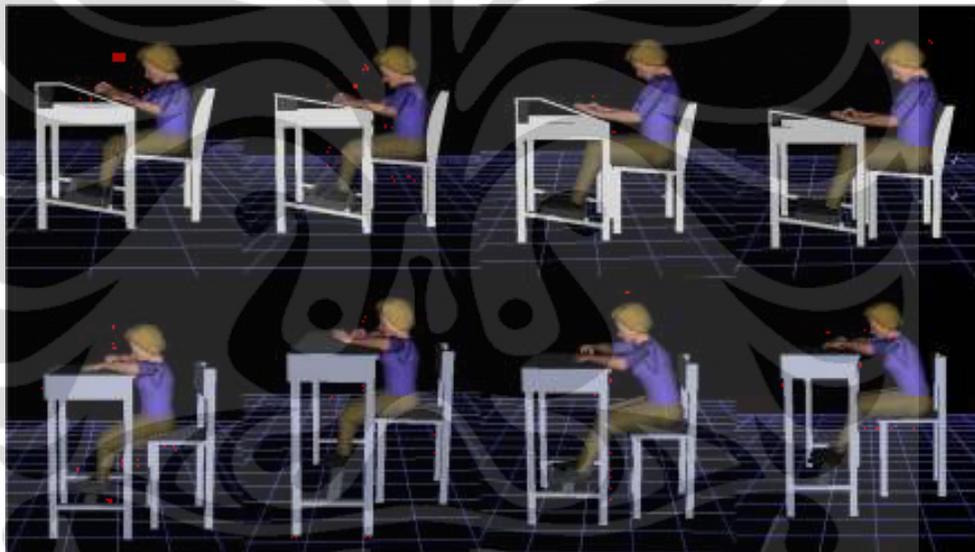


Gambar 3.57 Tampilan Fitur *Human Control* pada *Software Jack 6.1*

Untuk menyesuaikan postur duduk dalam *virtual environment* agar sesuai dengan keadaan nyata, dapat digunakan beberapa *command* yang terdapat dalam *software Jack 6.1*. Penyesuaian postur ini diantaranya dilakukan dengan memodifikasi persendian model manusia virtual dengan menggunakan *command Human Control*. *Command* ini berfungsi untuk memodifikasi bentuk postur tubuh model manusia virtual dengan menyesuaikan sekelompok persendian tubuh manusia (*joint*) sesuai yang kita inginkan. Dengan *command Human Control* ini,

Universitas Indonesia

kita dapat mengubah-ubah letak maupun posisi anggota tubuh dari model manusia virtual yang kita gunakan hingga diperoleh postur yang paling tepat. Sekelompok persendian yang diubah dalam pembentukan postur duduk siswa adalah tangan, pergelangan tangan, kaki, kepala, mata, leher dan batang tubuh. Berbagai persendian ini dapat diubah posisinya sesuai sumbu x, y dan z. Perubahan ini disebut dengan translasi. Selain itu, persendian juga dapat diputar atau disebut rotasi. Namun tidak semua persendian bisa diputar karena *software Jack 6.1* dapat membedakan bagian tubuh atau sendi mana saja dalam tubuh manusia yang dapat diputar secara spesifik dan sesuai keadaan tubuh manusia yang nyata.



Gambar 3.58 Hasil Pembuatan Postur Duduk dengan *Software Jack 6.1*; baris atas : Postur Duduk dengan Meja dan Kursi Usulan; baris bawah : Postur Duduk Aktual

Terdapat pula beberapa bagian tubuh yang dapat dirotasikan dan ditranslasikan. Perubahan-perubahan ini dapat dilakukan dengan bebas sesuai dengan batasan-batasan yang berlaku pada tiap-tiap persendian manusia. Pada gambar 3.55 dapat dilihat hasil pembuatan model postur duduk siswa SD Negeri Anyelir 1 dan Anyelir 2 dengan menggunakan *software Jack 6.1*. Setelah model postur duduk ini dibuat, selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit (TAT)* yang juga terdapat dalam *software Jack 6.1* ini.

Universitas Indonesia

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

Dalam melakukan pengaruh analisis postur duduk terhadap tubuh manusia, khususnya tubuh bagian atas, kita dapat menggunakan beberapa tools yang tersedia dalam *Task Analysis Toolkit* pada *software Jack 6.1*. *Tools* atau metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kinerja model manusia virtual dalam penelitian ini berjumlah empat buah. Keempat tools tersebut adalah sebagai berikut :

1. *Static Strength Prediction (SSP)*
2. *Lower Back Analysis (LBA)*
3. *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*
4. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

Seluruh konfigurasi model manusia virtual yang telah dibuat postur duduknya akan dianalisis menggunakan keempat metode diatas. Output dari hasil analisis menggunakan masing-masing metode adalah berupa sebuah nilai yang kemudian keempat nilai tersebut akan dihitung dengan menggunakan rumus tertentu untuk memperoleh sebuah nilai postur tubuh secara keseluruhan. Nilai postur tubuh ini disebut dengan *Posture Evaluation Index* (PEI). Analisis yang dilakukan dengan menggunakan keempat metode ini dapat menunjukkan postur duduk yang paling besar pengaruhnya terhadap tubuh manusia yang dimodelkan secara virtual. Selanjutnya akan dilakukan perbandingan hasil analisis postur duduk siswa yang menggunakan desain meja dan kursi aktual terhadap hasil analisis postur duduk siswa yang menggunakan desain meja dan kursi usulan. Hipotesa awal dari penulis adalah bahwa hasil analisis postur duduk siswa yang menggunakan desain meja dan kursi usulan akan memberikan nilai PEI yang lebih baik, karena ukuran kursi dan meja tersebut telah disesuaikan dengan ukuran tubuh siswa sehingga dapat mendorong terbentuknya postur duduk siswa yang baik dan benar.

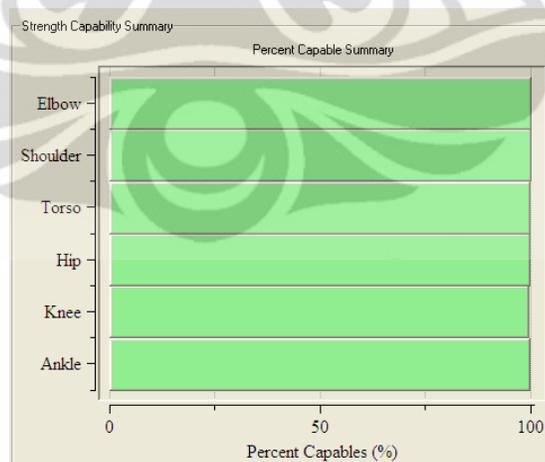
Selain membandingkan antara hasil analisis postur duduk dengan menggunakan desain aktual dan usulan, kemudian hasil analisis postur duduk dengan menggunakan berbagai macam desain usulan yang diberikan juga akan dibandingkan antara satu dengan lainnya. Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa penulis memiliki 3 desain usulan kursi dan 2 desain usulan meja yang

Universitas Indonesia

dikombinasikan kedalam 12 jenis konfigurasi yang berbeda. Masing-masing konfigurasi ini tentunya akan memberikan nilai yang berbeda terhadap postur tubuh masing-masing model manusia secara virtual. Dari keseluruhan konfigurasi ini kemudian akan dicari nilai postur tubuh yang terbaik, yaitu yang menyebabkan beban terkecil pada tubuh siswa. Desain kursi dan meja yang memberikan nilai postur tubuh terbaik ini kemudian akan dijadikan desain usulan utama untuk kursi dan meja sekolah di Kota Depok. Berikut ini merupakan contoh hasil nilai dari keempat metode analisis postur tubuh yang terdapat dalam Task Analysis Toolkit terhadap postur duduk siswa dengan persentil 5 menggunakan desain kursi dan meja aktual 1 (konfigurasi 1A).

3.4.3.1 *Static Strength Prediction (SSP)*

Static Strength Prediction (SSP) digunakan untuk memprediksi persentase populasi pekerja yang dapat melakukan rangkaian kegiatan yang disimulasikan dalam *virtual environment*. Metode ini juga dapat digunakan untuk memvalidasi apakah postur tubuh yang dibentuk tersebut dapat dikerjakan oleh seluruh populasi. Dalam hasil analisis nilai SSP untuk konfigurasi 1A terlihat bahwa postur yang diujikan mampu dilakukan oleh hampir 100% populasi yang memiliki usia, jenis kelamin maupun tinggi badan yang berbeda.



Gambar 3.59 Tampilan Hasil Analisis SSP

3.4.3.2 *Lower Back Analysis (LBA)*

Lower Back Analysis digunakan untuk mengevaluasi besar gaya dan tekanan yang terjadi pada punggung bagian bawah (*lower back*), yaitu bagian

punggung L4 dan L5 (ruas tulang belakang ke 4 dan ke 5) berdasarkan postur dan beban saat melakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil analisis nilai *LBA* untuk konfigurasi 1A, besar gaya yang diterima oleh punggung bagian bawah adalah sebesar 372 N, masih jauh dibawah batas normal beban yang diperbolehkan yaitu 3400 N.



Gambar 3.60 Tampilan Hasil Analisis LBA

3.4.3.3 *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*

Metode *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)* ini digunakan untuk mengetahui tingkat kenyamanan suatu postur kerja serta untuk melihat tingkat kepentingan perlunya dilakukan kegiatan perbaikan. Sistem penilaian dengan OWAS digunakan ketika sistem yang diteliti mudah untuk diamati dan dipelajari. Metode OWAS meninjau postur standar untuk batang tubuh (*trunk*), tangan (*arms*), tubuh bagian bawah (*lower body*) dan leher (*neck*). Dari hasil analisis menggunakan metode OWAS untuk konfigurasi 1A diperoleh kode OWAS 2311 dan nilai OWAS sebesar 3 yang berarti bahwa postur kerja yang dilakukan dapat memberikan tekanan yang membahayakan pada *musculoskeletal system* dan diperlukan perbaikan segera terhadap postur ini. Kode *OWAS* 2311 memiliki arti sebagai berikut :

Angka pertama : 2, tulang belakang berada dalam posisi membungkuk

Angka kedua : 3, kedua tangan berada lebih tinggi atau sejajar dengan bahu

Angka ketiga : 1, posisi kaki berada dalam keadaan duduk

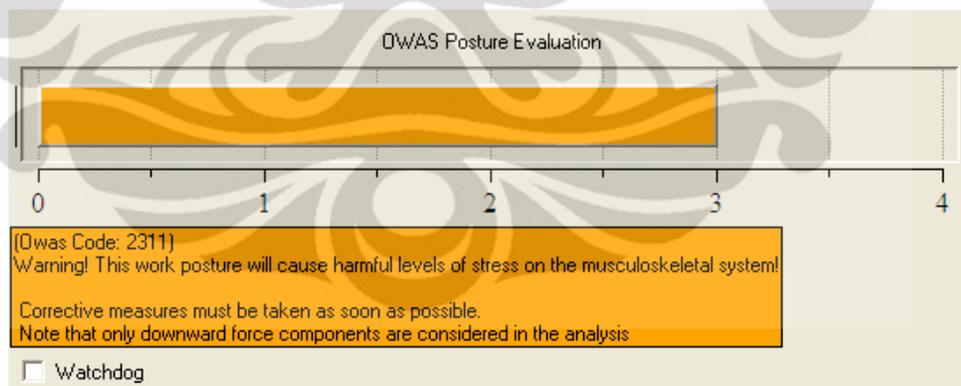
Angka keempat: 1, beban yang diterima adalah lebih kecil atau sama dengan 10 kg

Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan untuk tiap angka yang terdapat pada kombinasi kode *OWAS* :

Tabel 3.18 Penjelasan Kode OWAS

Back:	Arms:	Legs:	Load/Strength:
<ol style="list-style-type: none"> 1. straight 2. bent forward 3. twisted 4. bent and twisted 	<ol style="list-style-type: none"> 1. both below shoulder level 2. one at or above shoulder level 3. both at or above shoulder level 	<ol style="list-style-type: none"> 1. sitting 2. standing with both legs straight 3. standing with one leg straight 4. standing with both legs bent 5. standing with one leg bent 6. kneeling on one or both knees 7. walking 	<ol style="list-style-type: none"> 1. load less than or equal to 10kg 2. load of 10 to 20 kg 3. load greater than 20 kg

Sumber : Jack 6.1 Library, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) Tool: Background*



Gambar 3.61 Tampilan Hasil Analisis OWAS

3.4.3.4 Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

RULA merupakan metode untuk mengevaluasi postur tubuh bagian atas serta untuk mengidentifikasi risiko cedera atau gangguan pada tubuh bagian atas, gerakan repetitif dan gaya yang digunakan untuk suatu pekerjaan tertentu. Setiap

anggota tubuh bagian atas memiliki kontribusi masing-masing terhadap nilai RULA yang dihitung. Nilai-nilai tersebut kemudian akan dijumlahkan untuk menentukan *Grand Score*.

Berikut ini merupakan penjelasan untuk masing-masing level nilai pada tiap anggota tubuh :

- Level 1: postur diterima jika tidak dipelihara atau berulang untuk waktu yang lama
- Level 2: Penyelidikan lebih lanjut diperlukan, mungkin memerlukan perubahan
- Level 3: Dibutuhkan investigasi dan perubahan
- Level 4: Investigasi dan perubahan dibutuhkan segera

<p>Body Group A Posture Rating</p> <p>Upper arm: 4</p> <p>Lower arm: 2</p> <p>Wrist: 2</p> <p>Wrist Twist: 1</p> <p>Total: 4</p> <p>Muscle Use: Normal, no extreme use</p> <p>Force/Load: < 2 kg intermittent load</p> <p>Arms: Supported</p>	<p>Body Group B Posture Rating</p> <p>Neck: 4</p> <p>Trunk: 3</p> <p>Total: 6</p> <p>Muscle Use: Normal, no extreme use</p> <p>Force/Load: < 2 kg intermittent load</p>
<p>Legs and Feet Rating</p> <p>Seated, Legs and feet well supported. Weight even.</p>	
<p>Grand Score: 6</p> <p>Action: Investigation and changes are required soon.</p>	

Gambar 3.62 Tampilan Hasil Analisis RULA

Grand Score menunjukkan sejauh mana pekerja terpapar oleh faktor-faktor risiko diatas dan berdasarkan nilai tersebut juga akan diketahui saran yang perlu dilakukan. Pada gambar diatas, hasil analisis nilai RULA untuk konfigurasi 1A menunjukkan *grand score* sebesar 6. Nilai ini mengindikasikan bahwa postur duduk siswa dengan persentil 5 menggunakan desain aktual meja dan kursi 1 merupakan postur yang membahayakan bagi kesehatan dan dibutuhkan investigasi maupun perbaikan secepatnya terhadap postur tersebut.

