



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI POSTUR KERJA MAHASISWA/I TINGKAT
PROFESI FKG-UI PADA TINDAKAN PEMBERSIHAN
KARANG GIGI DENGAN POSISI DUDUK DALAM *VIRTUAL
ENVIRONMENT***

SKRIPSI

BAYU PRAMUDYO WIDINUGROHO

0706274501

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI POSTUR KERJA MAHASISWA/I TINGKAT
PROFESI FKG-UI PADA TINDAKAN PEMBERSIHAN
KARANG GIGI DENGAN POSISI DUDUK DALAM *VIRTUAL
ENVIRONMENT***

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
sarjana teknik**

BAYU PRAMUDYO WIDINUGROHO

0706274501

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI**

DEPOK

JUNI 2011

i

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Bayu Pramudyo Widinugroho

NPM : 0706274501

Tanda Tangan : 

Tanggal : 21 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Bayu Pramudyo Widinugroho
NPM : 0706274501
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Evaluasi Postur Kerja Mahasiswa/i Tingkat Profesi
FKG-UI pada Tindakan Pembersihan Karang Gigi
dengan Posisi Duduk dalam *Virtual Environment*

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Erlinda Muslim, MEE

()

Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE

()

Penguji : Arian Dhini, ST., MT.

()

Penguji : Dr.-Ing. Amalia Suzianti

()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena Atas berkat rahmat, hidayah, dan limpahan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat tidak lupa saya sampaikan kepada junjungan saya, Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Selain itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu hingga dapat menyelesaikan skripsi ini antara lain:

1. Kedua orang tua saya dan keluarga besar yang senantiasa mengingatkan penulis untuk segera menyelesaikan skripsi dengan baik. Terima kasih atas segala doa, saran, dan dukungannya.
2. Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE., Bapak Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE dan Bapak Armand Omar Moeis, ST., MSc. selaku dosen pembimbing yang telah begitu banyak menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan kesabarannya yang luar biasa untuk memberikan motivasi, arahan, semangat, dan doa dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE selaku dosen pembimbing akademis.
4. Ibu drg. Risqa Rina Darwita, PhD. serta staf Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat dan Kedokteran Gigi Pencegahan FKG-UI yang telah membantu kelancaran riset penulis di FKG-UI.
5. Landra Bakri H., teman seperjuangan penelitian yang ikut berkelana di FKG-UI. Tidak terasa sobat, akhirnya selesai juga waktu-waktu kita di Salemba. Walaupun kita tidak selalu kompak tapi terima kasih untuk segala bantuannya dalam penelitian. *Thanks for the companion in this semester.*
6. Drg. Arifandhy T.W. yang telah membantu penelitian serta memberikan pencerahan dalam penelitian dan gambaran kehidupan seorang dokter gigi untuk penulis.
7. Seluruh staf pengajar Departemen Teknik Industri UI yang telah memberikan pengetahuan dan bimbingannya sejak awal masuk kuliah.

8. Babeh Mursyid, Mas Iwan, Mas Latif, Mas Dodi, Mas Acil dan Mas Taufan yang telah membantu penulis untuk menggunakan fasilitas departemen dengan baik.
9. Heny Nopiyanti, cah ayu baik hati yang selalu sabar memberikan saran serta semangat dan dukungan positifnya kepada penulis di saat suka dan duka. Terima kasih karena telah menjadi inspirasi untuk terus maju dan berpikir positif.
10. Seluruh teman-teman mahasiswa/i FKG-UI klink Integrasi 1, 2, dan 3. Tanpa bantuan kalian para calon dokter gigi yang baik hati, penelitian ini tidak akan berjalan lancar.
11. Awaluddin Wibawa yang menjadi *guide* pertama kami di tanah FKG-UI Salemba serta pemberi les singkat mengenai istilah kedokteran gigi dan kehidupan mahasiswa/i FKG-UI.
12. Nisallina Apridini calon dokter gigi baik hati yang dengan kesabarannya rela bersusah payah mengantarkan kami kesana kemari untuk membantu penelitian, membantu pengambilan data, bahkan membuka kesempatan untuk berkenalan lebih dekat dengan teman-teman klinik Integrasi.
13. Putu Ayu D.S.U. yang memberikan kami nasehat untuk melakukan simulasi mendekati kondisi aktual dokter gigi serta Endang Setiowati yang rela dititipi kuesioner di klinik 3.
14. Efrina A.Paramitha (kak Mita) yang berhasil menghimpun massa untuk membantu penelitian kami. Percayalah kak tanpa *leadership* dan kemurahhatian kakak, penelitian ini akan lebih lama dilakukan.
15. Rahmi Aulina, Shinta Priantika S., kak Loviamanda, kak Bayu Rahadian, dan kak Andreas Aryo selaku responden yang kooperatif dan bersedia mengikuti rangkaian penelitian hingga dini hari. Terima kasih atas segala waktu yang kalian curahkan untuk membantu penelitian ini di klinik Integrasi dan lab Ergocen.
16. Pak Timo, Pak Jumali, Bu Asni, Pak Nunu, drg. Natalie dan drg. Haidar atas perizinan dan informasinya mengenai dokumen dan peralatan pendukung di FKG-UI.

17. Valen, Melissa, Rengkung, Regina, dan Sherly untuk bantuannya dalam pengambilan data *motion capture* dengan rekor paling malam hingga saat ini. Maaf ya membuat kalian lembur seperti itu, sungguh tak terkira jasa kalian.
18. Teman-teman skripsi di Ergocen yang banyak sekali tahun ini. Landra, Chandra, Handoyo, Regina, Melissa, Ivan, Valen, Heny, Atse, Astri, Komjay, Satria, Hilda, Sherly, Babsq, Agung, Faruk, Andre, Yoga, Dita, Eva, Malon, Aang, Yunita, Ocha dan Sartika. Tidak lupa untuk para aslab Ergocen yang telah menjalankan tugasnya setahun terakhir ini sebagai pengurus lab, *it's been a fun ride pal*.
19. Seluruh 82 teman-teman Teknik Industri UI angkatan 2007 yaitu Ocha, Ferdi, Regina, Aldi, Farizan, Alan, Ikul, Indi, Yunita, Radita, Tria, Widhi, Deborah, Chandra, Faruk, Eva, Zakiyah, Neni, Rizal, Rini, Rizka, Triana, Achie, Iman, Tulus, Oscar, Malon, Icha, Satria, Babsq, Dyah, Melati, Rendra, Daril, Valen, Martin, Lusi, Yumai, Berry, Gina, Khai, Gersi, Astri, Dimas, Vinny, Hilda, Aang, Cucur, Erlan, Mela, Sherly, Yoga, Agung, Heny, Andre, Sartika, Citra, Deddy, Komjay, Tama, Adhi, Mona, Koko, Sarah, Ami, Ivan, Tomi, Paul, Chintya, Melissa, Gersen, Ratna, Cheryl, Deta, Landra, Atse, Rangga, Handoyo, Wiwid, Santi, Arnel, dan Ariel. Terima kasih untuk 4 tahun yang berkesan.
20. Pihak-pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Tuhan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama ini. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan untuk penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Depok, 21 Juni 2011

Penulis

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

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

Nama : Bayu Pramudyo Widinugroho
NPM : 0706274501
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

Evaluasi Postur Kerja Mahasiswa/i Tingkat Profesi FKG-UI pada Tindakan Pembersihan Karang Gigi dengan Posisi Duduk dalam *Virtual Environment* beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/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 : 21 Juni 2011

Yang menyatakan



(Bayu Pramudyo Widinugroho)

ABSTRAK

Nama : Bayu Pramudyo Widinugroho
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Evaluasi Postur Kerja Mahasiswa/i Tingkat Profesi FKG-UI pada Tindakan Pembersihan Karang Gigi dengan Posisi Duduk dalam *Virtual Environment*.