3.4.4 Perhitungan *Nilai Posture Evaluation Index* (PEI)

Seperti yang telah dibahas sebelumnya pada sub bab 3.4.3 mengenai Analisis Data menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) bahwa keempat metode yang digunakan untuk menganalisis pengaruh postur duduk terhadap tubuh manusia akan digabungkan kedalam perhitungan untuk memperoleh nilai keseluruhan postur duduk siswa yang disebut nilai *Posture Evaluation Index* (PEI). Nilai PEI ini diperoleh dengan mengkombinasikan tiga nilai yang didapat dari metode *Lower Back Analysis*, *Ovako Working Posture Analysis System* dan *Rapid Upper Limb Assessment*. Namun sebelumnya juga perlu diperhatikan nilai *Static Strength Prediction* dari postur duduk yang diujikan, hal ini untuk memastikan bahwa postur duduk tersebut memang layak untuk dianalisis dengan menggunakan 3 metode lainnya. Untuk memperoleh nilai PEI, ketiga nilai dari metode *Task Analysis Toolkit* yang telah disebutkan sebelumnya dimasukkan kedalam rumus yang terdapat pada bab 2, yaitu :

$$\text{PEI} = (\text{LBA}/3400) + (\text{OWAS}/4) + [1,42 \times (\text{RULA}/7)]$$

Keterangan : 3400 N = batas kekuatan tekanan yang dapat diterima low back

4 = nilai maksimum index OWAS

7 = level maksimum ketidaknyamanan tubuh bagian atas

1,42 = *amplification factor*

Dengan demikian langkah pertama untuk menghitung nilai PEI dari konfigurasi 1A yang dilakukan adalah memastikan persentase populasi pekerja yang memiliki kemampuan dan kekuatan untuk melakukan pekerjaan dengan postur tersebut. Nilai batas minimum yang digunakan sebagai persyaratan bahwa pekerjaan tersebut dapat dilakukan oleh pekerja lain yang memiliki usia, jenis kelamin dan tinggi badan berbeda adalah sebesar 90%, yang berarti postur kerja tersebut dapat dilakukan oleh minimal 90% populasi.

Hasil analisis SSP untuk postur duduk standar (duduk tegak) yang dimiliki oleh software Jack 6.1 (Tabel sekian) menunjukkan bahwa pada bagian kaki dan pergelangan tangan memiliki kapasitas hanya sebesar 81% dan 72%. Hal ini mengindikasikan bahwa selama nilai kapabilitas kaki dan pergelangan kaki berada

diatas nilai tersebut, maka postur dapat dianalisis lebih lanjut dengan tiga metode berikutnya.

Sementara itu, hasil dari analisis SSP untuk konfigurasi 1A dapat dilihat pada tabel 3.19. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa kapabilitas untuk elbow, *shoulder*, *trunk*, *hip*, *knee* dan *ankle* seluruhnya memiliki nilai diatas 90%. Dengan demikian, postur duduk dengan konfigurasi 1A tersebut dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode LBA, OWAS dan RULA.

Tabel 3.19 Tabel Kapabilitas SSP untuk Postur Duduk Standar

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
Elbow		-2	FLEXN	72	18	100	-2	FLEXN	78	19	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-2	ABDUCT	72	18	100	-2	ABDUCT	78	19	100
	Rotation Bk/Fd	-0	--	105	29	100	-0	--	113	31	100
	Humeral Rot	0	--	52	13	100	0	--	56	14	100
	Flex/Ext	5	FLEXN	196	58	100					
Trunk	Lateral Bending	0	--	150	34	100					
	Rotation	0	--	86	23	100					
Hip		1	--	181	50	100	1	--	181	50	100
Knee		111	EXTEN	160	56	81	111	EXTEN	160	56	81
Ankle		112	FLEXN	139	46	72	112	FLEXN	139	46	72

Sumber : Jack Analysis Toolkit

Tabel 3.20 Tabel Kapabilitas SSP untuk Postur Duduk Konfigurasi 1A

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
Elbow		0	--	18	6	100	0	--	21	7	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-1	--	31	8	100	-1	--	31	8	100
	Rotation Bk/Fd	0	--	30	9	100	-0	--	39	13	100
	Humeral Rot	-0	--	15	4	100	-0	--	17	4	100
	Flex/Ext	-6	EXTEN	243	84	100					
Trunk	Lateral Bending	-0	--	90	21	100					
	Rotation	0	--	51	15	100					
Hip		-2	EXTEN	113	43	100	-2	EXTEN	113	43	100
Knee		17	EXTEN	114	40	99	17	EXTEN	114	40	99
Ankle		19	FLEXN	83	23	100	19	FLEXN	83	23	100

Sumber : Jack Analysis Toolkit

Tabel 3.21 Rekapitulasi Nilai LBA, OWAS dan RULA untuk Konfigurasi 1A

Nilai LBA	Nilai OWAS	Nilai RULA	Nilai PEI
372	3	6	2,076555

Dengan memasukkan nilai-nilai dari ketiga metode *Task Analysis Toolkit* pada rumus diatas, maka akan diperoleh nilai PEI dari postur duduk konfigurasi 1A. Berikut ini adalah perhitungan nilai PEI tersebut :

$$\begin{aligned} \text{PEI} &= (372N / 3400N) + 3/4 + (6/7 * 1.42) \\ &= 2,076555 \end{aligned}$$

Hasil nilai PEI dari konfigurasi 1A ini nantinya akan dibandingkan dengan hasil konfigurasi yang menggunakan desain kursi dan meja usulan (konfigurasi 3A hingga 8B) untuk mengevaluasi apakah desain kursi dan meja usulan memberikan hasil yang lebih baik.

BAB 4

ANALISIS

Bab ini memaparkan analisis dari ukuran kursi dan meja aktual yang dibandingkan dengan ukuran kursi dan meja usulan serta hasil pengujian data-data yang telah diolah menjadi berbagai konfigurasi postur duduk yang berbeda-beda pada bab sebelumnya. Konfigurasi postur duduk tersebut dibedakan berdasarkan desain meja dan kursi aktual maupun desain meja dan kursi usulan, hingga pada akhirnya diperoleh 16 macam konfigurasi yang harus dilakukan. Pada bab ini akan dianalisis perbedaan nilai PEI yang diperoleh dari konfigurasi desain aktual dengan konfigurasi desain usulan, maka akan dapat diketahui apakah desain usulan yang diberikan memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan desain meja dan kursi yang ada sekarang. Selain itu, nilai PEI yang diperoleh dari masing-masing hasil konfigurasi desain usulan pun akan dibandingkan satu dengan yang lain hingga memperoleh nilai PEI yang terbaik.

4.1 Analisis Ukuran Kursi dan Meja Aktual

Seperti telah dibahas pada bab sebelumnya bahwa penulis menemukan ketidaksesuaian antara ukuran meja dan kursi yang digunakan dengan ukuran tubuh anak, maka dari itu diperlukan perbaikan untuk ukuran kursi dan meja agar ergonomis untuk digunakan oleh siswa. Ukuran meja dan kursi usulan yang dihitung berdasarkan data antropometri siswa telah dibahas pada bab sebelumnya, pada bagian ini kita akan menganalisis ketidaksesuaian dari masing-masing variabel kursi dan meja aktual dibandingkan dengan ukuran kursi dan meja usulan.

Tabel 4.1 Perbandingan Ukuran Kursi Aktual dengan Desain Kursi Usulan (cm)

Kursi	Desain 1	Desain 2	Min	Max	Desain usulan	Keterangan
Tinggi dudukan	44	46	27,7	34,9	34,9	Terlalu tinggi
Tinggi sandaran	37	35	26,6	35,5	35	Desain 1 terlalu tinggi
Lebar kursi	39	40	28,6	33,8	33,8	Terlalu lebar

Tabel 4.1 Perbandingan Ukuran Kursi Aktual dengan Desain Kursi Usulan (cm)
(lanjutan)

Kedalaman kursi	30	34,5	26,4	32,67	32,5	Desain 2 terlalu besar
Sudut dudukan kursi	0	0	5°	-	5°	Tidak sesuai
Sudut sandaran kursi	90	90	100°	110°	100°-110°	Tidak sesuai

Tabel 4.2 Perbandingan Ukuran Meja Aktual dengan Desain Meja Usulan (cm)

Meja	Desain 1	Desain 2	Min	Max	Desain usulan	Keterangan
Tinggi meja	82	82	50,2	58,3	58	Terlalu tinggi
Tinggi sandaran kaki	15	14	4	13,8	65	Desain 1 terlalu tinggi
Lebar sandaran kaki	6	7	23,3	24,3	24,3	Terlalu sempit
Tinggi lantai-laci meja	70	70	44,5	54,3	48	Terlalu besar
Kemiringan permukaan	0	0	10°	20°	10°-20°	Tidak sesuai

Dari tabel diatas yang menunjukkan perbandingan ukuran desain kursi dan meja aktual dengan ukuran minimum dan maksimum pada tiap variabel, dapat kita lihat bahwa hampir seluruh ukuran kursi dan meja aktual yang sekarang digunakan oleh siswa SD di Depok memiliki ukuran yang tidak ergonomis. Sebagian besar ukuran pada masing-masing variabel jauh lebih kecil atau lebih besar daripada ukuran minimal maupun maksimal yang seharusnya. Hal ini tentunya akan berpengaruh terhadap buruknya postur duduk yang dibentuk oleh anak. Selanjutnya kita akan menganalisis postur duduk untuk 4 konfigurasi aktual yang dibuat untuk melihat sejauh apa kesalahan desain ini berpengaruh pada kesehatan muskuloskeletal siswa.

4.2 Analisis Postur Duduk dengan Desain Aktual

Pada bagian ini kita akan melihat kondisi ergonomi dari setiap postur duduk siswa menggunakan desain meja dan kursi aktual yang diujikan melalui konfigurasi yang ditentukan. Postur duduk aktual ini diperoleh dari hasil

pengamatan postur duduk dan pengukuran secara langsung terhadap meja dan kursi yang digunakan di dua SD Negeri di Depok. Hasil dari analisis postur duduk aktual ini nantinya akan dibandingkan dengan postur duduk yang telah menggunakan desain kursi dan meja usulan. Hal ini dilakukan untuk melihat perbedaan antara kondisi ergonomi postur duduk aktual dengan kondisi ergonomi postur duduk yang telah menggunakan desain kursi dan meja usulan.

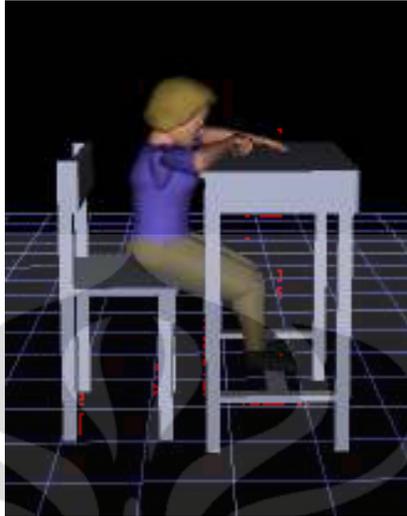
4.2.1 Analisis Persentil 5 dengan Desain Meja 1 dan Kursi 1 (Konfigurasi 1A)

Dalam konfigurasi ini, objek yang dianalisis adalah siswa dengan persentil 5. Sesuai data antropometri yang telah diperoleh, persentil 5 memiliki kriteria seperti berikut :

Tabel 4.3 Rekapitulasi Data Antropometri Siswa dengan Persentil 5 (cm)

Dimensi	TB	TP	TL	TPop	PB	LB	PLA	PLB	PT	TBd
Pers 5	35,31	11,2	30,4	24,92	26,71	20,82	18,11	15,7	16,5	110,14

Sementara itu, kursi dan meja yang digunakan sebagai *virtual environment* dalam konfigurasi ini merupakan desain meja 1 dan kursi 1 yang digunakan di salah satu SD Negeri di Depok tanpa perubahan ataupun modifikasi sedikitpun. Pada konfigurasi ini, postur duduk yang dibentuk secara virtual juga disesuaikan dengan hasil pengamatan penulis terhadap postur duduk siswa yang ditemukan pada kenyataan agar mendekati postur aslinya, dengan demikian hasil yang diperoleh diharapkan bisa secara tepat merepresentasikan keadaan nyata.



Gambar 4.1 Model Manusia Virtual Konfigurasi 1A

Pada tahap awal analisis konfigurasi 1A ini, akan dilakukan analisa terhadap *Static Strength Prediction*. Dalam analisis awal ini kita akan menetapkan batasan ataupun persentase kapabilitas minimal untuk memastikan bahwa postur duduk siswa yang dibentuk dalam konfigurasi ini dapat dilakukan oleh populasi siswa lainnya dengan usia maupun ukuran-ukuran antropometri lainnya yang berbeda. Apabila sebuah konfigurasi tidak memenuhi batasan tersebut, maka konfigurasi tersebut tidak akan dapat dianalisis lebih lanjut karena secara teori postur duduk yang dibentuk tidak mungkin dilakukan oleh populasi siswa lainnya. Untuk konfigurasi postur duduk, hasil SSP menunjukkan persentase kapabilitas minimal sebesar 90% untuk mayoritas anggota tubuh, yang berarti postur tersebut akan dapat dilakukan oleh minimal 90% populasi. Hasil analisis SSP untuk postur duduk standar yang dimiliki oleh *software Jack* (Tabel 4.4) menunjukkan bahwa hasil pada bagian kaki dan pergelangan kaki memiliki kapasitas hanya sebesar 81% dan 72%. Hal ini mengindikasikan bahwa selama nilai kapabilitas kaki dan pergelangan kaki berada diatas nilai tersebut, maka postur dapat dianalisis lebih lanjut dengan tiga metode berikutnya.

Tabel 4.4 *Capability Summary Chart* Postur Duduk Standar

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
Elbow		-2	FLEXN	72	18	100	-2	FLEXN	78	19	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-2	ABDUCT	72	18	100	-2	ABDUCT	78	19	100
	Rotation Bk/Fd	-0	--	105	29	100	-0	--	113	31	100
	Humeral Rot	0	--	52	13	100	0	--	56	14	100
Trunk	Flex/Ext	5	FLEXN	196	58	100					
	Lateral Bending	0	--	150	34	100					
	Rotation	0	--	86	23	100					
Hip		1	--	181	50	100	1	--	181	50	100
Knee		111	EXTEN	160	56	81	111	EXTEN	160	56	81
Ankle		112	FLEXN	139	46	72	112	FLEXN	139	46	72

Sumber : Jack Analysis Toolkit

Sementara itu, hasil dari analisis SSP untuk konfigurasi 1A dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa kapabilitas untuk *elbow, shoulder, trunk, hip, knee* dan *ankle* seluruhnya memiliki nilai diatas 90%. Dengan demikian, postur duduk dengan konfigurasi 1A tersebut dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode LBA, OWAS dan RULA.