Gangguan muskuloskeletal merupakan isu global dalam profesi kedokteran gigi. Penelitian ini mengevaluasi postur kerja para mahasiswa/i yang berisiko menimbulkan gangguan muskuloskeletal di masa datang pada tindakan pembersihan karang gigi dengan posisi duduk. Hasil evaluasi dengan pendekatan *virtual environment* menunjukkan kondisi aktual memiliki risiko muskuloskeletal untuk tubuh bagian atas yaitu leher, bahu, dan punggung. Simulasi pada *virtual environment* yang mengacu pada postur kerja duduk ideal menunjukkan tindakan pembersihan karang gigi yang ergonomis dapat dilakukan dengan sudut sandaran *dental unit* 15°. Dalam menangani kuadran 1 dan 4 digunakan posisi kerja jam 9, sedangkan pada kuadran 2 dan 3 digunakan posisi jam 11.

Kata Kunci :
Postur Kerja, Gangguan Muskuloskeletal, Dokter Gigi, Pembersihan Karang Gigi, *Virtual Environment*

ABSTRACT

Nama : Bayu Pramudyo Widinugroho
Program Studi : Industrial Engineering
Judul : Working Posture Evaluation of Clinical Student in the Faculty of Dentistry UI for Scaling Task at Sitting Position in Virtual Environment

Musculoskeletal disorders (MSDs) are global issues in dental profession. This research evaluates the MSDs risk caused by sitting working posture of clinical student in scaling task. The evaluation with virtual environment approach shows risk of MSDs in their upper extremities such as neck, shoulder and trunk. Further simulation based on ideal sitting working posture shows that ergonomic scaling could be achieved when the patient sits at 15° angle. When scaling at the 1st and 4th quadrant of the teeth, 9 o'clock position is used. Hence, the 11 o'clock position is used while scaling at the 2nd and 3rd quadrant.

Kata Kunci : Working Posture, Musculoskeletal Disorder, Dentist, Scaling, Virtual Environment.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR RUMUS	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3 Rumusan Permasalahan	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	10
2. DASAR TEORI	13
2.1 Ergonomi.....	13
2.2 Anthropometri	13
2.2.1 Anthropometri dalam Perancangan Kerja.....	14
2.2.2 Persentil dalam Anthropometri	15
2.2.2.1 Dasar Perhitungan Persentil	15
2.2.2.2 Aplikasi Persentil dalam Anthropometri	17
2.2.2.3 Penggunaan <i>Database</i> Anthropometri	18
2.3 <i>Virtual Environment</i> dan <i>Digital Human Model</i>	19
2.4 <i>Jack Human Simulation</i>	21
2.4.1 Perangkat Analisis Ergonomi dalam Jack.....	23
2.4.2 Modules dalam Jack.....	25
2.5 <i>Motion Capture</i>	25

2.5.1	Vicon <i>Motion Capture System</i>	27
2.6	Sistem Muskuloskeletal	28
2.6.1	Bidang Acuan dan Gerakan Manusia.....	28
2.6.2	Definisi Gangguan Muskuloskeletal (<i>Musculoskeletal Disorder / MSD</i>).....	32
2.6.3	Gangguan Muskuloskeletal pada Profesi Dokter Gigi.....	33
2.7	Postur Kerja.....	35
2.7.1	Postur Statis yang Berlangsung Lama (<i>Prolonged Static Posture</i>) .	35
2.7.2	Postur Duduk.....	36
2.7.3	Postur Kepala	39
2.7.3.1	Postur dan Daya Pandang	40
2.7.3.2	Inklinasi Kepala.....	41
2.7.3.3	Postur Leher	41
2.7.4	Postur Bahu	42
2.7.5	Postur Lengan	44
2.7.5.1	Lengan Atas.....	44
2.7.5.2	Siku, Lengan Bawah, dan Pergelangan Tangan.....	44
2.7.6	Postur Punggung	48
2.8	<i>Posture Evaluation Index (PEI)</i>	49
2.8.1	Analisis Lingkungan Kerja	50
2.8.2	Analisis Jangkauan dan Aksesibilitas	51
2.8.3	Analisis Static Strength Prediction (SSP)	51
2.8.4	Penilaian <i>Lower Back Analysis (LBA)</i>	52
2.8.5	Penilaian Ovako <i>Working Posture Analysis (OWAS)</i>	53
2.8.6	Penilaian RULA	57
2.8.7	Perhitungan skor PEI	59
2.9	Profesi Dokter Gigi	60
2.9.1	Pendidikan Kedokteran Gigi	61
2.9.2	Penanganan Pasien pada Praktik Dokter Gigi.....	62
2.9.3	Area Mulut yang Ditangani.....	63
2.9.4	Pembersihan Karang Gigi (<i>Scaling</i>).....	65
3.	METODE PENELITIAN.....	68
3.1	Pengumpulan Data	68
3.1.1	Identifikasi Keluhan Dokter Gigi	68
3.1.2	Observasi Aktivitas di Klinik.....	69

3.1.3	Data Anthropometri	74
3.1.4	<i>Motion Capture</i>	75
3.1.4.1	Persiapan Awal	76
3.1.4.2	Kalibrasi Sistem	76
3.1.4.3	Persiapan Subjek	78
3.1.4.4	Perekaman Gerakan dan Pembersihan Data	80
3.2	Pengolahan Data	81
3.2.1	Perhitungan <i>Posture Evaluation Index</i>	81
3.2.2	Pendekatan <i>Virtual Environment</i> dalam Uji Konfigurasi	85
3.2.2.1	Verifikasi Postur Duduk yang Ergonomis	85
3.2.2.2	Konfigurasi Area Kerja pada <i>Virtual Environment</i>	92
4.	PEMBAHASAN	96
4.1	Analisis Kondisi Aktual	96
4.1.1	Kondisi Aktual Persentil 5	96
4.1.1.1	Indeks Postur untuk Kuadran 1	97
4.1.1.2	Indeks Postur untuk Kuadran 2	98
4.1.1.3	Indeks Postur untuk Kuadran 3	99
4.1.1.4	Indeks Postur untuk Kuadran 4	100
4.1.2	Kondisi Aktual Persentil 95	101
4.1.2.1	Indeks Postur untuk Kuadran 1	101
4.1.2.2	Indeks Postur untuk Kuadran 2	102
4.1.2.3	Indeks Postur untuk Kuadran 3	103
4.1.2.4	Indeks Postur untuk Kuadran 4	104
4.1.3	Gambaran Kondisi Aktual	105
4.2	Analisis Konfigurasi	106
4.2.1	Analisis Konfigurasi untuk Persentil 5	106
4.2.1.1	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 1	107
4.2.1.2	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 2	109
4.2.1.3	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 3	112
4.2.1.4	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 4	113
4.2.2	Analisis Konfigurasi untuk Persentil 95	116
4.2.2.1	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 1	116
4.2.2.2	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 2	118
4.2.2.3	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 3	119
4.2.2.4	Konfigurasi untuk <i>Scaling</i> Kuadran 4	121

4.3	Praktik <i>Scaling</i> yang Ergonomis pada Posisi Duduk	123
4.3.1	Perbandingan dengan Kondisi Aktual.....	124
4.3.1.1	Penanganan Kuadran 1 oleh Persentil 5	124
4.3.1.2	Penanganan Kuadran 2 oleh Persentil 5	124
4.3.1.3	Penanganan Kuadran 3 oleh Persentil 5	125
4.3.1.4	Penanganan Kuadran 4 oleh Persentil 5	125
4.3.1.5	Penanganan Kuadran 1 oleh Persentil 95	126
4.3.1.6	Penanganan Kuadran 2 oleh Persentil 95	126
4.3.1.7	Penanganan Kuadran 3 oleh Persentil 95	126
4.3.1.8	Penanganan Kuadran 4 oleh Persentil 95	127
4.3.2	Panduan Postur Duduk yang Ergonomis pada Tindakan <i>Scaling</i> ..	127
5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	133
5.1	Kesimpulan	133
5.2	Saran.....	134
6.	DAFTAR REFERENSI	136
7.	LAMPIRAN	139