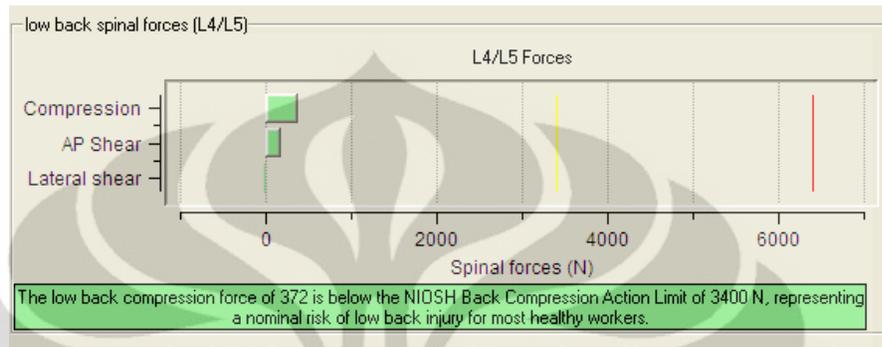
Tabel 4.5 *Capability Summary Chart* Konfigurasi 1A

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
Elbow		0	--	18	6	100	0	--	21	7	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-1	--	31	8	100	-1	--	31	8	100
	Rotation Bk/Fd	0	--	30	9	100	-0	--	39	13	100
	Humeral Rot	-0	--	15	4	100	-0	--	17	4	100
Trunk	Flex/Ext	-6	EXTEN	243	84	100					
	Lateral Bending	-0	--	90	21	100					
	Rotation	0	--	51	15	100					
Hip		-2	EXTEN	113	43	100	-2	EXTEN	113	43	100
Knee		17	EXTEN	114	40	99	17	EXTEN	114	40	99
Ankle		19	FLEXN	83	23	100	19	FLEXN	83	23	100

Sumber : Jack Analysis Toolkit

Universitas Indonesia

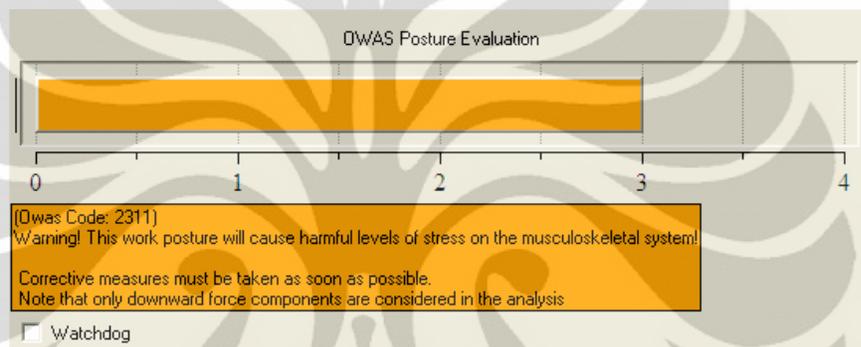
Setelah selesai dengan analisis SSP, selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode *Lower Back Analysis* (LBA) yang memberikan hasil seperti dibawah ini.



Gambar 4.2 Grafik LBA Konfigurasi 1A

Berdasarkan *software Jack 6.1*, postur duduk pada konfigurasi 1A ini memberikan nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah sebesar 372 Newton (Gambar 4.2). Nilai tekanan ini terbentuk dari postur duduk siswa dengan tulang belakang yang agak membungkuk. Seperti dapat dilihat pada gambar 4.1 juga bahwa siswa harus mendorong tubuhnya ke bagian depan kursi agar dapat menjangkau meja untuk melakukan kegiatan menulis sehingga punggung siswa berada dalam keadaan tidak ditopang oleh sandaran punggung. Karakteristik meja yang terlalu tinggi memaksa siswa untuk mengangkat tangannya dengan tinggi bisa mencapai permukaan meja tersebut. Postur duduk dimana tubuh didorong ke arah depan seperti ini menyebabkan sebagian besar berat tubuh siswa terkonsentrasi ke bagian depan dan akan ditumpu oleh tangan yang berada diatas meja sehingga tekanan pada tulang belakang, khususnya pada bagian ruas L4 dan L5 tidak terlalu besar. Selain itu siswa juga tidak membawa beban berat yang bisa menyebabkan tekanan yang besar pada tulang belakang. Nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah yang sebesar 372 Newton ini masih berada jauh dibawah batasan nilai beban aman yang dapat diterima oleh ruas-ruas tulang belakang yang ditetapkan oleh NIOSH, yaitu sebesar 3400 Newton.

Selanjutnya perhitungan postur duduk pada konfigurasi 1A ini memberikan nilai *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) sebesar 3. Nilai ini mengindikasikan bahwa postur duduk yang dialami dapat memberikan tekanan yang membahayakan bagi *musculoskeletal system* dan diperlukan perbaikan segera untuk memperbaiki postur duduk ini. Menurut hasil yang diperoleh, kode OWAS untuk postur ini adalah 2311. Kode ini merupakan hasil penilaian postur pada 4 variabel yaitu punggung, tangan, kaki dan beban yang dialami.



Gambar 4.3 Grafik OWAS Konfigurasi 1A

Berikut ini adalah penjelasan mengenai kode OWAS 2311 untuk konfigurasi 1A :

1. Angka pertama yaitu 2, berarti tulang belakang berada dalam posisi membungkuk
2. Angka kedua yaitu 3, berarti kedua tangan berada lebih tinggi atau sejajar dengan bahu. Berdasarkan pengamatan penulis, saat siswa melakukan kegiatan menulis maka mereka akan mengangkat kedua tangannya dengan tinggi hingga sejajar ataupun bahkan lebih tinggi dengan bahu mereka. Hal ini diakibatkan oleh meja yang terlalu tinggi sehingga mengharuskan siswa mengangkat tangannya dengan tinggi untuk sampai ke permukaan meja agar bisa menulis dan menopang berat badan mereka yang terkonsentrasi ke bagian depan.
3. Angka ketiga yaitu 1, berarti posisi kaki berada dalam keadaan duduk
4. Angka keempat yaitu 1, berarti beban yang diterima oleh siswa adalah lebih kecil atau sama dengan 10 kg. Dalam hal ini, beban yang diterima oleh siswa hanyalah berupa pensil ataupun pulpen yang beratnya sangat ringan.

Body Group A Posture Rating Upper arm: 4 Lower arm: 2 Wrist: 2 Wrist Twist: 1 Total: 4 Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: < 2 kg intermittent load Arms: Supported		Body Group B Posture Rating Neck: 4 Trunk: 3 Total: 6 Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: < 2 kg intermittent load	
Legs and Feet Rating Seated, Legs and feet well supported. Weight even.			
Grand Score: 6 Action: Investigation and changes are required soon.			

Gambar 4.4 Nilai RULA Konfigurasi 1A

Hasil perhitungan analisis menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) terhadap postur duduk untuk konfigurasi 1A dengan kaki tertumpu pada sandaran kaki dan tangan yang tertumpu pada meja memberikan *grand score* sebesar 6 seperti dapat dilihat pada gambar 4.4 diatas. Nilai ini merupakan hasil dari perhitungan dua kelompok anggota tubuh, yaitu kelompok A dan kelompok B. Kelompok A yang berada pada kolom sebelah kiri terdiri dari lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Sementara kelompok B yang berada pada kolom sebelah kiri terdiri dari leher, punggung dan kaki. Kelompok bagian tubuh A menghasilkan nilai masing-masing 4 untuk lengan atas, 2 untuk lengan bawah, 2 untuk pergelangan tangan dan 1 untuk perputaran pergelangan tangan. Hal ini mengindikasikan bahwa posisi lengan atas harus segera diperbaiki karena pada postur duduk ini bagian lengan atas siswa mengangkat dengan cukup tinggi dan memiliki posisi kedepan dalam interval 45 hingga 90 derajat untuk melakukan kegiatan menulis diatas meja yang berada didepannya. Masing-masing nilai sebesar 2 untuk lengan bawah dan pergelangan tangan menunjukkan bahwa kedua anggota tubuh ini masih berada pada posisi yang normal walaupun mungkin diperlukan perubahan. Perputaran pergelangan tangan yang memiliki nilai sebesar 1 mengindikasikan bahwa pergelangan tangan tidak mengalami perputaran dan berada pada kondisi normal, tidak membengkok.

Universitas Indonesia

Sedangkan untuk kelompok bagian tubuh B, nilai yang diperoleh adalah 4 untuk leher dan 3 untuk batang tubuh. Hal ini dikarenakan tubuh siswa yang pendek menyebabkan leher harus mendongak sekitar 6 derajat dari posisi normalnya untuk dapat melihat ke arah meja dengan baik. Lalu untuk bagian batang tubuh memiliki nilai 4 yang diakibatkan oleh tubuh siswa yang miring kearah depan sekitar 24 derajat untuk mendekati meja. Pada akhirnya hasil kalkulasi dari kedua bagian anggota tubuh ini memberikan *grand score* sebesar 6 yang berarti investigasi dan perbaikan terhadap postur kerja ini harus segera dilakukan.

Pada langkah terakhir dilakukan kalkulasi untuk memperoleh nilai *Posture Evaluation Index* (PEI) berdasarkan nilai LBA, OWAS dan RULA yang telah diperoleh. Berdasarkan rumus 2.1 yang terdapat pada bab 2, nilai PEI untuk konfigurasi 1A ini adalah sebesar 2,076555.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 1A

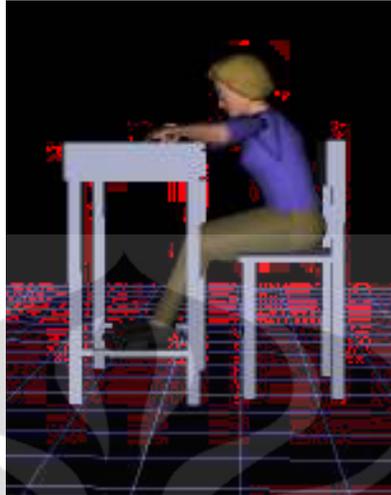
Nilai LBA	Nilai OWAS	Nilai RULA	Nilai PEI
372	3	6	2,076555

4.2.2 Analisis Persentil 95 dengan Desain Meja 1 dan Kursi 1 (Konfigurasi 1B)

Dalam konfigurasi ini, objek yang dianalisis adalah siswa dengan persentil 95, sedangkan kursi dan meja yang digunakan sebagai *virtual environment* dalam konfigurasi ini masih merupakan desain meja 1 dan kursi 1 Sesuai data antropometri yang diperoleh, persentil 95 memiliki kriteria berikut ini :

Tabel 4.7 Rekapitulasi Data Antropometri Siswa dengan Persentil 95

Dimensi	TB	TP	TL	TPop	PB	LB	PLA	PLB	PT	TBd
pers 95	44,3	16,8	40,49	33,59	39,56	26	25,08	21,47	22,27	131,97



Gambar 4.5 Model Manusia Virtual Konfigurasi 1B

Seperti analisis konfigurasi sebelumnya, tahap awal analisis konfigurasi 1B ini, akan dimulai dengan analisa terhadap *Static Strength Prediction*. Hasil dari analisis SSP untuk konfigurasi 1B dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa kapabilitas untuk *elbow, shoulder, trunk, hip, knee* dan *ankle* seluruhnya memiliki nilai diatas 90%. Dengan demikian, postur duduk dengan konfigurasi 1B tersebut dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode LBA, OWAS dan RULA.

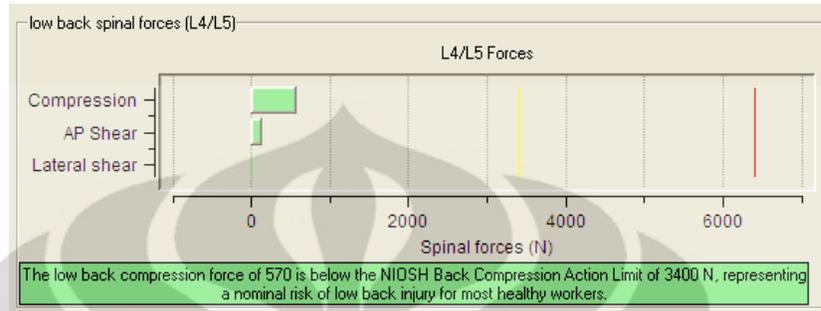
Tabel 4.8 *Capability Summary Chart* Konfigurasi 1B

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	-1	--	35	9	100	-1	--	36	10	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-1	ABDUCT	31	8	100	-2	ABDUCT	39	10	100
	Rotation Bk/Fd	-0	--	41	14	100	-1	--	45	15	100
	Humeral Rot	-1	--	17	4	100	-0	--	29	8	100
Trunk	Flex/Ext	-23	EXTEN	281	97	100					
	Lateral Bending	-1	RIGHT	169	38	100					
	Rotation	-0	--	57	17	100					
	Hip	-7	EXTEN	122	46	99	-7	EXTEN	122	46	99
	Knee	33	EXTEN	114	40	98	33	EXTEN	114	40	98
	Ankle	44	FLEXN	99	27	98	44	FLEXN	99	27	98

Sumber : Jack Analysis Toolkit

Universitas Indonesia

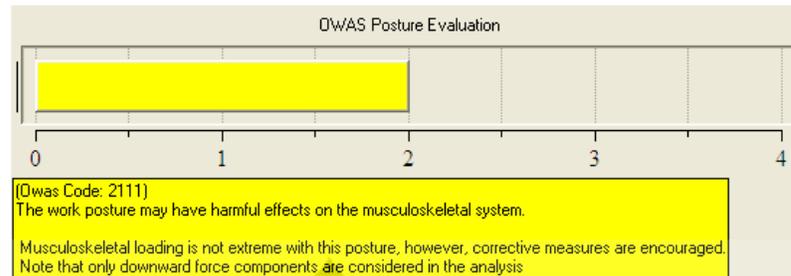
Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan metode *Lower Back Analysis* (LBA) yang memberikan hasil seperti dibawah ini.



Gambar 4.6 Grafik LBA Konfigurasi 1B

Berdasarkan *software Jack 6.1*, postur duduk pada konfigurasi 1B ini memberikan nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah sebesar 570 Newton (Gambar 4.6). Nilai tekanan ini terbentuk dari postur duduk siswa dengan tulang belakang yang agak membungkuk. Pada konfigurasi 1B ini siswa tidak perlu mendorong tubuhnya ke bagian depan kursi untuk dapat menjangkau meja sehingga berat badan siswa sebagian besar ditumpu pada bagian bokong dan tulang belakang. Ditambah lagi posisi punggung yang tidak menyeder akan menyebabkan beban yang ditumpu oleh tulang belakang, khususnya pada ruas L4 dan L5 menjadi lebih besar. Sama pada konfigurasi sebelumnya, pada konfigurasi ini siswa juga membawa beban berat yang bisa menyebabkan tekanan yang besar pada tulang belakang. Nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah yang sebesar 570 Newton ini masih berada jauh dibawah batasan nilai beban aman yang dapat diterima oleh ruas-ruas tulang belakang yang ditetapkan oleh NIOSH, yaitu sebesar 3400 Newton.

Nilai OWAS pada perhitungan postur duduk konfigurasi 1B ini memberikan nilai sebesar 2. Nilai ini mengindikasikan bahwa postur duduk yang dialami bisa memberikan efek yang buruk pada *musculoskeletal system*. Kode OWAS yang diperoleh untuk postur ini adalah 2111. Kode ini merupakan hasil penilaian postur pada 4 variabel yaitu punggung, tangan, kaki dan beban yang dialami.



Gambar 4.7 Grafik OWAS Konfigurasi 1B

Berikut ini adalah penjelasan mengenai kode OWAS 2111 untuk konfigurasi 1B :

1. Angka pertama yaitu 2, berarti tulang belakang berada dalam posisi membungkuk
2. Angka kedua yaitu 1, berarti kedua tangan berada lebih rendah dari bahu. Pada konfigurasi 1 B ini, walaupun menggunakan meja yang sama dengan konfigurasi 1A, namun siswa dengan persentil 95 ini memiliki tubuh yang lebih tinggi sehingga mereka tidak perlu mengangkat tangannya dengan tinggi untuk menulis pada permukaan meja.
3. Angka ketiga yaitu 1, berarti posisi kaki berada dalam keadaan duduk
4. Angka keempat yaitu 1, berarti beban yang diterima oleh siswa adalah lebih kecil atau sama dengan 10 kg. Sama seperti konfigurasi 1A, beban yang diterima oleh siswa hanyalah berupa pensil ataupun pulpen pada salah satu tangannya.

Body Group A Posture Rating		Body Group B Posture Rating	
Upper arm:	3	Neck:	1
Lower arm:	2	Trunk:	3
Wrist:	2	Total:	3
Wrist Twist:	1	Muscle Use:	Normal, no extreme use
Total:	4	Force/Load:	< 2 kg intermittent load
Muscle Use:	Normal, no extreme use	Arms:	Supported
Force/Load:	< 2 kg intermittent load		
Arms:	Supported		
Legs and Feet Rating			
Seated, Legs and feet well supported. Weight even.			
Grand Score: 3			
Action: Further investigation needed. Changes may be required.			

Gambar 4.8 Nilai RULA Konfigurasi 1B

Hasil perhitungan analisis menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) terhadap postur duduk untuk konfigurasi 1B memberikan *grand score* sebesar 3. Postur duduk pada konfigurasi 1B ini juga memiliki karakteristik kaki tertumpu pada sandaran kaki dan tangan yang tertumpu pada meja seperti dapat dilihat pada gambar 4.8 diatas. Kelompok bagian tubuh A menghasilkan nilai masing-masing 3 untuk lengan atas, 2 untuk lengan bawah, 2 untuk pergelangan tangan dan 1 untuk perputaran pergelangan tangan. Masing-masing skor 2 untuk lengan bawah dan pergelangan tangan menunjukkan bahwa kedua anggota tubuh ini masih berada pada posisi yang normal walaupun mungkin diperlukan perubahan. Skor 1 untuk perputaran pergelangan tangan menunjukkan pergelangan tangan tidak mengalami perputaran dan berada pada kondisi normal, tidak membengkok.

Sementara itu, nilai yang diperoleh untuk kelompok bagian tubuh B adalah 1 untuk leher dan 3 untuk batang tubuh. Pada postur ini, leher siswa berada pada keadaan normal, tidak terlalu menunduk maupun mendongak. Nilai 3 untuk bagian batang tubuh diakibatkan oleh tubuh siswa yang miring kearah depan sekitar 24 derajat untuk mendekati meja. Pada akhirnya hasil kalkulasi dari kedua bagian anggota tubuh ini memberikan *grand score* sebesar 3 yang berarti dibutuhkan investigasi lebih lanjut dan memungkinkan perlu adanya perubahan terhadap postur ini

Nilai LBA, OWAS dan RULA yang tersebut selanjutnya dikalkulasi menggunakan rumus 2.1 untuk memperoleh nilai *Posture Evaluation Index* (PEI). Nilai PEI untuk konfigurasi 1B ini adalah sebesar 1,276218.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 1B

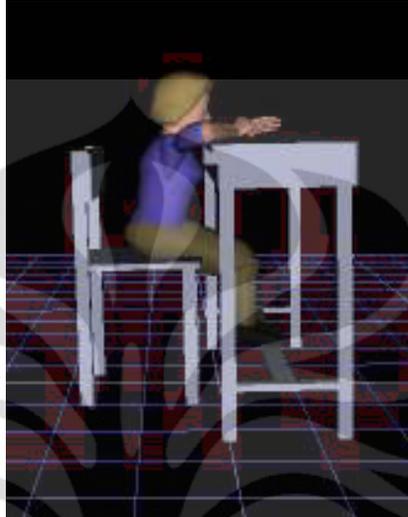
Nilai LBA	Nilai OWAS	Nilai RULA	Nilai PEI
570	2	3	1,276218

4.2.3 Analisis Persentil 5 dengan Desain Meja 2 dan Kursi 2 (Konfigurasi 2A)

Dalam konfigurasi ini, objek yang dianalisis adalah siswa dengan persentil 5 dengan desain meja 2 dan kursi 2 sebagai *virtual environment*. Desain meja 2

Universitas Indonesia

dan kursi 2 ini merupakan tipe ke-2 dari kursi dan meja yang banyak digunakan di SD Negeri di Kota Depok.



Gambar 4.9 Model Manusia Virtual Konfigurasi 2A

Tahap awal analisis konfigurasi 2A ini dimulai dengan analisa terhadap *Static Strength Prediction* untuk melihat kapabilitas postur duduk ini dilakukan oleh populasi yang diwakili.

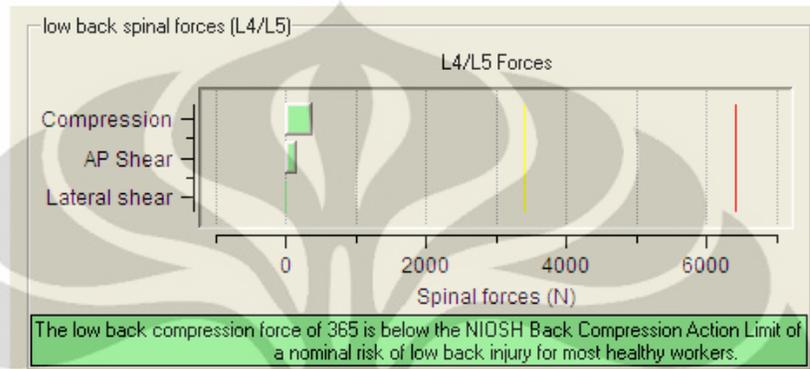
Tabel 4.10 *Capability Summary Chart* Konfigurasi 2A

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	0	--	18	6	100	0	--	21	7	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-1	--	30	8	100	-1	--	30	8	100
	Rotation Bk/Fd	0	--	29	9	100	0	--	32	10	100
	Humeral Rot	-0	--	13	3	100	-0	--	15	4	100
Trunk	Flex/Ext	-3	EXTEN	247	85	100					
	Lateral Bending	-0	--	75	17	100					
	Rotation	0	--	50	15	100					
	Hip	-1	EXTEN	113	43	100	-1	EXTEN	113	43	100
	Knee	19	EXTEN	113	39	99	19	EXTEN	113	39	99
	Ankle	20	FLEXN	83	23	100	20	FLEXN	83	23	100

Sumber : Jack Analysis Toolkit

Universitas Indonesia

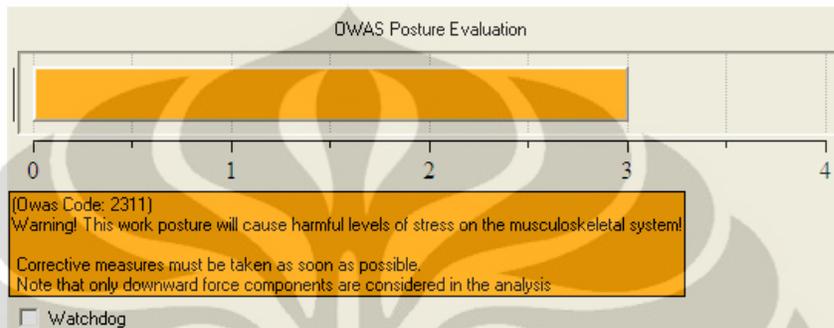
Hasil dari analisis SSP untuk konfigurasi 2A dapat dilihat pada tabel diatas. Pada tabel tersebut kapabilitas untuk *elbow*, *shoulder*, *trunk*, *hip*, *knee* dan *ankle* seluruhnya memiliki nilai diatas 90%. Dengan demikian, postur duduk ini dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode LBA, OWAS dan RULA.



Gambar 4.10 Grafik LBA Konfigurasi 2A

Hasil analisis dengan metode LBA memberikan nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah sebesar 365 Newton (Gambar 4.10). Nilai tekanan ini tidak berbeda jauh dengan nilai tekanan untuk konfigurasi 1A yaitu sebesar 372 Newton. Hal ini mengindikasikan bahwa postur duduk antara kedua konfigurasi ini juga tidak terlalu jauh berbeda. Pada postur duduk konfigurasi 2A ini, tulang punggung siswa juga terlihat sedikit membungkuk. Pada konfigurasi 1B ini siswa tidak perlu mendorong tubuhnya ke bagian depan kursi untuk dapat menjangkau meja sehingga berat badan siswa sebagian besar ditumpu pada bagian bokong dan tulang belakang. Ditambah lagi posisi punggung yang tidak menyender akan menyebabkan beban yang ditumpu oleh tulang belakang, khususnya pada ruas L4 dan L5 menjadi lebih besar. Sama pada konfigurasi sebelumnya, pada konfigurasi ini siswa juga membawa beban berat yang bisa menyebabkan tekanan yang besar pada tulang belakang. Nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah yang sebesar 570 Newton ini masih berada jauh dibawah batasan nilai beban aman yang dapat diterima oleh ruas-ruas tulang belakang yang ditetapkan oleh NIOSH, yaitu sebesar 3400 Newton.

Nilai OWAS pada perhitungan postur duduk konfigurasi 2A ini memberikan nilai sebesar 3 yang mengindikasikan bahwa postur duduk yang dialami bisa memberikan efek buruk pada *musculoskeletal system*. Menurut hasil yang diperoleh, kode OWAS untuk postur ini adalah 2311.



Gambar 4.11 Grafik OWAS Konfigurasi 2A

Penjelasan mengenai kode OWAS 2311 untuk konfigurasi 2A adalah sama dengan yang telah dijelaskan pada hasil analisis konfigurasi 1A, yaitu:

1. Angka pertama yaitu 2, berarti tulang belakang berada dalam posisi membungkuk
2. Angka kedua yaitu 3, berarti kedua tangan berada lebih tinggi dari bahu. Sama seperti desain meja 1, desain meja yang ke-2 ini juga terlalu tinggi sehingga mengharuskan siswa untuk mengangkat kedua tangannya dengan tinggi untuk bisa mencapai permukaan meja.
3. Angka ketiga yaitu 1, berarti posisi kaki berada dalam keadaan duduk
4. Angka keempat yaitu 1, berarti beban yang diterima oleh siswa adalah lebih kecil atau sama dengan 10 kg, yaitu hanya berupa pulpen atau pensil.

Body Group A Posture Rating Upper arm: 4 Lower arm: 2 Wrist: 2 Wrist Twist: 1 Total: 4 Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: < 2 kg intermittent load Arms: Supported		Body Group B Posture Rating Neck: 4 Trunk: 3 Total: 6 Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: < 2 kg intermittent load	
Legs and Feet Rating Seated, Legs and feet well supported. Weight even.			
Grand Score: 6 Action: Investigation and changes are required soon.			

Gambar 4.12 Nilai RULA Konfigurasi 2A

Nilai grand score pada hasil perhitungan analisis menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) terhadap postur duduk dengan kaki dan tangan bertumpu untuk konfigurasi 2A adalah sebesar 6. Kelompok bagian tubuh A menghasilkan nilai 4 untuk lengan atas, 2 untuk lengan bawah, 2 untuk pergelangan tangan dan 1 untuk perputaran pergelangan tangan, sama persis seperti hasil untuk konfigurasi 1A. Dengan demikian posisi lengan atas harus segera diperbaiki karena bagian lengan atas terangkat cukup tinggi dan memiliki posisi kedepan dalam interval 45 hingga 90 derajat untuk menulis diatas meja. Nilai sebesar 2 untuk lengan bawah dan pergelangan tangan menunjukkan bahwa kedua anggota tubuh ini masih berada pada posisi yang normal walaupun tidak menutup kemungkinan diperlukannya perubahan. Nilai sebesar 1 untuk perputaran pergelangan tangan menunjukkan bahwa pergelangan tangan tidak mengalami perputaran dan berada pada kondisi normal, tidak membengkok.

Pada kelompok bagian tubuh B, nilai yang diperoleh yaitu sebesar 4 untuk leher dan 3 untuk batang tubuh. Sama seperti hasil konfigurasi 1A, pada konfigurasi 2A leher siswa harus mendongak sekitar 7 derajat dari posisi normalnya untuk dapat melihat ke permukaan meja dengan baik. Sedangkan, bagian batang tubuh miring kearah depan sekitar 24 derajat untuk mendekati meja, sehingga menghasilkan nilai 4. Hasil kalkulasi dari kedua bagian anggota

tubuh ini memberikan *grand score* sebesar 6 yang mengindikasikan bahwa investigasi dan perbaikan terhadap postur kerja ini harus segera dilakukan.

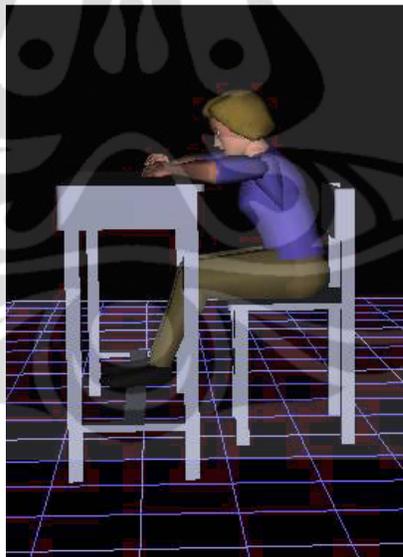
Nilai LBA, OWAS dan RULA yang tersebut selanjutnya dikalkulasi untuk memperoleh nilai *Posture Evaluation Index* (PEI). Berdasarkan rumus 2.1 pada bab 2, nilai PEI untuk konfigurasi 2A ini adalah sebesar 2,074496.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 2A

Nilai LBA	Nilai OWAS	Nilai RULA	Nilai PEI
365	3	6	2,074496

4.2.4 Analisis Persentil 95 dengan Desain Meja 2 dan Kursi 2 (Konfigurasi 2B)

Dalam konfigurasi ini, objek yang dianalisis adalah siswa dengan persentil 95, dengan *virtual environment* merupakan desain meja 2 dan kursi 2 tanpa perubahan ataupun modifikasi sedikitpun.



Gambar 4.13 Model Manusia Virtual Konfigurasi 2B

Hasil dari analisis SSP untuk konfigurasi 2B menunjukkan bahwa kapabilitas untuk *elbow*, *shoulder*, *trunk*, *hip*, *knee* dan *ankle* seluruhnya memiliki

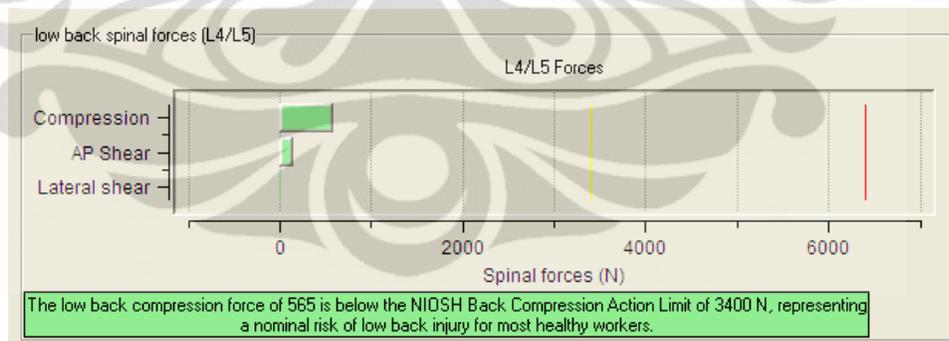
nilai diatas 90%. Dengan demikian, postur duduk ini dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode LBA, OWAS dan RULA.