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Postur Kerja Dokter Gigi	2
Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
Gambar 1.3 Metodologi Penelitian	9
Gambar 2.1 Penentuan Dimensi <i>Digital Human Model</i>	21
Gambar 2.2 Grafik Antar Muka <i>Software Jack</i>	22
Gambar 2.3 Tiga Bidang dan Sumbu Utama Tubuh Manusia	29
Gambar 2.4 Istilah untuk Gerakan Manusia beserta Ilustrasinya	30
Gambar 2.5 Gerakan Punggung Manusia berdasarkan ISO 11226.....	31
Gambar 2.6 Ilustrasi Kerja Dokter Gigi saat Menangani Pasien	34
Gambar 2.7 Postur Duduk Rileks (kiri) dan Tegak (kanan)	37
Gambar 2.8 Deformasi Tulang Antarruas Saat Fleksi Lumbar.....	37
Gambar 2.9 Posisi Ideal pada Postur Duduk Berdasarkan ISO 1126	39
Gambar 2.10 Ilustrasi Inklinasi Kepala dan Fleksi Leher.....	40
Gambar 2.11 Anatomi Tulang Bahu Manusia	43
Gambar 2.12 Anatomi Otot Bahu Manusia.....	43
Gambar 2.13 Area pada Lengan Bawah dan Tangan yang Harus Dihindari oleh Tekanan	45
Gambar 2.14 Rekomendasi Postural untuk Pergelangan Tangan	46
Gambar 2.15 Rekomendasi Postural untuk Lengan Bawah.....	47
Gambar 2.16 Rekomendasi Postural untuk Siku.....	47
Gambar 2.17 Diagram Alir Pengerjaan Metode <i>Posture Evaluation Index</i>	50
Gambar 2.18 Tampilan <i>Static Strength Prediction</i> pada Jack 6.1	52
Gambar 2.19 Tampilan <i>Lower Back Analysis</i> pada Jack 6.1	53
Gambar 2.20 Contoh Kode Tujuh Digit OWAS	54
Gambar 2.21 Postur dan Makna Angka OWAS	55
Gambar 2.22 Tampilan Hasil <i>Ovako Working Posture Analysis</i> pada Jack 6.1 ...	56
Gambar 2.23 Panduan Penilaian Posisi Tubuh dengan RULA	58
Gambar 2.24 Tampilan Hasil <i>Rapid Upper Limb Assessment</i> pada Jack 6.1	59
Gambar 2.25 Area Kerja Dokter Gigi	63
Gambar 2.26 Pembagian Area Mulut dengan Pendekatan Kuadran	65
Gambar 2.27 Pembersih Karang Gigi (<i>Scaler</i>) dan Penyedot Ludah	66
Gambar 2.28 Konsep Arah Jarum Jam untuk Posisi Kerja Dokter Gigi.....	66
Gambar 3.1 Persentase Responden yang Mengalami Keluhan Gejala Gangguan Muskuloskeletal pada Bagian Tubuh Tertentu	69
Gambar 3.2 Persentase Frekuensi Keluhan Gejala Gangguan Muskuloskeletal pada Bagian Tubuh Tertentu	69
Gambar 3.3 Waktu yang Dibutuhkan untuk Menangani Pasien di Klinik.....	71
Gambar 3.4 Tindakan yang Paling Sering Dilakukan Selama Klinik.....	72
Gambar 3.5 Tindakan yang Paling Membebani Secara Fisik yang Dilakukan Selama Klinik	72
Gambar 3.6 Contoh Postur Janggal yang Terjadi Saat Praktik	73
Gambar 3.7 <i>Dental Unit</i> di Klinik Integrasi dan Kode Dimensinya	74
Gambar 3.8 Kursi Dokter Gigi di Klinik Integrasi	74
Gambar 3.9 Manekin yang Digunakan pada Pengambilan Data	76

Gambar 3.10 Kalibrasi Ruang Penangkapan Gerak pada <i>Motion Capture</i>	77
Gambar 3.11 Peletakkan <i>L-Frame</i> pada <i>Force Plate</i> dalam Kalibrasi	78
Gambar 3.12 Posisi <i>T-pose</i> saat Kalibrasi Subjek	80
Gambar 3.13 Kerangka <i>Pipeline</i> Subjek pada <i>Vicon Nexus</i>	81
Gambar 3.14 Integrasi <i>Pipeline</i> Gerakan Kerangka pada <i>Vicon Nexus</i> (kiri) dengan Manekin Model Manusia pada <i>Jack 6.1</i> (kanan).....	82
Gambar 3.15 Contoh Tampilan Hasil SSP, LBA, OWAS, dan RULA	83
Gambar 3.16 Pengerjaan Verifikasi Postur Ergonomis dengan <i>Jack 6.1</i>	87
Gambar 3.17 Alat Kedokteran Gigi untuk <i>Scaling</i> dalam <i>Virtual Environment</i> ..	95
Gambar 4.1 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 1	97
Gambar 4.2 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 2	99
Gambar 4.3 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 3	100
Gambar 4.4 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 4	101
Gambar 4.5 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 1	102
Gambar 4.6 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 2	103
Gambar 4.7 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 3	104
Gambar 4.8 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 4	105
Gambar 4.9 Pengaturan RULA dalam Uji Konfigurasi	107
Gambar 4.10 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 1	109
Gambar 4.11 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 8	111
Gambar 4.12 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 12	113
Gambar 4.13 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 13	115
Gambar 4.14 Area Pandangan Mata pada Konfigurasi 13 (Kiri) dan Konfigurasi 16 (Kanan) dalam <i>Virtual Environment</i>	116
Gambar 4.15 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 17	117
Gambar 4.16 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 24	119
Gambar 4.17 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 28	121
Gambar 4.18 Area Pandangan Mata pada Konfigurasi 30 (Kiri) dan Konfigurasi 32 (Kanan) dalam <i>Virtual Environment</i>	122
Gambar 4.19 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 29	123
Gambar 4.20 Format Prosedur pada Fakultas Kedokteran Gigi UI	128
Gambar 4.21 Pengaturan Derajat Sandaran <i>Dental Unit</i> pada Sudut 15°	129
Gambar 4.22 Postur yang Simetris	130
Gambar 4.23 Penggunaan Penyangga Siku saat <i>Scaling</i>	131
Gambar 4.24 Sudut Maksimal Lutut dan Sudut Siku yang Disarankan	132