Tabel 4.12 *Capability Summary Chart* Konfigurasi 2B

		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	-0	--	33	9	100	-0	--	35	9	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-2	ABDUCT	29	8	100	-2	ABDUCT	32	8	100
	Rotation Bk/Fd	0	--	29	9	100	0	--	31	10	100
	Humeral Rot	-1	--	16	4	100	-1	--	17	4	100
Trunk	Flex/Ext	-23	EXTEN	296	102	100					
	Lateral Bending	0	--	178	44	100					
	Rotation	0	--	57	17	100					
	Hip	0	--	90	30	100	0	--	90	30	100
	Knee	0	--	114	39	100	0	--	114	39	100
	Ankle	0	--	66	18	100	0	--	66	18	100

Sumber : Jack Analysis Toolkit

Analisis yang selanjutnya dilakukan adalah analisis dengan menggunakan metode *Lower Back Analysis* (LBA) yang memberikan hasil seperti gambar dibawah ini.



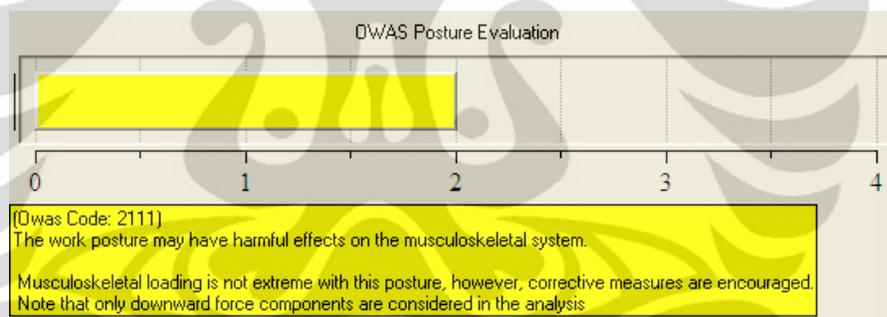
Gambar 4.14 Grafik LBA Konfigurasi 2B

Postur duduk pada konfigurasi 2B ini memberikan nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah sebesar 565 Newton, tidak berbeda jauh dengan nilai LBA untuk konfigurasi 1B. Pada konfigurasi 2B ini postur duduk siswa memiliki karakteristik tulang belakang yang agak membungkuk dan tidak

Universitas Indonesia

menyender. Sama seperti konfigurasi 1B, berat badan siswa sebagian besar ditumpu pada bagian bokong dan tulang belakang. Seperti 3 konfigurasi sebelumnya, pada konfigurasi ini juga tidak terdapat beban berat yang bisa menyebabkan tekanan yang besar pada tulang belakang. Nilai tekanan kompresi pada tulang belakang bagian bawah yang sebesar 565 Newton ini masih jauh dibawah batasan yang ditetapkan oleh NIOSH mengenai nilai beban aman yang dapat diterima oleh ruas-ruas tulang belakang, yaitu sebesar 3400 Newton.

Nilai OWAS pada perhitungan postur duduk konfigurasi 1B ini memberikan nilai sebesar 2, yang mengindikasikan postur duduk yang dialami kemungkinan bisa memberikan efek yang buruk pada *musculoskeletal system*. Sedangkan, kode OWAS yang muncul untuk postur ini adalah 2111. Kode ini merupakan hasil penilaian postur pada 4 variabel yaitu punggung, tangan, kaki dan beban yang dialami.



Gambar 4.15 Grafik OWAS Konfigurasi 2B

Berikut ini adalah penjelasan mengenai kode OWAS 2111 untuk konfigurasi 2B :

1. Angka pertama yaitu 2, berarti tulang belakang berada dalam posisi membungkuk
2. Angka kedua yaitu 1, berarti kedua tangan berada lebih rendah dari bahu. Pada konfigurasi 2B ini, walaupun menggunakan meja yang sama dengan konfigurasi 2A, karena siswa dengan persentil 95 memiliki tubuh yang lebih tinggi maka mereka tidak perlu mengangkat tangannya dengan tinggi untuk dapat menulis pada permukaan meja.
3. Angka ketiga yaitu 1, berarti posisi kaki berada dalam keadaan duduk

4. Angka keempat yaitu 1, berarti beban yang diterima oleh siswa adalah lebih kecil atau sama dengan 10 kg.

Body Group A Posture Rating Upper arm: 3 Lower arm: 2 Wrist: 2 Wrist Twist: 1 Total: 4 Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: < 2 kg intermittent load Arms: Supported	Body Group B Posture Rating Neck: 1 Trunk: 3 Total: 3 Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: < 2 kg intermittent load
Legs and Feet Rating Seated, Legs and feet well supported. Weight even.	
Grand Score: 3 Action: Further investigation needed. Changes may be required.	

Gambar 4.16 Nilai RULA Konfigurasi 2B

Hasil perhitungan analisis menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) terhadap postur duduk untuk konfigurasi 1B memberikan grand score sebesar 3. Postur duduk pada konfigurasi 1B ini juga memiliki karakteristik kaki tertumpu pada sandaran kaki dan tangan yang tertumpu pada meja seperti dapat dilihat pada gambar 4.16 diatas. Kelompok bagian tubuh A menghasilkan nilai masing-masing 3 untuk lengan atas, 2 untuk lengan bawah, 2 untuk pergelangan tangan dan 1 untuk perputaran pergelangan tangan. Masing-masing skor 2 untuk lengan bawah dan pergelangan tangan menunjukkan bahwa kedua anggota tubuh ini masih berada pada posisi yang normal walaupun mungkin diperlukan perubahan. Skor 1 untuk perputaran pergelangan tangan menunjukkan pergelangan tangan tidak mengalami perputaran dan berada pada kondisi normal, tidak membengkok.

Sementara itu, nilai yang diperoleh untuk kelompok bagian tubuh B adalah 1 untuk leher dan 3 untuk batang tubuh. Pada postur ini, leher siswa berada pada keadaan normal, tidak terlalu menunduk maupun mendongak. Nilai 3 untuk

bagian batang tubuh diakibatkan oleh tubuh siswa yang miring kearah depan sekitar 24 derajat untuk mendekati meja. Pada akhirnya hasil kalkulasi dari kedua bagian anggota tubuh ini memberikan *grand score* sebesar 3 yang berarti dibutuhkan investigasi lebih lanjut dan memungkinkan perlu adanya perubahan terhadap postur ini

Nilai LBA, OWAS dan RULA yang tersebut selanjutnya dikalkulasi untuk memperoleh nilai *Posture Evaluation Index* (PEI). Berdasarkan rumus perhitungan nilai PEI yang terdapat pada bab 2, nilai PEI untuk konfigurasi 1B ini adalah sebesar 1,276218.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai untuk Konfigurasi 2B

Nilai LBA	Nilai OWAS	Nilai RULA	Nilai PEI
565	2	3	1,273571

4.3 Analisis Postur Duduk dengan Desain Usulan

Setelah sebelumnya dilakukan analisis terhadap postur duduk aktual yang dibuat berdasarkan hasil pengamatan penulis pada kondisi sebenarnya, selanjutnya analisis dilakukan terhadap postur duduk yang sudah menggunakan desain meja dan kursi usulan. Dalam penelitian ini terdapat 6 konfigurasi yang dilakukan, masing-masing diujikan untuk siswa dengan persentil 5 dan 95. Ukuran desain kursi dan meja usulan pada bagian ini telah dihitung sesuai dengan antropometri tubuh anak, dengan modifikasi pada bagian kemiringan senderan kursi dan kemiringan permukaan meja. Kemiringan senderan kursi dibuat dalam 3 macam modifikasi yaitu 100, 105 dan 110 derajat. Sementara untuk kemiringan permukaan meja dibuat dalam 2 macam modifikasi yaitu 10 dan 20 derajat. Kemiringan dudukan kursi juga merupakan salah satu faktor yang dipertimbangkan dalam konfigurasi postur duduk dengan desain usulan ini, namun untuk kemiringan dudukan kursi ini dibuat sama untuk semua konfigurasi, yaitu 5 derajat.

Tabel 4.14 Rekapitulasi 12 Konfigurasi Usulan yang Akan Diujikan

No	Konfigurasi	Persentil	Kemiringan dudukan kursi	Kemiringan sandaran kursi	Kemiringan permukaan meja
1	3A	5	5	100	20
2	3B	95	5	100	20
3	4A	5	5	100	10
4	4B	95	5	100	10
5	5A	5	5	105	20
6	5B	95	5	105	20
7	6A	5	5	105	10
8	6B	95	5	105	10
9	7A	5	5	110	20
10	7B	95	5	110	20
11	8A	5	5	110	10
12	8B	95	5	110	10

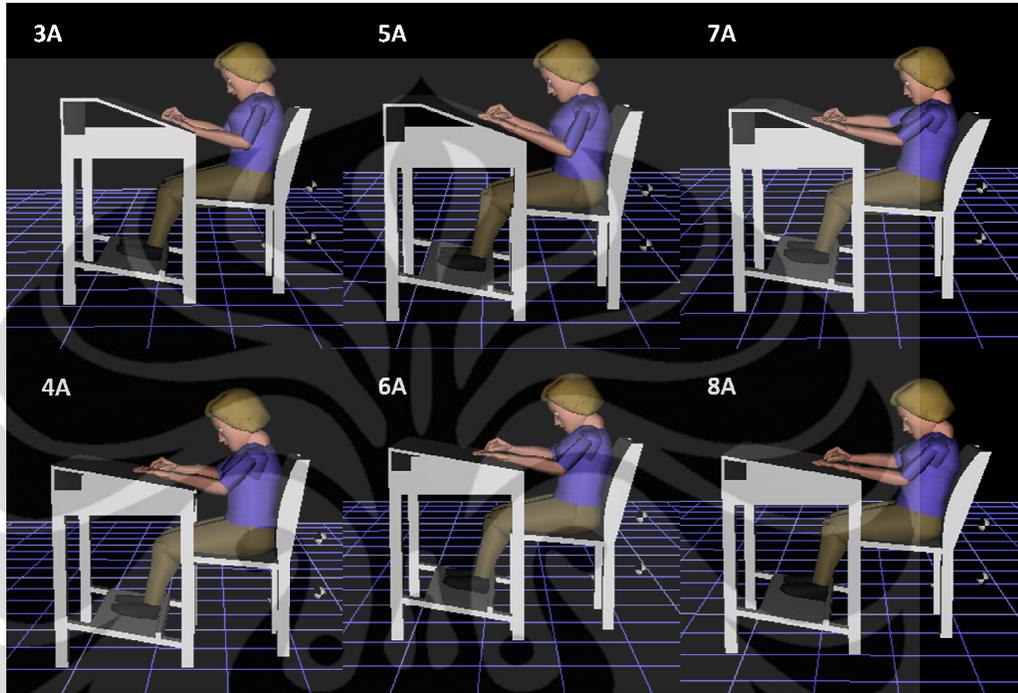
4.3.1 Analisis Postur Duduk Persentil 5 dengan Desain Usulan

Dalam analisis ini terdapat 6 macam konfigurasi yang akan diujikan, yaitu konfigurasi 3A, 4A, 5A, 6A, 7A dan 8A. Objek yang di analisis dalam konfigurasi ini merupakan siswa dengan ukuran tubuh persentil 5. Postur duduk model manusia virtual dalam konfigurasi ini dibuat dengan mengikuti kaidah-kaidah postur duduk yang benar, diantaranya : (Sumber : Dr. Dieter Breithecker, www.postureinstyle.com)

1. Kaki bagian bawah harus tegak lurus terhadap lantai, sementara posisi paha horizontal.
2. Lengan bagian bawah harus tertumpu ke meja dengan posisi yang santai
3. Sandaran harus dapat beradaptasi dengan posisi punggung dan menyangga bagian lumbar (punggung bawah)
4. Bagian lumbar (punggung bawah) pengguna menyender pada kursi, batang tubuh dalam posisi tegak (90 derajat), sementara leher menyesuaikan dengan kebutuhan pengguna untuk melihat permukaan meja
5. Paha pengguna tidak boleh menekan dudukan kursi bagian depan
6. Kaki bertumpu pada lantai atau sandaran kaki secara sempurna

Universitas Indonesia

7. Semakin dekat meja kerja dengan posisi duduk pengguna maka akan semakin baik karena sedikit pula otot yang akan bekerja untuk menjangkaunya



Gambar 4.17 Model Manusia Virtual untuk Konfigurasi Usulan Persentil 5

Sama seperti tahap analisis untuk konfigurasi postur duduk aktual yang sebelumnya telah dilakukan, tahap awal analisis konfigurasi postur duduk untuk desain usulan juga akan dimulai dengan analisis hasil nilai SSP. Setelah dilakukan analisis SSP tersebut, ternyata keenam konfigurasi seluruhnya memiliki nilai SSP diatas 90 persen untuk seluruh anggota tubuh. Dengan demikian, tahap analisis ini dapat kita lanjutkan dengan 3 metode selanjutnya, yaitu LBA, OWAS dan RULA hingga nantinya kita dapat menghitung nilai PEI sebagai hasil akhir analisis postur duduk yang bersangkutan. Dibawah ini terdapat tabel yang merangkum masing-masing nilai LBA, OWAS, RULA dan PEI untuk setiap konfigurasi yang diujikan pada siswa dengan persentil 5.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Nilai Konfigurasi Usulan Persentil 5

Konfigurasi	LBA	OWAS	RULA	PEI
3A	231	1	3	0,926513
4A	237	1	3	0,928277
5A	199	2	4	1,369958
6A	203	2	4	1,371134
7A	165	2	5	1,562815
8A	168	2	5	1,563697

Pada tabel hasil analisis menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada software Jack 6.1 diatas dapat kita lihat bahwa nilai PEI untuk konfigurasi 3A merupakan nilai paling kecil kemudian makin kebawah nilai PEI akan semakin besar hingga diperoleh nilai PEI paling besar oleh konfigurasi 8A. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa postur duduk paling baik adalah postur duduk pada konfigurasi 3A, sebaliknya postur duduk yang paling buruk dibentuk oleh konfigurasi 8A.

Untuk nilai LBA, konfigurasi 7A justru memberikan nilai yang paling kecil dan yang terbesar adalah pada konfigurasi 4A. Berdasarkan tabel diatas, maka terlihat bahwa nilai LBA semakin kebawah justru semakin menurun atau dengan kata lain semakin besar sudut kemiringan sandaran kursi akan menghasilkan nilai LBA yang semakin kecil. Hal ini dapat kita amati dari konfigurasi 3A, 5A dan 7A, dimana pada ketiga konfigurasi ini yang berbeda hanyalah kemiringan sandaran kursi dengan masing-masing kemiringan sandaran yaitu 100, 105 dan 110 derajat. Dari tabel terlihat bahwa nilai LBA untuk konfigurasi 7A lebih kecil dari nilai LBA untuk konfigurasi 5A dan 3A. Kemiringan sandaran kursi yang makin besar akan menyebabkan sudut antara paha dengan batang tubuh menjadi lebih besar, sehingga bobot tubuh pengguna yang ditopang oleh sandaran tersebut menjadi semakin besar pula. Dengan demikian nilai LBA yang menunjukkan tekanan atau beban yang ditumpu oleh tulang belakang akan menjadi semakin kecil. Apabila sandaran kursi semakin tegak maka bobot tubuh siswa akan mengikuti gravitasi kearah bawah, yang

menyebabkan tekanan atau beban yang ditumpu oleh tulang belakang menjadi lebih besar.

Sementara itu, kemiringan permukaan meja juga berpengaruh pada nilai LBA yang diperoleh. Hal ini dapat terlihat dari nilai LBA 3A yang lebih kecil dibandingkan nilai LBA 4A, selain itu nilai LBA 5A lebih kecil dari nilai LBA 6A dan terakhir nilai LBA 7A lebih kecil dari nilai LBA 8A. Dari ketiga perbandingan ini dapat dilihat bahwa konfigurasi dengan kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat menghasilkan nilai LBA yang lebih kecil dibandingkan konfigurasi dengan kemiringan permukaan meja sebesar 10 derajat. Konfigurasi dengan kemiringan permukaan meja sebesar 10 derajat akan mengakibatkan leher pengguna memiliki kemiringan yang lebih besar ke arah depan (menunduk) untuk dapat melihat permukaan meja dengan baik. Semakin menunduk leher pengguna, maka akan semakin besar beban yang ditumpu olehnya. Seperti kita ketahui bahwa tulang leher juga merupakan bagian dari rangkaian tulang belakang manusia, dengan demikian beban yang lebih besar pada tulang leher secara langsung akan menimbulkan beban yang lebih besar juga pada tulang belakang. Hal inilah yang menyebabkan nilai LBA pada konfigurasi dengan kemiringan permukaan meja sebesar 10 derajat menjadi lebih besar dibandingkan nilai LBA pada konfigurasi dengan kemiringan permukaan meja 20 derajat, walaupun perbedaannya tidak terlalu jauh.

Namun demikian, seluruh nilai LBA pada 6 konfigurasi ini masih berada jauh dibawah nilai NIOSH *Back Compression Action Limit* yaitu sebesar 3400 Newton dan juga lebih kecil dibandingkan nilai LBA pada konfigurasi aktual untuk persentil 5 yaitu sebesar 372 Newton pada konfigurasi 1A dan 365 Newton pada konfigurasi 2A. Hal ini mengindikasikan bahwa postur tubuh siswa yang dibentuk pada konfigurasi menggunakan desain usulan ini sudah lebih baik.

Selanjutnya, kita akan menganalisis nilai OWAS pada keenam konfigurasi menggunakan desain meja dan kursi usulan ini. Pada tabel 4.16 kita dapat melihat bahwa nilai OWAS untuk konfigurasi 3A dan 4A lebih kecil dari nilai OWAS untuk 4 konfigurasi lainnya, yaitu bernilai 1. Sudut antara paha dengan batang tubuh yang lebih kecil justru akan menghasilkan nilai OWAS yang semakin kecil.

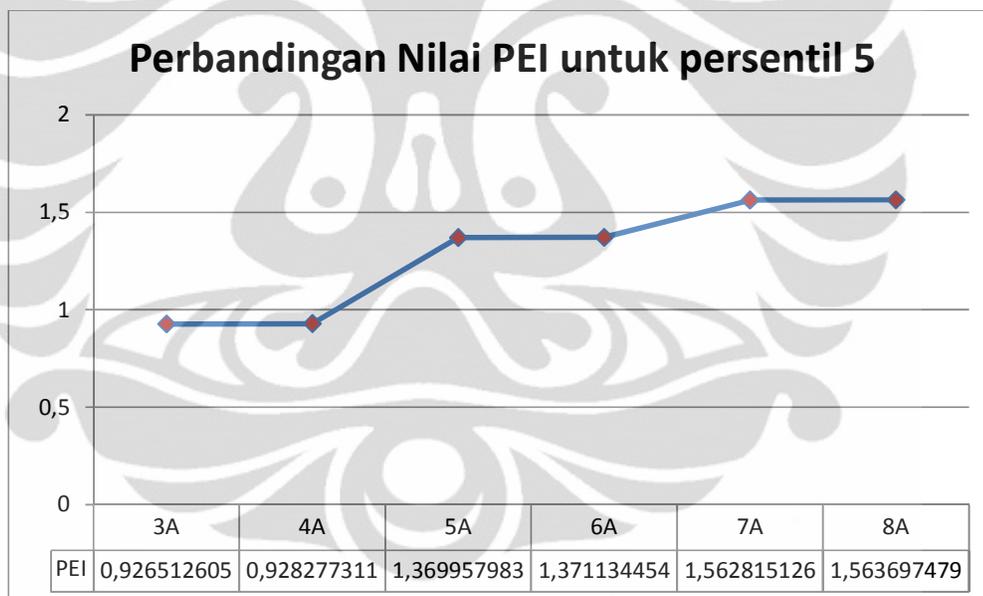
Namun demikian, seluruh nilai OWAS yang diperoleh pada keenam konfigurasi tersebut masih mengindikasikan postur duduk yang tidak membahayakan. Untuk konfigurasi 3A dan 4A memiliki nilai OWAS 1, berarti postur duduk yang dibentuk sudah normal dan *natural*, sehingga tidak dibutuhkan tindakan perbaikan terhadap kedua postur ini. Sementara untuk konfigurasi 5A, 6A, 7A dan 8A memiliki nilai OWAS 2 yang berarti postur tubuh ini masih cukup baik dengan musculoskeletal loading yang tidak ekstrim, namun demikian ada usulan untuk melakukan tindakan perbaikan.

Tabel 4.16 Perbandingan Nilai RULA untuk Konfigurasi Usulan Persentil 5

Anggota tubuh		3A	4A	5A	6A	7A	8A
Group A	upper arm	2	2	1	2	2	2
	lower arm	3	2	2	2	3	3
	wrist	1	2	2	2	3	3
	wrist twist	2	1	2	1	1	1
TOTAL		4	3	2	3	4	5
Group B	neck	3	3	3	3	3	3
	trunk	1	1	4	4	4	4
TOTAL		3	3	5	5	5	5
GRAND TOTAL		3	3	4	4	5	5

Hasil analisis RULA (tabel 4.16) menunjukkan nilai yang berbeda-beda untuk tiap konfigurasi. Konfigurasi 3A dan 4A memberikan hasil nilai RULA yang paling kecil, yaitu 3. Konfigurasi 5A dan 6A memiliki nilai RULA sebesar 4. Sementara, untuk konfigurasi 7A dan 8A memiliki nilai RULA sebesar 5. Perbedaan ini diakibatkan oleh perbedaan kemiringan sandaran kursi, derajat kemiringan sandaran kursi pada konfigurasi 3A dan 4A lebih kecil dibandingkan 4 konfigurasi lainnya, sedangkan derajat kemiringan sandaran kursi pada konfigurasi 5A dan 6A lebih kecil dibandingkan konfigurasi 7A dan 8A namun masih lebih besar bila dibandingkan dengan konfigurasi 3A dan 4A. Perbedaan paling besar terutama dapat dilihat pada nilai RULA untuk bagian *trunk* (batang tubuh). Pada konfigurasi 3A dan 4A, bagian batang tubuh ini memiliki nilai 1, sedangkan pada keempat konfigurasi lainnya memiliki nilai 4. Hal ini menunjukkan

bahwa walaupun pada seluruh konfigurasi postur duduk ini, penulis memposisikan batang tubuh yang tegak untuk model manusia virtual namun ternyata bagian lumbar yang menyender pada kemiringan kursi yang berbeda-beda masih memberikan pengaruh terhadap nilai RULA. Dalam hal ini kemiringan sandaran kursi yang lebih besar akan membuat sudut yang dibentuk oleh paha dan batang tubuh menjadi lebih besar sehingga menghasilkan nilai RULA yang semakin besar pula. Dengan demikian berdasarkan hasil analisis nilai RULA untuk keenam konfigurasi tersebut mengindikasikan bahwa postur duduk pada konfigurasi 3A dan 4A masih memerlukan investigasi lebih lanjut dan kemungkinan akan dibutuhkan perbaikan, sebaliknya untuk konfigurasi 5A hingga 8A harus dilakukan investigasi dan perubahan segera karena postur tubuh yang dibentuk pada keempat konfigurasi ini cukup membahayakan.



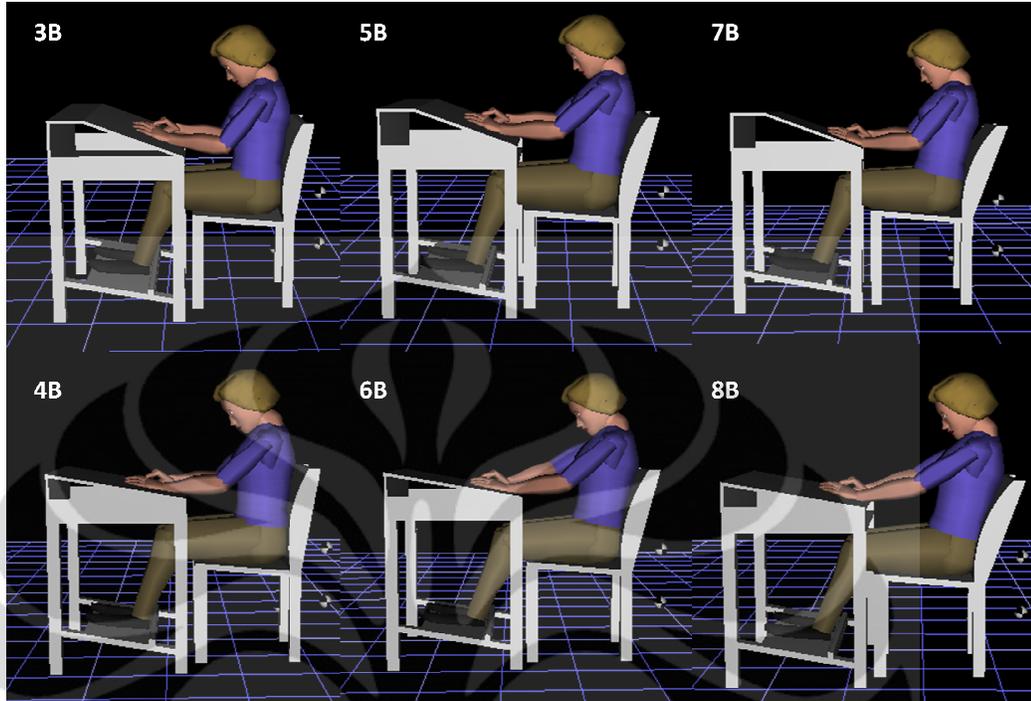
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Nilai PEI Konfigurasi Usulan Persentil 5

Grafik diatas menunjukkan perbandingan nilai PEI yang diperoleh dari keenam konfigurasi menggunakan desain meja dan kursi usulan untuk siswa dengan persentil 5. Titik-titik merah pada grafik menunjukkan besarnya nilai PEI untuk masing-masing konfigurasi. Dengan demikian dapat kita lihat bahwa semakin kekanan, nilai PEI yang dihasilkan semakin besar. Konfigurasi 3A

memiliki nilai PEI yang terbaik yaitu sebesar 0,9265 namun demikian nilai ini hanya berbeda sedikit dibandingkan nilai PEI untuk konfigurasi 4A sebesar 0,9282. Konfigurasi 5A dan 6A maupun 7A dan 8A juga hanya memiliki perbedaan nilai PEI yang sangat sedikit. Hal ini disebabkan karena antara konfigurasi 3A dan 4A, 5A dan 6A maupun 7A dan 8A hanya memiliki perbedaan pada kemiringan permukaan meja sebesar 10 derajat, sehingga nilai PEI yang dihasilkan tidak berbeda jauh. Kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat memberikan hasil nilai PEI yang lebih baik dibandingkan dengan kemiringan permukaan meja 10 derajat. Sementara itu, untuk pengaruh variable kemiringan sandaran kursi terhadap nilai PEI terlihat bahwa kemiringan sandaran kursi yang lebih kecil (lebih tegak) memberikan nilai PEI yang lebih baik, hal ini terlihat pada konfigurasi 3A dan 4A yang memiliki nilai PEI jauh lebih kecil dibandingkan 4 konfigurasi lainnya. Sebagai kesimpulan, kombinasi terbaik berada pada konfigurasi 3A yaitu dengan kemiringan sandaran kursi sebesar 100 derajat dan kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat yang memberikan nilai PEI terbaik sebesar 0,9265.

4.3.2 Analisis Postur Duduk Persentil 95 dengan Desain Usulan

Dalam analisis yang terakhir ini juga terdapat 6 macam konfigurasi yang akan diujikan, yaitu konfigurasi 3B, 4B, 5B, 6B, 7B dan 8B. Objek yang di analisis dalam konfigurasi ini merupakan siswa dengan ukuran tubuh persentil 95. Postur duduk model manusia virtual dalam konfigurasi ini dibuat dengan mengikuti kaidah-kaidah postur duduk yang benar, sama seperti konfigurasi untuk persentil 5 yang telah dianalisis sebelumnya.



Gambar 4.19 Model Manusia Virtual untuk Konfigurasi Usulan Persentil 95

Hasil dari analisis nilai SSP terhadap 6 konfigurasi diatas menghasilkan nilai diatas 90 persen untuk seluruh anggota tubuh pada masing-masing postur konfigurasi. Hal ini mengindikasikan bahwa postur duduk yang dibentuk akan dapat dilakukan oleh minimal 90 persen dari populasi yang diwakili. Maka selanjutnya kita dapat menganalisis keenam konfigurasi tersebut lebih lanjut dengan metode LBA, OWAS dan RULA untuk memperoleh nilai PEI sebagai hasil akhir dari analisis postur duduk ini.

Tabel 4.17 Rekapitulasi Nilai Konfigurasi Usulan Persentil 95

Konfigurasi	LBA	OWAS	RULA	PEI
3B	298	1	3	0,946218
4B	307	1	3	0,948866
5B	246	2	5	1,586639
6B	252	2	5	1,588403
7B	190	2	5	1,570168
8B	203	2	5	1,573992

Analisis menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada software Jack 6.1 menghasilkan 3 buah nilai yang menggambarkan ergonomi postur duduk yang diujikan, seperti tertera pada tabel diatas, yaitu nilai LBA, OWAS, RULA. Kemudian penghitungan ketiga nilai tersebut menggunakan rumus nilai PEI akan menghasilkan sebuah nilai PEI untuk setiap postur duduk yang diujikan. Berdasarkan tabel diatas dapat kita lihat bahwa konfigurasi 3B menghasilkan nilai PEI yang terkecil kemudian makin kebawah nilai PEI akan semakin besar hingga mencapai nilai yang paling besar pada konfigurasi 8B. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa postur duduk pada konfigurasi 3B merupakan postur duduk yang terbaik untuk siswa.

Analisis keenam metode diatas dengan metode LBA ternyata memberikan hasil yang sama seperti analisis LBA untuk persentil 5, yaitu konfigurasi dengan nomor 7 memberikan nilai LBA yang paling kecil. Pada hasil analisis persentil 5, konfigurasi 7A memiliki nilai LBA terkecil dan ternyata hasil analisis persentil 95 juga memberikan hasil bahwa konfigurasi 7B yang memiliki nilai LBA terkecil. Konfigurasi nomor 7 ini memiliki karakteristik kemiringan sandaran kursi sebesar 110 derajat dan kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat. Hasil yang sama dengan hasil analisis untuk konfigurasi persentil 5 juga ditunjukkan oleh nilai LBA yang semakin kecil seiring dengan semakin besar sudut kemiringan sandaran kursi. Hal ini jelas terlihat pada nilai hasil analisis LBA untuk konfigurasi 3B, 5B dan 7B maupun konfigurasi 4B, 6B dan 8B. Masing-masing konfigurasi tersebut memiliki perbedaan pada karakteristik kemiringan sandaran kursi. Dari tabel terlihat bahwa nilai LBA untuk konfigurasi 7B dan 8B, yang memiliki kemiringan sandaran kursi sebesar 110 derajat, lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai LBA untuk konfigurasi 5B dan 6B yang memiliki kemiringan sandaran kursi 105 derajat. Demikian juga, nilai LBA untuk konfigurasi 5B dan 6B tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan nilai LBA untuk konfigurasi 3B dan 4B yang memiliki kemiringan sandaran kursi sebesar 100 derajat. Seperti yang telah dianalisis sebelumnya bahwa kemiringan sandaran kursi yang makin besar akan menyebabkan sudut antara paha dengan batang tubuh menjadi lebih besar, sehingga bobot tubuh pengguna yang menyender pada sandaran akan semakin

banyak ditopang oleh sandaran tersebut. Besarnya bobot tubuh yang ditopang oleh sandaran tersebutlah yang menyebabkan nilai LBA akan menjadi semakin kecil, karena bobot tubuh yang ditopang oleh tulang belakang menjadi berkurang dan hanya memberikan tekanan yang kecil kepada tulang belakang. Sebaliknya, apabila sandaran kursi semakin tegak, yang berarti sudut antara paha dengan batang tubuh akan semakin kecil, maka bobot tubuh siswa akan berpusat pada bagian bokong dan tulang belakang bagian bawah yang menyebabkan nilai LBA akan semakin besar.