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penjelasan Ergonomi lewat Pendekatan Struktur Sederhana.....	13
Tabel 2.2 Daftar Nilai z untuk Persentil Tertentu	17
Tabel 2.3 Kemampuan Rentang Sudut pada Tubuh Manusia.....	32
Tabel 2.4 Faktor Risiko Ergonomis dalam Profesi Dokter Gigi.....	34
Tabel 2.5 Penjelasan Tindakan dari Empat Skala OWAS.....	55
Tabel 2.6 Penjelasan Tindakan dari Empat Skala OWAS.....	56
Tabel 2.7 Penjelasan Empat Level Tindakan RULA.....	59
Tabel 2.8 Posisi <i>Scaling</i> yang Disarankan berdasarkan Area Mulut.....	67
Tabel 3.1 Data Anthropometri Indonesia untuk Persentil 5 dan 95.....	75
Tabel 3.2 Posisi Penempatan <i>Marker</i> pada <i>Template</i> Jack-RT.....	78
Tabel 3.3 Posisi Penempatan <i>Marker</i> pada <i>Template</i> Jack-RT (sambungan).....	79
Tabel 3.4 Hasil Perhitungan PEI untuk Kondisi Aktual Persentil 5.....	83
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan PEI untuk Kondisi Aktual Persentil 95.....	84
Tabel 3.6 Sudut Aktual Segmen Tubuh Persentil 5.....	84
Tabel 3.7 Sudut Aktual Segmen Tubuh Persentil 95.....	85
Tabel 3.8 Rekomendasi Postur Duduk yang Ergonomis untuk Segmen Tubuh pada Area Lengan.....	88
Tabel 3.9 Rekomendasi Sudut Postur Duduk yang Ergonomis untuk Segmen Tubuh pada Area Punggung, Kepala, dan Area Kaki.....	90
Tabel 3.10 Hasil Verifikasi Postur Kerja Duduk yang Ideal.....	91
Tabel 3.11 Hasil Verifikasi Postur Kerja Duduk yang Ideal (sambungan).....	92
Tabel 3.12 Konfigurasi yang Diuji dalam Penelitian.....	94
Tabel 4.1 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 1.....	98
Tabel 4.2 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 2.....	99
Tabel 4.3 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 3.....	100
Tabel 4.4 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 4.....	101
Tabel 4.5 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 1.....	102
Tabel 4.6 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 2.....	103
Tabel 4.7 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 3.....	104
Tabel 4.8 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 4.....	105
Tabel 4.9 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 1	108
Tabel 4.10 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 1.....	108
Tabel 4.11 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 1.....	109
Tabel 4.12 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 2 ..	110
Tabel 4.13 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 2.....	110
Tabel 4.14 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 8.....	111
Tabel 4.15 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 3 ..	112
Tabel 4.16 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 3.....	112
Tabel 4.17 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 12.....	113
Tabel 4.18 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 4 ..	114

Tabel 4.19 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 4.....	114
Tabel 4.20 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 13.....	115
Tabel 4.21 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 1	117
Tabel 4.22 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 1.....	117
Tabel 4.23 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 17.....	117
Tabel 4.25 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 2	118
Tabel 4.26 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 2.....	118
Tabel 4.24 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 17 (sambungan).....	118
Tabel 4.27 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 24.....	119
Tabel 4.28 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 3	120
Tabel 4.29 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 3.....	120
Tabel 4.30 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 28.....	121
Tabel 4.31 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk <i>Scaling</i> Kuadran 4	122
Tabel 4.32 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 4.....	122
Tabel 4.33 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 29.....	123

DAFTAR RUMUS

Rumus (2.1) Persentil	16
Rumus (2.2) Rata-rata	16
Rumus (2.3) Standar Deviasi	16
Rumus (2.4) Persentil <i>Z Score</i>	17
Rumus (2.5) Persamaan <i>Static Strength Prediction</i>	51
Rumus (2.6) <i>Posture Evaluation Index</i>	59



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuesioner Nordic <i>Body Map</i>	139
Lampiran 2. Kuesioner Identifikasi Awal Klinik Integrasi FKG-UI	140
Lampiran 3. Data Persentil Anthropometri Indonesia	142



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Industri kesehatan (*health care industry*) adalah salah satu industri dengan pertumbuhan paling cepat di seluruh dunia. Pada negara maju, industri kesehatan dapat berkontribusi terhadap kurang lebih 10% dari PDB negara tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa industri kesehatan memegang peranan penting baik terhadap perekonomian maupun dalam fungsinya untuk mewujudkan masyarakat yang sehat dalam suatu negara. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan para pekerja maupun ahli di bidang layanan kesehatan yang terampil dan produktif. Penerapan praktik kesehatan kerja di lingkungan sektor layanan kesehatan adalah salah satu upaya untuk menciptakan tenaga layanan kesehatan yang produktif sesuai dengan UU No.23 Tahun 1992 tentang Kesehatan serta KMK No.432 Tahun 2007. Sayangnya, hasil studi Departemen Kesehatan RI pada tahun 2005 menunjukkan bahwa 40,5% pekerja di Indonesia masih memiliki keluhan gangguan kesehatan yang berhubungan dengan pekerjaannya. Keluhan tersebut meliputi gangguan saraf (60%), gangguan muskuloskeletal (16%), kardiovaskular (8%), gangguan kulit (1,3%), serta gangguan telinga hidung tenggorokan (1%). Salah satu jenis layanan kesehatan di dunia yang sering mengalami gangguan kesehatan akibat kerja adalah penanganan kesehatan gigi dan mulut oleh para dokter gigi.

Kesehatan gigi dan mulut memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tubuh manusia secara keseluruhan, sehingga untuk itulah dokter gigi diperlukan. Dalam pekerjaannya sehari-hari dokter gigi diharuskan untuk melakukan perawatan yang membutuhkan ketelitian di area perawatan yang relatif kecil yaitu daerah mulut. Oleh karena itu, tidak jarang kita jumpai dokter gigi yang melakukan pekerjaannya dengan posisi janggal dalam waktu yang relatif lama dengan pergerakan tangan yang presisi seperti ditunjukkan pada gambar 1.1. Hal ini tentu saja dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan kerja bagi tubuh dalam konteks ergonomi. Dalam KMK No. 432 Tahun 2007 bahaya potensial ergonomis yang berisiko terhadap kesehatan meliputi pekerjaan manual (seperti

mengangkat beban), postur yang janggal dalam melakukan pekerjaan, serta pekerjaan yang berulang (repetitif). Beberapa deskripsi ini cocok dengan pekerjaan yang dilakukan oleh dokter gigi dalam kesehariannya sehingga diperlukan langkah preventif untuk mengurangi risiko kesehatan tersebut. Secara statistik, keluhan muskuloskeletal telah menjadi hal yang umum dalam profesi dokter gigi di seluruh dunia. Hayes et.al (2009) melakukan tinjauan terhadap 95 laporan dan penelitian mengenai risiko muskuloskeletal dokter gigi di 8 negara mulai dari Amerika Serikat hingga Thailand dengan kesimpulan keluhan muskuloskeletal dialami oleh responden dengan rentang 64% - 93% sampel. Bagian tubuh yang sering mengalami keluhan antara lain punggung (36,3% - 60,1%), leher (19,8% - 85%), dan tangan (60% - 69.5%). Ini menunjukkan bahwa masalah muskuloskeletal dalam profesi ini adalah masalah global yang harus ditangani.



Gambar 1.1 Postur Kerja Dokter Gigi

(sumber: *OralHealth* dan *Journal of Experimental Medical & Surgical Research*)

Menurut WHO (*World Health Organization*), gangguan muskuloskeletal (*musculoskeletal disorder / MSD*) adalah gangguan pada otot, tendon, sendi, ruas tulang belakang (*vertebral disc*), saraf perifer, dan sistem vaskuler yang tidak terjadi secara akut maupun tiba-tiba (*acute or instaneous*) namun secara perlahan dan kronis (*gradually and chronically*). Gangguan ini disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya adalah faktor pekerjaan seperti distorsi postur, postur statis yang terlampaui lama, dan gerakan repetitif. Sifat gangguan muskuloskeletal (MSD) yang cenderung muncul perlahan seringkali dianggap remeh oleh para

dokter gigi. Namun menurut Yee et.al (2005), MSD bisa memperpendek waktu kerja mingguan para dokter gigi. Bahkan di Finlandia, menurut Lehto et.al (1991) tercatat adanya kehilangan waktu kerja dengan rata-rata 1,7 hari/dokter gigi serta absensi rata-rata 0,7 hari/dokter gigi. Tidak hanya itu, menurut Leggat et.al (2007) dan Crawford (2005) et.al MSD juga terbukti berkontribusi terhadap berkurangnya produktivitas bahkan berakhirnya karier seorang dokter gigi. Tentu saja, risiko ini merupakan sesuatu yang serius sehingga diperlukan penanganan preventif serta edukasi sejak para dokter gigi masih berada pada masa pembelajaran di fakultas kedokteran gigi.