Di lain sisi, kemiringan permukaan meja juga ternyata mempengaruhi nilai LBA yang diperoleh. Dari tabel dapat diperhatikan bahwa nilai LBA 4B lebih besar dibandingkan nilai LBA 3B, demikian juga nilai LBA 6B lebih besar dari nilai LBA 5B dan kemudian nilai LBA 8B lebih kecil dari nilai LBA 7B. Dari ketiga perbandingan ini maka *trend* yang dapat dilihat adalah bahwa konfigurasi yang memiliki karakteristik kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat akan menghasilkan nilai LBA yang lebih kecil dibandingkan konfigurasi dengan karakteristik kemiringan permukaan meja sebesar 10 derajat. Postur duduk yang dibentuk oleh konfigurasi yang memiliki kemiringan permukaan meja sebesar 10 derajat akan mengakibatkan leher pengguna harus lebih menunduk ke arah depan agar bisa menulis dengan baik di atas meja. Seperti kita sudah ketahui bahwa semakin menunduk leher pengguna, maka akan semakin besar beban yang ditumpu olehnya. Sebagai sebuah susunan anatomi, tulang leher juga merupakan rangkaian dari tulang belakang, maka beban yang lebih besar pada tulang leher secara langsung juga akan memberikan beban yang lebih besar juga pada tulang belakang. Hal inilah yang kemudian menyebabkan nilai LBA pada konfigurasi yang memiliki karakteristik kemiringan permukaan meja sebesar 10 derajat menjadi sedikit lebih besar.

NIOSH *Back Compression Action Limit* memiliki nilai sebesar 3400 Newton untuk nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh tulang belakang manusia. Seluruh nilai LBA yang dihasilkan dari analisis postur duduk dengan menggunakan desain usulan untuk persentil 95 ternyata memberikan nilai yang masih jauh dibatas batasan dari NIOSH tersebut. Selain itu, nilai LBA untuk

keenam konfigurasi tersebut juga lebih kecil dibandingkan nilai LBA pada konfigurasi aktual untuk persentil 95 yaitu sebesar 570 Newton pada konfigurasi 1B dan 565 Newton pada konfigurasi 2B. Hal ini mengindikasikan bahwa postur tubuh siswa yang dibentuk pada konfigurasi menggunakan desain usulan ini sudah lebih baik.

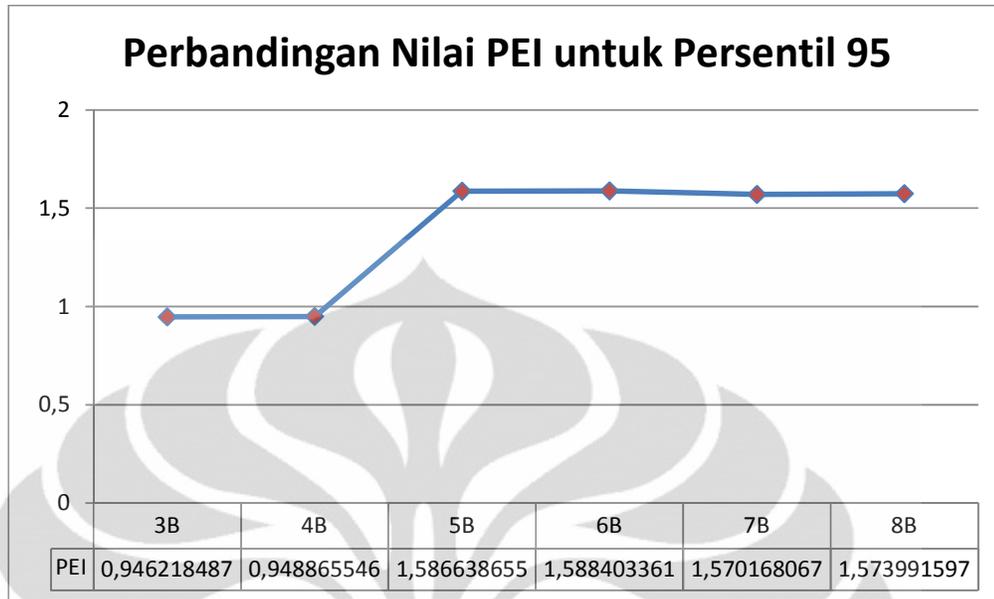
Berdasarkan tabel diperoleh bahwa konfigurasi 3B dan juga 4B memiliki nilai OWAS sebesar 1, lebih kecil dibandingkan nilai OWAS untuk 4 konfigurasi lainnya. Apabila diperhatikan dari postur duduk yang dibentuk pada kedua konfigurasi 3B dan 4B tersebut, maka dapat diartikan bahwa sudut antara paha dengan batang tubuh yang lebih kecil justru akan menghasilkan nilai OWAS yang semakin kecil. Nilai OWAS untuk keenam konfigurasi tersebut yang berkisar antara 1 hingga 2 menandakan bahwa postur duduk yang dibentuk oleh keenam konfigurasi tersebut masih cukup aman dan tidak memerlukan perubahan secara segera. Konfigurasi 3A dan 4A dengan nilai OWAS sebesar 1 memiliki postur duduk yang normal dan *natural*, sehingga tidak dibutuhkan tindakan perbaikan terhadap kedua postur ini. Sementara untuk keempat konfigurasi lainnya, 5A hingga 8A, yang memiliki nilai OWAS 2 berarti postur tubuh ini masih cukup baik dengan musculoskeletal loading yang tidak ekstrim, namun demikian ada usulan untuk melakukan tindakan perbaikan.

Tabel 4.18 Perbandingan Nilai RULA untuk Konfigurasi Usulan Persentil 95

Anggota tubuh		3B	4B	5B	6B	7A	8A
Group A	upper arm	2	2	2	3	2	2
	lower arm	2	2	3	3	3	3
	wrist	2	2	2	2	2	2
	wrist twist	2	2	2	2	2	2
TOTAL		3	3	4	4	4	4
Group B	neck	3	3	3	3	3	3
	trunk	1	1	4	4	4	4
TOTAL		3	3	5	5	5	5
GRAND TOTAL		3	3	5	5	5	5

Hasil analisis RULA menunjukkan nilai yang berbeda-beda untuk tiap konfigurasi. Konfigurasi 3B dan 4B memberikan hasil nilai RULA sebesar 3, sementara konfigurasi 5B hingga 8B memiliki nilai RULA yang lebih besar, yaitu 5. Sama seperti hasil analisis RULA untuk persentil 5, hasil ini juga menggambarkan bahwa kemiringan sandaran kursi yang lebih kecil memberikan hasil nilai RULA yang lebih baik. Kedua hasil analisis nilai RULA untuk persentil 5 dan 95 menunjukkan bahwa kemiringan sandaran kursi sebesar 100 derajat memberikan hasil nilai RULA yang paling kecil (paling baik). Namun terdapat sedikit perbedaan antara kedua hasil analisis ini pada konfigurasi dengan kemiringan sandaran kursi 105 derajat. Pada hasil konfigurasi persentil 5, konfigurasi dengan kemiringan sandaran kursi sebesar 105 derajat memiliki nilai RULA yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai RULA yang dimiliki oleh kemiringan sandaran kursi sebesar 110 derajat, sedangkan dalam hasil konfigurasi persentil 95 ini kedua konfigurasi dengan kemiringan sandaran kursi sebesar 105 dan 110 derajat memberikan nilai RULA yang sama yaitu bernilai 5. Hasil analisis nilai RULA pada keenam konfigurasi untuk persentil 95 ini mengindikasikan bahwa postur duduk yang dibentuk pada konfigurasi 3B dan 4B masih memerlukan investigasi lebih lanjut dan terdapat kemungkinan akan dibutuhkan perbaikan kedepannya, sedangkan konfigurasi 5B hingga 8B membutuhkan investigasi dan perubahan segera karena postur tubuh yang dibentuk pada keempat konfigurasi ini cukup membahayakan.

Dibawah ini merupakan grafik perbandingan nilai PEI yang dihasilkan oleh masing-masing konfigurasi pada siswa dengan ukuran tubuh persentil 95 yang menggunakan desain usulan kursi dan meja. Grafik ini memberikan hasil yang sedikit berbeda dibandingkan perbandingan nilai PEI untuk persentil 5 yang telah dipaparkan pada sub bab sebelumnya.



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Nilai PEI Konfigurasi Usulan Persentil 95

Grafik garis diatas menunjukkan perbandingan nilai PEI yang diperoleh dari keenam konfigurasi menggunakan desain meja dan kursi usulan untuk siswa dengan persentil 95. Titik-titik merah pada grafik mewakili nilai PEI untuk masing-masing konfigurasi. Pada grafik tersebut dapat kita perhatikan bahwa nilai PEI untuk konfigurasi 3B adalah yang paling kecil, kemudian nilai tersebut akan semakin naik untuk konfigurasi 4B, 5B hingga mencapai nilai yang terbesar pada konfigurasi 6B, selanjutnya sedikit menurun pada konfigurasi 7B kemudian terakhir sedikit naik pada konfigurasi 8B. B. Konfigurasi 3B memiliki nilai PEI yang terbaik yaitu sebesar 0,9462, nilai ini hanya sedikit lebih kecil dibandingkan nilai PEI untuk konfigurasi 4B sebesar 0,9282. Perbedaan nilai yang sangat kecil ini juga dapat terlihat pada perbandingan nilai PEI antara konfigurasi 5B dan 6B maupun antara konfigurasi 7B dan 8B. Dengan demikian, sama seperti hasil analisis nilai PEI untuk persentil 5, pada persentil 95 ini juga variabel kemiringan permukaan meja tidak memberikan perbedaan nilai PEI yang signifikan, konfigurasi dengan karakteristik kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat tetap memberikan hasil nilai PEI yang lebih baik dibandingkan dengan kemiringan permukaan meja 10 derajat. Sebaliknya, variabel kemiringan sandaran

kursi memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap nilai PEI, terlihat bahwa kemiringan sandaran kursi yang lebih kecil (lebih tegak) memberikan nilai PEI yang lebih baik, yaitu seperti pada konfigurasi 3B dan 4B yang memiliki nilai PEI jauh lebih kecil dibandingkan 4 konfigurasi lainnya. Namun demikian pada hasil analisis nilai PEI untuk persentil 5 ini, nilai PEI untuk konfigurasi dengan kemiringan sandaran kursi sebesar 105 (konfigurasi 5B dan 6B) justru lebih besar dibandingkan dengan nilai PEI untuk konfigurasi yang memiliki karakteristik kemiringan sandaran kursi sebesar 100 derajat, walaupun perbedaannya sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh besar nilai RULA dan OWAS yang sama untuk keempat konfigurasi ini, sementara konfigurasi 7B dan 8B memiliki nilai LBA yang lebih kecil maka menghasilkan nilai PEI yang lebih kecil pula. Nilai PEI terbaik dari hasil analisis ini berada pada konfigurasi 3B yang memiliki karakteristik kemiringan sandaran kursi sebesar 100 derajat dan kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat yang memberikan nilai PEI sebesar 0,9462.

4.3 Rekapitulasi Akhir Hasil Analisis PEI

Setelah dilakukan analisis dan perbandingan untuk masing-masing nilai PEI, baik pada kondisi aktual maupun pada kondisi yang menggunakan desain usulan, seluruh nilai hasil analisis ergonomi postur duduk ini direkapitulasi dalam sebuah tabel. Hasil rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.19 Rekapitulasi Nilai PEI dari Seluruh Konfigurasi

No	Konfigurasi	Persentil	Kemiringan dudukan kursi	Kemiringan sandaran kursi	Kemiringan permukaan meja	LBA	OWAS	RULA	PEI
1	1A (aktual)	5	0	0	0	372	3	6	2,076
2	1B (aktual)	95	0	0	0	570	2	3	1,276
3	2A (aktual)	5	0	0	0	365	3	6	2,074
4	2B (aktual)	95	0	0	0	565	2	3	1,274
5	3A	5	5	100	20	231	1	3	0,926
6	3B	95	5	100	20	298	1	3	0,946
7	4A	5	5	100	10	237	1	3	0,928
8	4B	95	5	100	10	307	1	3	0,948
9	5A	5	5	105	20	199	2	4	1,369
10	5B	95	5	105	20	246	2	5	1,586
11	6A	5	5	105	10	203	2	4	1,371
12	6B	95	5	105	10	252	2	5	1,588
13	7A	5	5	110	20	165	2	5	1,562
14	7B	95	5	110	20	190	2	5	1,570
15	8A	5	5	110	10	168	2	5	1,563
16	8B	95	5	110	10	203	2	5	1,573

BAB 5

KESIMPULAN

Dalam bab 5 ini akan dipaparkan kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis desain kursi dan meja maupun berbagai macam konfigurasi postur duduk yang telah dibahas pada bab 4. Selain itu bab ini juga akan memuat saran dan masukan dari penulis berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang berjudul “Evaluasi dan Perancangan Desain Usulan Meja dan Kursi Sekolah yang Ergonomis dengan Menggunakan Virtual Human Modeling” ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. 165 dari 243 siswa SD Anyelir 1 dan 2 di Kota Depok merasakan gangguan dan rasa sakit pada beberapa anggota tubuh mereka selama melakukan kegiatan belajar didalam kelas. Anggota tubuh yang paling banyak mengalami keluhan adalah leher, pergelangan tangan kanan dan punggung bawah dengan masing-masing persentase keluhan total dari frekuensi “sering” dan “jarang” sebesar 289%, 24% dan 13%.
2. Hasil analisa terhadap dua ukuran kursi dan meja yang digunakan di SD Negeri Anyelir 1 dan 2 menunjukkan bahwa ukuran kursi dan meja yang digunakan di 2 sekolah ini tidak sesuai dengan ukuran tubuh siswa sehingga membentuk postur duduk yang buruk hingga mengakibatkan cedera pada tubuh siswa. Kesalahan desain yang terjadi diantaranya meja dan kursi terlalu tinggi, sandaran kaki pada kursi terlalu sempit dan tidak sesuai kemiringan pada sandaran kursi, dudukan kursi maupun permukaan meja.
3. Nilai PEI dari hasil konfigurasi postur duduk aktual untuk desain kursi 1 dan meja 1 pada siswa dengan persentil 5 adalah sebesar 2,076 sedangkan untuk persentil 95 adalah 1,276.