Walaupun para dokter gigi telah lama mengetahui bahwa posisi duduk lebih disarankan untuk mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal akibat postur statis yang terlalu lama dan melelahkan, namun menurut Anghel et.al (2007) tidak bisa dipungkiri pula bahwa terdapat risiko gangguan muskuloskeletal saat dokter gigi bekerja pada posisi duduk. Banyak tindakan medis yang dilakukan dokter gigi dilakukan dalam posisi duduk secara statis, sehingga jika aktivitas ini tidak dilakukan dengan benar akan timbul risiko yang sama.

Seriusnya risiko yang ditimbulkan serta keluhan global para dokter gigi dalam kesehariannya, menjadi dasar perlunya pelaksanaan edukasi terhadap para calon dokter gigi dalam hal postur kerja. Nyatanya, keluhan muskuloskeletal telah muncul bahkan dari kalangan mahasiswa kedokteran gigi yang baru belajar dan memiliki sedikit jam praktik. Morse et.al (2007) dalam penelitiannya menemukan bahwa para mahasiswa telah mengeluhkan gangguan muskuloskeletal sejak memasuki masa kerja praktik di klinik. Di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia (FKG-UI) sendiri, ditemukan bahwa 80% dokter gigi yang kerja praktik mengalami gangguan muskuloskeletal terutama pada leher, bahu, lengan bawah, tangan, dan punggung menurut skrining dari Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat dan Kedokteran Gigi Pencegahan (2011). Persentase tersebut tergolong besar untuk para dokter gigi yang baru menjalankan praktik dalam periode yang relatif pendek. Oleh karena itu, diperlukan analisis terhadap praktik para mahasiswa di klinik pembelajaran untuk memberikan masukan posisi kerja yang ergonomis.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Pada gambar 1.2 di halaman berikutnya dapat dilihat diagram keterkaitan masalah dari penelitian ini. Diagram tersebut dapat memberikan ulasan mengenai permasalahan serta keterkaitan antara gejala masalah yang ada.

1.3 Rumusan Permasalahan

Dari latar belakang serta diagram keterkaitan masalah dapat dilihat bahwa permasalahan dalam penelitian ini adalah belum adanya suatu penelitian di Indonesia terhadap risiko muskuloskeletal pada praktik dokter gigi dalam menangani pasien pada posisi duduk di universitas. Oleh karena itu, penelitian ini akan menganalisis postur serta gerakan dokter gigi saat menangani pasiennya dalam *virtual environment*. Hasil analisis terhadap risiko tersebut kemudian akan digunakan sebagai acuan untuk membuat suatu panduan kerja dokter gigi yang ergonomis.

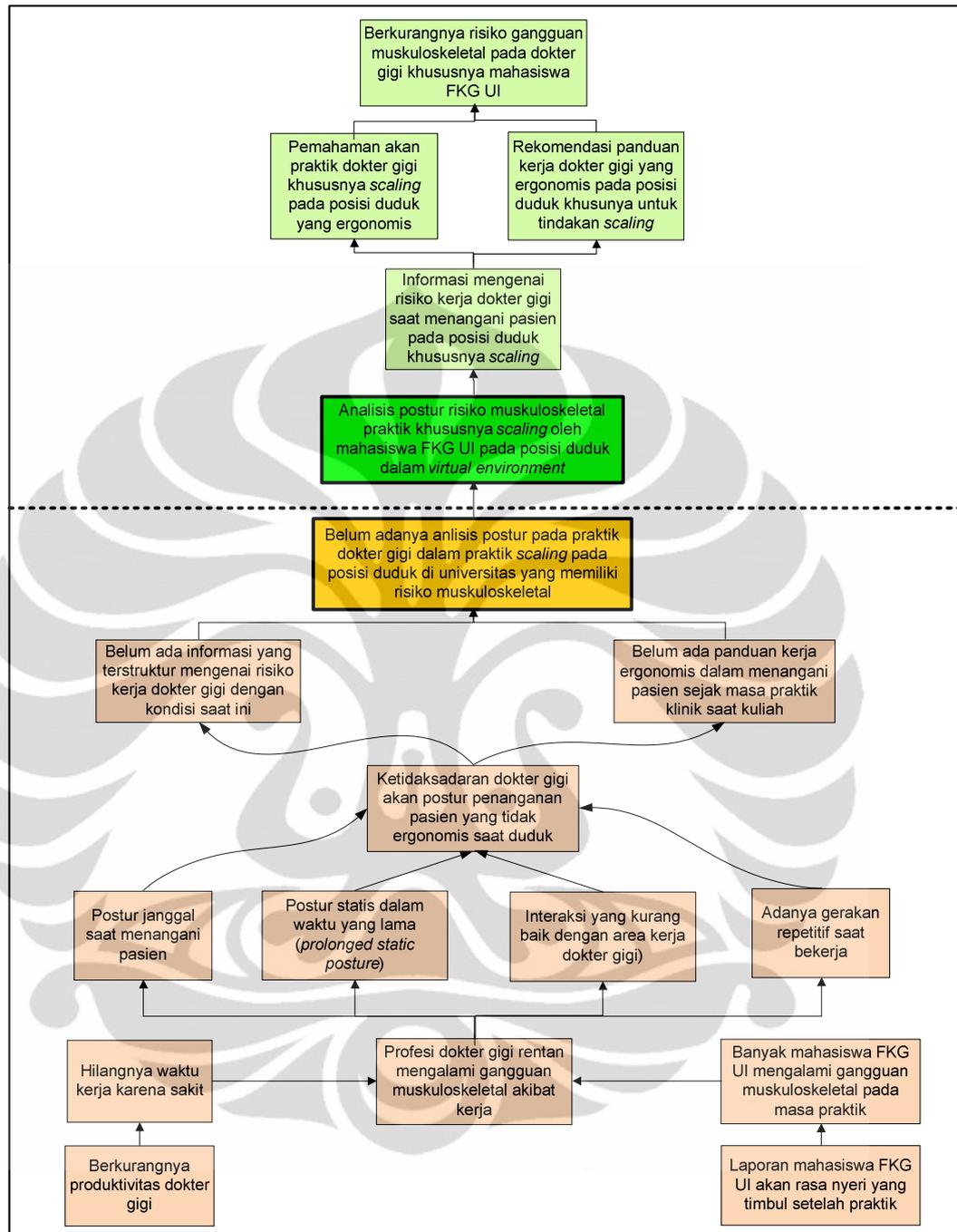
1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi postur kerja mahasiswa/i tingkat profesi FKG UI pada posisi duduk khususnya tindakan pembersihan karang gigi (*scaling*) untuk melihat risiko muskuloskeletal saat menangani pasien dan mengembangkan panduan kerja *scaling* yang ergonomis bagi para mahasiswa/i tingkat profesi FKG-UI.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut,

- Penelitian dilakukan terhadap mahasiswa tingkat profesi FKG UI yang sedang mengerjakan pasien di klinik integrasi 1, 2, dan 3 pada Rumah Sakit Gigi dan Penyakit Mulut Salemba.
- Praktik yang diteliti hanya dilakukan terhadap tindakan medis yang dilakukan dokter gigi pada posisi duduk.
- Aspek ergonomi yang diteliti meliputi analisis postur pada bagian leher, bahu, punggung, serta lengan.



Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

- Dalam penelitian ini akan dilakukan penyebaran kuesioner, penentuan data dimensi tubuh (*anthropometri*), serta perekaman gerakan kerja mahasiswa kedokteran gigi secara *real-time*.
- Analisis dari penelitian ini akan dilakukan dengan pendekatan *virtual environment* menggunakan perangkat lunak Vicon Nexus 1.5.1 dan Jack 6.1.

- Analisis dilakukan dengan menggunakan satu tipe *dental unit* dan kursi dokter gigi yang sering digunakan mahasiswa FKG UI untuk melakukan praktik di klinik integrasi.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian dalam menangani permasalahan yang ada. Berikut ini adalah metodologi yang dituangkan dalam beberapa tahap penelitian.

1. Pendahuluan penelitian

Sebagai dasar dari keseluruhan penelitian yang akan dilakukan, dilakukan pemilihan tema dasar serta topik penelitian. Setelah itu didefinisikan masalah dengan melakukan studi awal (*preliminary study*) untuk menentukan adanya gejala atau akar masalah serta mendapatkan pemahaman yang lebih baik mengenai kondisi lapangan dan objek penelitian. Kemudian, dicari referensi dan dasar teori terkait untuk membangun pemahaman yang kuat akan permasalahan yang akan diteliti.

Pada tahap awal penelitian dilakukan aktivitas berikut ini.

- a) Wawancara kepada subjek penelitian dan pihak terkait
- b) Observasi langsung kondisi lapangan
- c) Pencarian literatur dan referensi pendukung
- d) Penyebaran kuesioner kepada para mahasiswa FKG UI untuk mengetahui keluhan akibat kerja.
- e) Menentukan tujuan dan rumusan masalah dalam penelitian.
- f) Mencari dan mempelajari analisis yang akan digunakan dalam pengolahan data.

2. Pengumpulan data

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data primer maupun sekunder. Sebelum mengumpulkan data, terlebih dahulu dilakukan perencanaan awal untuk menentukan data yang akan diambil serta metode pengambilannya. Data primer yang akan diambil meliputi data berikut ini.

- a) Data *anthropometri* mahasiswa FKG UI yang melakukan kerja praktik di klinik integrasi Rumah Sakit Gigi dan Penyakit Mulut Salemba menggunakan Anthropometer milik Ergonomic Center UI.

- b) Rekaman video aktivitas dokter gigi saat menangani pasien pada posisi duduk menggunakan *handycam* atau kamera digital.

Selain itu, terdapat beberapa data sekunder yang akan diambil meliputi data berikut ini.

- a) Informasi mengenai cara kerja dokter gigi menangani pasien saat duduk dari literatur kedokteran gigi dan instruktur klinik.
- b) Nilai batas risiko nyeri punggung bawah, sudut ambang bagian tubuh tertentu seperti leher maupun punggung, serta informasi mengenai arti nilai risiko RULA dan OWAS.
- c) Dimensi area kerja mahasiswa FKG UI yang digunakan dalam keseharian praktik di klinik integrasi.
- d) Data antropometri orang Indonesia

Adapun fasilitas pendukung penelitian yang diperlukan yaitu sebuah *dental unit* beserta peralatannya dan manekin pasien untuk mensimulasikan aktivitas dokter gigi secara nyata.

3. Pengolahan data

Setelah diperoleh data primer maupun sekunder pada tahap pengumpulan data, maka data tersebut diolah untuk selanjutnya dianalisis pada tahap berikutnya. Data *anthropometri* yang telah didapatkan akan diolah secara statistik untuk mendapatkan informasi deskriptif seperti rata-rata hingga persentil. Data antropometri berguna untuk *template* ukuran kerangka dan manekin pada *virtual environment* baik dalam Vicon Nexus maupun Jack 6.1. Untuk membuat rangkaian gerakan di *virtual environment* menyerupai kondisi aslinya, maka ditaruh pula benda 3 dimensi berupa *dental unit* dan kursi dokter gigi di dalamnya. Benda 3 dimensi tersebut dibuat dengan bantuan perangkat lunak NX 6.0.

Tahap selanjutnya dalam pengolahan data adalah perekaman gerakan pada fasilitas *motion capture*. Gerakan dokter gigi yang sedang menangani pasien pada kondisi duduk direkam dengan fasilitas tersebut sehingga didapatkan data animasi gerakan yang *real-time*. Data yang telah didapatkan disempurnakan (diantaranya dengan *gap filling*) terlebih dahulu untuk kemudian diolah dengan *software* Jack. Untuk *template* Jack-RT informasi *Static Strength Prediction*

(SSP), informasi nilai kompresi punggung bawah, nilai risiko OWAS, dan RULA diolah dalam formula PEI (*Posture Evaluation Index*). Sedangkan rekaman video digunakan untuk melihat perilaku dari aktivitas dokter gigi saat menangani pasien pada posisi duduk.