4. Nilai PEI dari hasil konfigurasi postur duduk aktual untuk desain kursi 2 dan meja 2 pada siswa dengan persentil 5 adalah sebesar 2,074 sedangkan untuk persentil 95 adalah 1,274.
5. Nilai PEI yang dihasilkan dari hasil konfigurasi postur duduk dengan menggunakan desain kursi dan meja usulan pada persentil 5, menunjukkan bahwa nilai PEI dihasilkan oleh konfigurasi 3A dengan karakteristik kemiringan sandaran kursi 100 derajat, kemiringan dudukan kursi 5 derajat dan kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat.
6. Nilai PEI yang dihasilkan dari hasil konfigurasi postur duduk dengan menggunakan desain kursi dan meja usulan pada persentil 95, menunjukkan bahwa nilai PEI dihasilkan oleh konfigurasi 3B dengan karakteristik kemiringan sandaran kursi 100 derajat, kemiringan dudukan kursi 5 derajat dan kemiringan permukaan meja sebesar 20 derajat.
7. Kedua nilai PEI yang dihasilkan oleh masing-masing konfigurasi 3A dan 3B tersebut jauh lebih baik dibandingkan nilai PEI yang dihasilkan oleh konfigurasi aktual 1A, 1B, 2A dan 2B. Maka dengan demikian dapat disimpulkan bahwa desain usulan kursi dan meja pada konfigurasi 3A dan 3B sudah lebih baik dibandingkan desain kursi dan meja aktual, sehingga dapat membentuk postur duduk yang benar dan tidak mencederai tubuh siswa.
8. Perbandingan nilai PEI untuk konfigurasi postur duduk aktual dan konfigurasi postur duduk dengan desain meja dan kursi usulan memberikan hasil bahwa kombinasi kursi dan meja yang memberikan nilai PEI terbaik adalah kursi dengan kemiringan sandaran sebesar 100 derajat dan meja yang memiliki kemiringan permukaan 20 derajat.

5.2 Saran

Postur duduk ketika belajar merupakan salah satu hal yang akan sangat mempengaruhi pertumbuhan anak, oleh karena itu kualitas postur duduk yang baik menjadi sangat penting untuk diperhatikan. Salah satu hal yang paling mempengaruhi postur duduk siswa ketika belajar adalah ukuran kursi dan meja

sekolah yang digunakan. Ukuran kursi dan meja ini harus disesuaikan dengan ukuran tubuh siswa agar nyaman digunakan dan tidak menimbulkan cedera. Selain ukuran, kemiringan pada permukaan meja dan sandaran kursi juga perlu diperhatikan. Untuk membentuk postur duduk yang lebih baik dapat digunakan kursi dengan kemiringan sandaran sebesar 100 derajat dan meja dengan kemiringan permukaan sebesar 20 derajat. Akan lebih baik apabila permukaan dudukan kursi dan permukaan sandaran kursi dapat dilapisi oleh material yang empuk sehingga nyaman untuk tulang pada bagian bokong dan punggung. Bagi SD Negeri yang berada di Kota Depok, desain usulan kursi dan meja yang terdapat pada penelitian ini dapat digunakan sebagai perbaikan terhadap desain kursi dan meja yang kini digunakan.

Selain memperhatikan desain kursi dan meja yang digunakan, para siswa juga harus diajarkan posisi duduk yang benar. Tentunya akan menjadi sia-sia apabila desain kursi dan meja yang digunakan sudah tepat namun ternyata postur duduk yang dilakukan siswa masih salah. Kombinasi dari desain kursi dan meja yang tepat dengan postur duduk yang benar akan memberikan kenyamanan dan kesehatan musculoskeletal bagi para siswa. Posisi duduk yang benar ini akan menghindarkan siswa dari rasa cepat lelah ataupun kemungkinan cedera. Berikut ini akan dijelaskan kembali postur duduk yang benar untuk siswa : (Sumber : Dr. Dieter Breithecker, www.postureinstyle.com)

1. Kaki bagian bawah harus tegak lurus terhadap lantai, sementara posisi paha horizontal.
2. Lengan bagian bawah harus tertumpu ke meja dengan posisi yang santai
3. Sandaran harus dapat beradaptasi dengan posisi punggung dan menyangga bagian lumbar (punggung bawah)
4. Bagian lumbar (punggung bawah) pengguna menyender pada kursi, batang tubuh dalam posisi tegak (90 derajat), sementara leher menyesuaikan dengan kebutuhan pengguna untuk melihat permukaan meja
5. Paha pengguna tidak boleh menekan dudukan kursi bagian depan
6. Kaki bertumpu pada lantai atau sandaran kaki secara sempurna

7. Semakin dekat meja kerja dengan posisi duduk pengguna maka akan semakin baik karena sedikit pula otot yang akan bekerja untuk menjangkaunya.



DAFTAR PUSTAKA

- Andersson, G.B.J., Ortengren, R., Nachemson, A., Elfstrom, G., (1974). Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. I, Studies on an experimental chair. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 3, 104–14.
- Brown, C.R., Schaum, D.L.. (1980). *User-adjusted VDU parameters*. (Cited in Pheasant,2003).
- Bridger. R.S, (1995). *Introduction to Ergonomics*. Singapore: McGraw-Hill.
- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis.
- Caputo, F., Di Gironimo, G., Marzano, A. (2006). Ergonomic Optimization of a Manufacturing System Work Cell in a Virtual Environment. *Acta Polytechnica Vol. 46 No. 5/2006*.
- Choffin, Don, B., Johnson, Louise G., & Lawton, G. (2003). *Some Biomechanical Perspectives on Musculoskeletal Disorders: Causation and Prevention*. University of Michigan.
- Choffin, Don. B., *Localized Muscle Fatigue, Definition and Measurement*. *Journal of Occupational Medicine*. 1979: 346
- de Wall, M. Van Riel, M.P.J.M.. Snijdess,C.J. (1991). The effect of sitting posture of a desk with 10 degrees inclination for reading and writing. *Ergonomics* 34(5), 576-584.
- 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*.
- Diep, Nguyen Bich. (2003). Evaluation of Fitness Between School Furniture and Children Body Size in Two Primary Schools in Haiphong, Vietnam.

- Franco, G. dan Fusetti, L. (2004). Bernardino Ramazzini's early observation of the link between musculoskeletal disorders and ergonomic factors. *Applied Ergonomics* 35, 67-70.
- Gouvali, K.M., Boudolos, K. (2006). Match between school furniture dimensions and children's anthropometry. *Applied Ergonomics* 37, 765-773.
- Grandjean, E. (1973) *Ergonomics of the Home*. London: Taylor & Francis.
- Grandjean, E., Nishiyama, K., Hunting, W., Piderman, M. (1984). A laboratory study on preferred and imposed settings of a VDT workstation. *Behaviour and Information Technology* 3, 289-304.
- Grimes, P., Legg, S., (2004). Musculoskeletal disorders (MSD) in students as a risk factor for adult MSD: a review of the multiple factors affecting posture, comfort and health in classroom environments. *Journal of the Human Environmental System* 7 (1), 1-9.
- Hedge, Allan. (2001). "RULA Employee Assessment Worksheet", Cornell University, <http://ergo.human.cornell.edu/Pub/AHquest/CURULA.pdf>.
(Accessed in Saturday, April 09, 2011, 3:58:56 PM)
- Hedge, Allan. (2009). *Anthropometry and Workspace Design*, Cornell University. <http://ergo.human.cornell.edu/.../DEA3250pdfs/AnthroDesign.pdf>.
(Accessed in Saturday, April 09, 2011, 9:32:24 AM)
- Helander, M.G., Czaja, S.J., Drury, C.G., Cary, J.M. (1987). An ergonomic evaluation of office chairs. *Office: Technology and People* 3, 247-262.
- Helander, Martin. (1997). *A Guide to the Ergonomics of Manufacturing*. London: Taylor & Francis.
- Helander, Martin. (2003). *A Guide to Human Factors and Ergonomics* (2nd ed). New York: Taylor & Francis.
- Kalawsky, R. (1993). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company.
- Karwowski, Waldemar. (1991). Complexity, Fuzziness, and Ergonomic Incompability Issues in The Control of Dynamic Work Environment. *Ergonomics* 34, 671-686.

- Keegan J.J. (1953). Alterations of the lumbar curve. *Journal of Bone and Joint Surgery* 35, 589-603.
- Kroemer, K.H.E. Kroemer, H.B. Kroemer-Elbert, K.E. (2001). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency (2nd ed.)*. New Jersey: Prentice Hall.
- Lueder, Rani. (2004). Ergonomics of Seated Movement : A Review of the Scientific Literature. Humanics ErgoSystems, Inc.
- Lueder, Rani, Rice, Valerie J. Berg, 2008. *Ergonomics for Children : Designing products and places for toddler to teens*. New York : Taylor & Francis.
- Lukman, Muhammad. (2008). Pengembangan Prototype Bangku Ergonomis untuk Murid Sekolah Dasar Kelas Satu dan Dua di Malang. Malang : UMM Malang.
- Määttä, Timo. (2003). *Virtual Environment in Machinery Safety Analysis*. Finlandia: VTT Technical Research Centre of Finland.
- Mandal, A.C. (1981). The seated man (Homo sedens): the seated work position, theory and practice. *Applied Ergonomics* 12, 19–26.
- Mandal, A.C (1984). The correct height of school furniture. *Physiotherapy* 70 (2), 48-53
- Mandal, A.C. (1996). Balanced Sitting Posture on Forward Sloping Seat. www.acmandal.com.
- Nowak, Ewa. (2000). Anthropometry of Children. In Karwowsky, Waldemar. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors Vol.1*. (pp.246-256). London : Taylor & Francis.
- Oyewole, Samuel A., Haight, Joel M., Freivalds, Andris. (2010). The ergonomic design of classroom furniture/computer work station for first graders in the elementary school. *International Journal of Industrial Ergonomics* 40, 437-447.
- Panagiotopoulou, G., Christoulas, K., Papanickolaou, A., Mandroukas, K. (2004). Classroom furniture dimensions and anthropometric measures in primary school. *Applied Ergonomics* 35, 121–128.
- Pheasant, Stephen. (1986) *Bodyspace*. London: Taylor and Francis.

- Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and Design of Work*. London: Taylor & Francis.
- Putz-Anderson, Vern. (Ed.). (2005). *Cumulative Trauma Disorders: A Manual for Musculoskeletal Disease of the Upper Limbs*. London: Taylor & Francis
- Ramazzini, Bernardino. 1940 (1717). Wright, Wilmer. (Trans.). *The Disease of Workers*. Chicago, IL: Universitt of Chicago Press.
- Staffel, F. Zur Hygiene des Sitzens, Zbl f. allg. Gesundheitspflege, 3, 403-421. (Cited in Kroemer, K.H.E. Kroemer, H.B. Kroemer-Elbert, K.E., 2001).
- Sanders, Mark and Ernest McCormick. (1993). *Human Factors in Engineering and Design 7th Edition*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Suhardiono, (2005). Dampak Meja Kursi Sekolah yang Tidak Ergonomis Terhadap Kesehatan Anak Sekolah Dasar. *Jurnal Mutiara Kesehatan Indonesia* Vol.1.
- Suma'mur, P.K. (1982). *Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja*. Jakarta: Yayasan Swabhawa Karya.
- Taylor, J.H. (1973). *Vision*, (Cited in Pheasant, 2003).
- Tuttle, Neil Alan. (2000). *Seat Position and Contours for High School Chairs*. Gold Coast: Griffith University.
- UGS The PLM Company, E-Factory JACK. (2004). UGS Launches New Version of E-factory Jack, its Human Simulation and Ergonomics Analysis Software. 7 Maret 2009. <http://www.plm.automation.siemens.com>
- Weston, H.C. (1953). *Visual fatigue with special reference to lighting*. (Cited in Pheasant,2003).
- Wilson, J.R., Brown, D.J. Cobb, S.V. D'Cruz, M.D. & Eastgate, R.M. (1995). *Manufacturing Operations in Virtual environments. Presence, Teleoperators and Virtual Environments*, 4, pp. 306–317.
- Wilson, J.R. (1999). Virtual Environments and Applied Ergonomics.” *Applied Ergonomics* 30.
- Zacharkow, D. (1988). *Posture: Sitting, Standing, Chair Design and Exercise*. Springfield: Thomas.

Lampiran 1 Contoh Form Pengambilan Data Antropometri

Nama siswa	Tinggi bahu	Tinggi pinggul	Tinggi lutut	Tinggi popliteal	Popliteal-buttock	Lebar bokong	Lengan atas	Lengan bawah	Panjang Telapak
Adrian Esa Putra									
Afnannusa Saiful H.									
Angger Atha W.									
Annisa Falenia S.									
Adhitya Luthfi D.									
Ahmad Farhan Situmorang									
Bilal									
Carissa Pricilia									
Diajeng Sekar P.									
Dian Aulia Valerina									
Dimas Alvaro K.									
Dina Zahara									
Dinda Meliana Putri									
Dzaki Luthfiansyah									
Elegan Basyaton									
Fatih Nararya R.									
Felisya Adinda R.									

Universitas Indonesia

Lampiran 3 Foto Ketika Pengambilan Data



Foto ketika dilakukan pengukuran tubuh siswa menggunakan antropometer



Kondisi belajar siswa ketika di kelas menggunakan kursi dan meja

Lampiran 4 Data Antropometri (dalam cm)

No	Nama siswa	Tinggi bahu	Tinggi pinggul	Tinggi lutut	Tinggi popliteal	Popliteal-buttock	Lebar bokong	P. Lengan Atas	P. Lengan Bawah	P. telapak kaki	Tinggi badan
1	Adelio Izzani Rafif	35,6	15,5	34,6	32,6	34,5	22,7	20,5	18,6	17,9	118,8
2	Adella Arisandi	42,6	11,1	35	30,7	34,4	25,5	18,5	17,6	19,5	125,5
3	Ahmad Fauzan	35,2	12	32,3	29,5	38,2	19,7	22,1	17,7	17,3	122
4	Ahmad Fauzi B.	38,5	12,9	34,1	29,5	31,5	22	25,3	19,3	18,4	111,2
5	Ahmad Wildan	36,8	14,7	38,5	29,4	32,4	23,6	20,5	19	19	118,1
6	Al Banny Delas Malveno	44,1	13,3	34,2	32	30,7	23,1	20,1	16,2	23,8	134,3
7	Aleyda Putri Kurnia	42,3	12,8	32	30	31,5	24,3	21,5	19,6	20,9	133,7
8	Al Kahfi Zidane	39,5	12,8	34,9	32,5	36	25,9	21,3	18,5	20,8	118
9	Ammanda Nataniel R.	38,6	11,1	34,2	33,4	33,5	21,4	19,4	16,6	19,5	123,7
10	Ammar Fa'iq	35	14,4	31,3	27,5	39,2	23,6	18,3	23	16,5	110,5
11	Andika Ramdlan M.	35,9	13,2	32,5	29,5	38,4	23,5	22,2	20,5	19,1	119,9
12	Annisa Khairiyah S.	37,8	16	35,8	27	31	24,4	22,7	17,7	19,3	118,1
13	Annisa Dwi Rustamiah	36	13,2	35,5	29,9	35,5	23,1	21,2	19,7	20,1	124,5
14	Anisya Ramdhanty	35,5	14,2	34,6	34,5	31,3	22,8	19,8	15,7	18,1	115,4

Universitas Indonesia



Universitas Indonesia