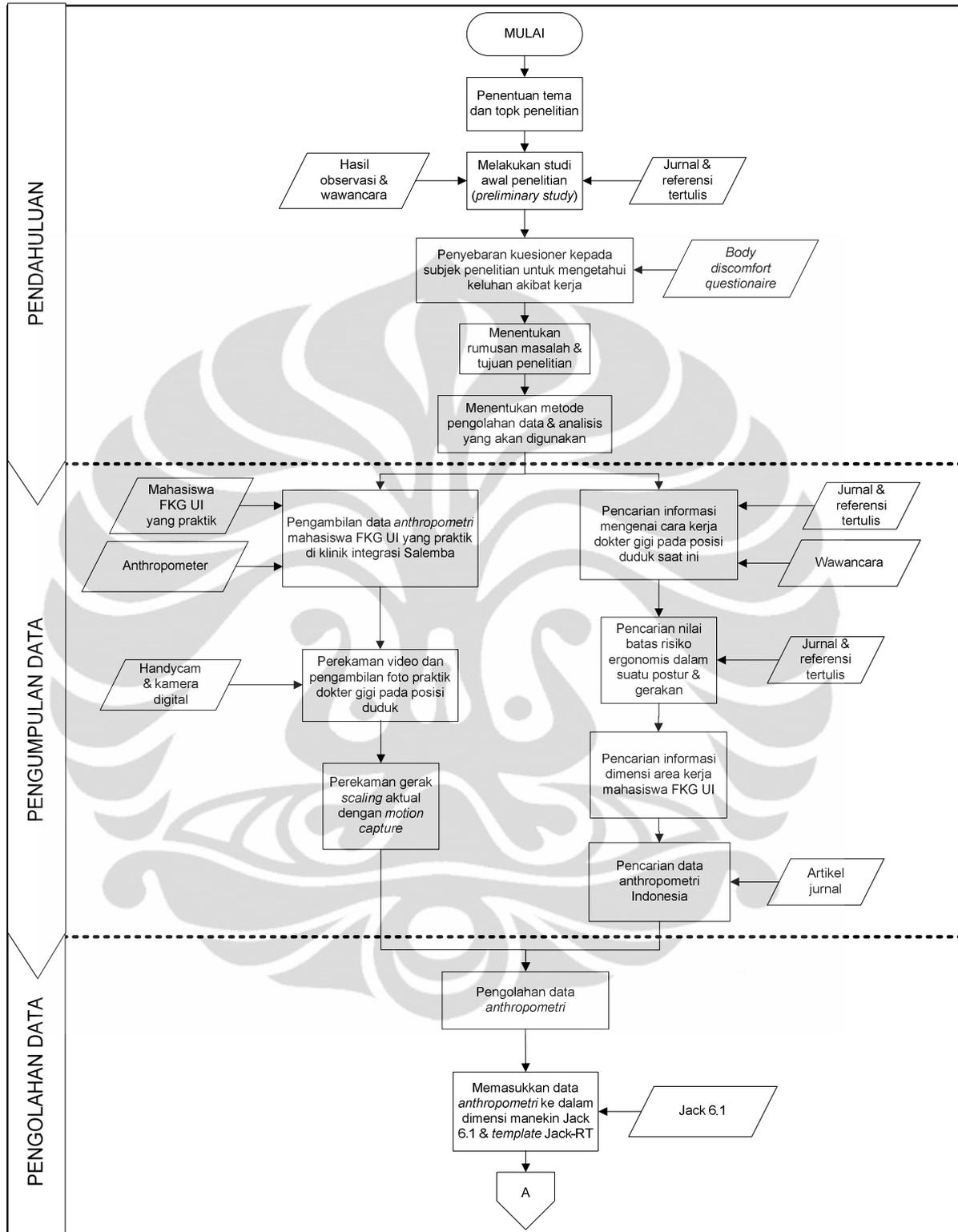
4. Analisis data

Data yang telah diolah pada tahap sebelumnya dianalisis untuk mencapai tujuan penelitian. Menggunakan hasil perhitungan PEI dan analisis sudut anggota tubuh bisa diketahui risiko ergonomi dari postur praktik mahasiswa FKG UI saat ini pada posisi duduk secara kuantitatif. Data tersebut kemudian dijadikan acuan untuk membuat rekomendasi panduan kerja praktik dokter gigi yang ergonomis tanpa mengesampingkan faktor kemudahan dokter gigi dalam menangani pasiennya. Selanjutnya, dibuat beberapa konfigurasi yang diajukan untuk mencapai nilai risiko yang paling kecil dari perhitungan PEI dan analisis grafik.

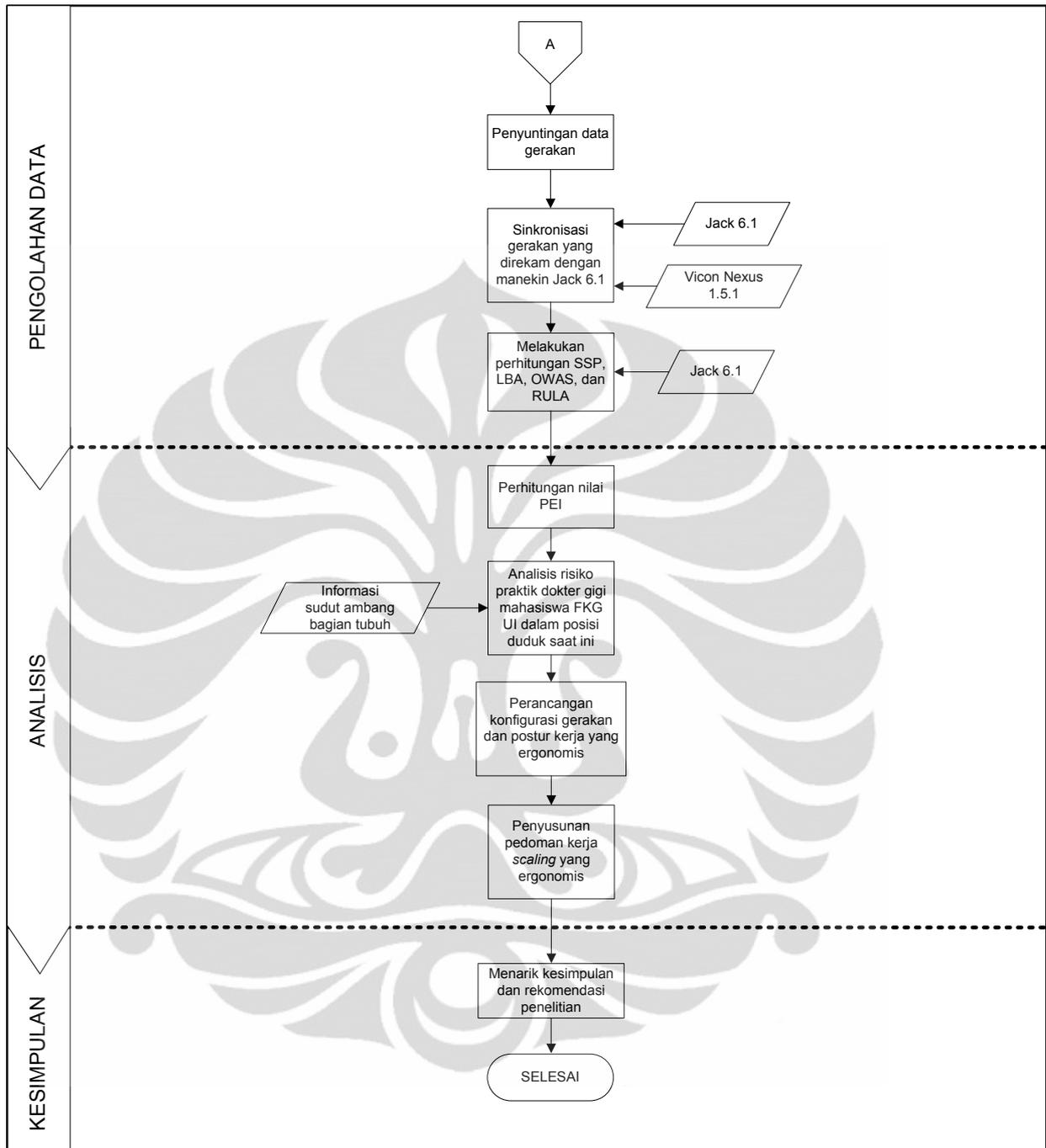
5. Penarikan kesimpulan

Dalam tahapan ini akan ditarik kesimpulan mengenai keseluruhan penelitian, serta saran dan masukan yang berguna untuk menciptakan suatu panduan kerja dokter gigi yang ergonomis pada posisi duduk di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia.

Metodologi penelitian dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada gambar 1.3 di halaman berikutnya.



Gambar 1.3 Metodologi Penelitian



Gambar 1.3 Metodologi penelitian (sambungan)

1.7 Sistematika Penulisan

Sebagai salah satu bentuk karya ilmiah, maka penelitian ini perlu dituangkan dalam bentuk tulisan yang sistematis dan terstruktur. Untuk itu dapat dilihat sistematika penulisan dari skripsi ini yang didasari oleh pedoman penulisan tugas akhir Universitas Indonesia.

Pada bab 1 dijelaskan mengenai paparan singkat yang melatarbelakangi alasan penelitian ini dilakukan. Selain itu, bab ini juga memberikan gambaran mengenai gejala masalah yang saling berkaitan dalam suatu masalah yang hendak diatasi di akhir penelitian ini menggunakan tahap-tahap metodologi yang terstruktur. Besarnya ruang lingkup penelitian juga dibahas sehingga diketahui batasan dalam penelitian ini. Di bagian akhir, bab ini menjelaskan mengenai sistematika dari penulisan penelitian ini beserta gambaran umum dari tiap bab yang terkandung di dalamnya.

Pada bab 2 penelitian ini, dijelaskan mengenai landasan teori dari berbagai aspek yang terkait dengan penelitian ini untuk memberikan dasar pemikiran yang kuat dalam menyelesaikan masalah yang ada. Di dalamnya dijelaskan mengenai berbagai teori mengenai ergonomi, postur kerja, profesi dan cara kerja dokter gigi, *virtual environment*, hingga metode yang digunakan untuk melakukan analisis data penelitian.

Pada bab 3 dijelaskan mengenai pelaksanaan metodologi penelitian yang meliputi aktivitas serta metode pengumpulan dan pengolahan data. Proses pengambilan data sekunder dan data primer mulai dari data *anthropometri* hingga *motion capture* dijelaskan dengan rinci. Selanjutnya pada bab ini juga dapat ditemukan bagaimana proses pengolahan data yang telah didapatkan sebelumnya dengan berbagai analisis ergonomis.

Pada bab 4 hasil pengolahan data dari bab sebelumnya dianalisis untuk memperoleh nilai risiko ergonomis dari aktivitas dokter gigi dalam menangani pasien pada posisi duduk. Selanjutnya untuk memberikan rekomendasi posisi kerja yang ergonomis maka dilakukan analisis lebih lanjut terhadap konfigurasi rancangan kerja yang telah ditentukan sebelumnya hingga diperoleh nilai risiko yang terkecil dengan batasan tertentu dari aspek kerja maupun ergonomi.

Pada bab 5 ditarik berbagai kesimpulan yang diperoleh sepanjang penelitian ini dilakukan. Rekomendasi untuk pengembangan penelitian di masa datang dituangkan pula pada bab ini.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu kata *ergon* dan *nomos*. *Ergon* memiliki arti kerja sedangkan *nomos* berarti hukum atau ilmu, sehingga secara singkat ergonomi dapat diartikan sebagai ilmu mengenai kerja. Pada bulan Agustus tahun 2000, *International Ergonomics Association* (IEA) mendefinisikan ergonomi sebagai suatu disiplin ilmu pengetahuan yang mempelajari pemahaman akan interaksi antara manusia dengan elemen lainnya dalam suatu sistem, dan merupakan profesi yang mengaplikasikan teori, prinsip, data, dan metode untuk merancang dengan tujuan mengoptimalkan kenyamanan manusia dan performa sistem secara keseluruhan.

Di sisi lain lewat pemahaman dari berbagai definisi ergonomi yang tercatat, Dempsey et.al (2000) menyatakan bahwa ergonomi adalah perancangan dan rekayasa sistem manusia dengan mesin untuk tujuan meningkatkan performa manusia yang meliputi kesehatan, keselamatan, dan produktivitas (Karwoski, 2001, p.34). Sedangkan menurut Karwowski (2001) berdasarkan termin yang sering digunakan, definisi ergonomi meliputi lima hal utama yaitu,

- a. Perancangan dan rekayasa sistem manusia dengan mesin
- b. Mengaplikasikan ilmu pengetahuan untuk orang-orang yang bekerja dalam suatu lingkungan tertentu.
- c. Mempelajari batasan kemampuan seseorang berkaitan dengan operasi kerja yang aman.
- d. Meningkatkan pengetahuan dalam menyesuaikan antara pengguna dengan pekerjaannya.
- e. Perancangan tatap muka (*interface*) antara manusia dengan mesin dalam suatu sistem.

Selain itu, Karwowski (2001) juga membuat suatu struktur sederhana untuk menjelaskan ilmu ergonomi lewat pendekatan *who, what, how, when/where*, dan *goal* yang dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Penjelasan Ergonomi lewat Pendekatan Struktur Sederhana
 A Short List of Terms Assigned to a Simple Category
 Structure Describing Human Factors/Ergonomics

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

(Sumber: Karwowski, Waldemar. 2001. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors: Volume 1*. London: Taylor & Francis Inc.)

IEA juga membagi ergonomi menjadi tiga area spesialisasi yaitu,

- a. Ergonomi fisik (*physical ergonomics*), mempelajari keserasian antara anatomi manusia, dimensi tubuh, fisiologi, dan karakteristik biomekanika, serta parameter statis dan dinamis dalam kerja fisik. Berbagai isu yang relevan dengan spesialisasi ini meliputi postur kerja, penanganan barang (*material handling*), gerakan repetitif, gangguan muskuloskeletal akibat kerja, serta keselamatan dan kesehatan kerja
- b. Ergonomi kognitif (*cognitive ergonomics*), mempelajari proses mental seperti persepsi, proses pengolahan informasi manusia, dan respons motorik yang berkaitan dengan interaksi manusia dengan elemen lainnya dalam sistem.
- c. Ergonomi sosial dan organisasi (*social & organizational ergonomics*), mempelajari optimalisasi sistem kerja yang meliputi struktur organisasi, kebijakan dan proses organisasi. Topik yang relevan dengan spesialisasi ini meliputi pertimbangan komunikasi antara manusia dengan system, manajemen sumber daya pekerja, perancangan dan pengelolaan kerja, kerja sama tim, pekerjaan kooperatif, dan TQM.

2.2 Anthropometri

Menurut Pheasant (2003), anthropometri adalah suatu cabang ilmu pengetahuan manusia yang mempelajari mengenai pengukuran tubuh yang meliputi besaran, bentuk, kekuatan tubuh serta kemampuan kerja. Dalam ergonomi, anthropometri sangatlah penting karena berguna untuk menyelaraskan bentuk fisik serta dimensi suatu produk atau lingkungan kerja dengan

penggunanya serta dapat juga digunakan untuk menyelaraskan kebutuhan fisik dari suatu pekerjaan dengan kapasitas tenaga kerja yang diperlukan.

2.2.1 Anthropometri dalam Perancangan Kerja

Dalam studi perancangan kerja, menurut Niebel dan Freivalds (2003) dikenal tiga jenis perancangan yang didasari oleh data anthropometri yaitu *design for extremes*, *design for adjustability*, *design for average*. Rancangan untuk kalangan ekstrim (*design for extremes*), merupakan suatu perancangan yang dilakukan dengan mempertimbangkan fitur tertentu untuk mengakomodasi nilai minimum ataupun maksimal dari suatu populasi. Contoh yang paling umum adalah desain pintu dimana kita harus mempertimbangkan bagian populasi yang tergolong maksimal sekitar 95% dari populasi. Oleh karena itu digunakan ukuran persentil 95 untuk mendesain pintu sehingga 95% populasi dapat mengakses pintu dengan tinggi dan lebar yang cukup. Sebaliknya untuk desain pedal rem, digunakan persentil 5% sehingga sekitar 95% populasi dapat mencapai pedal tersebut. Kelemahan dari desain ini adalah adanya 5% dari populasi yang tidak terakomodir oleh desain yang dibuat.

Design for adjustability merupakan rancangan yang biasa dipakai untuk alat-alat yang bisa disesuaikan dimensinya sehingga dapat mengakomodir rentang populasi yang lebih luas. Kursi, meja, hingga berbagai alat bantu dirancang untuk dapat disesuaikan dengan penggunanya. Kelemahan dari rancangan ini terletak pada biaya yang harus dikeluarkan untuk implementasi yang lebih besar dibandingkan tipe rancangan lainnya.

Rancangan untuk rerata (*design for average*) merupakan pendekatan yang paling murah namun paling tidak disarankan. Walaupun tidak banyak individu yang memiliki dimensi benar-benar pada kondisi rata-rata terdapat situasi dimana fitur penyesuaian dimensi menjadi mahal jika diterapkan. Biasanya rancangan ini diterapkan pada mesin berukuran besar dan berat sehingga pertimbangan kesesuaian tinggi untuk operator menjadi mahal. Menurut Bridger (2003) terdapat tiga tipe data anthropometri yaitu data struktural, fungsional, dan Newtonian.

Data anthropometri struktural adalah pengukuran dimensi tubuh subjek pada posisi statis atau tetap. Pengukuran dilakukan dari suatu titik anatomi khusus satu sama lain ataupun ke suatu titik tetap seperti lantai. Data seperti ini biasanya

digunakan untuk desain furnitur, ruang kendaraan serta penentuan ukuran pakaian. Perlu diperhatikan bahwa desain yang mengacu pada data ini cocok pada postur statis namun tidak untuk desain yang melibatkan pergerakan khusus.

Data antropometri fungsional adalah data yang dikumpulkan untuk menjelaskan pergerakan dari bagian tubuh tertentu dengan suatu titik acuan yang tetap. Contoh dari data seperti ini adalah data jangkauan maksimum seseorang saat berdiri. Area pergerakan tangan yang diamati dapat digunakan untuk menjelaskan area kerja yang nyaman dalam ruang lingkup jangkauan tangan operator. Data jenis ini berguna untuk merancang ruang kerja dan penempatan objek dalam jangkauan nyaman manusia yang dibutuhkan di kokpit, interior mobil, serta panel kontrol pada berbagai industri proses.

Data antropometri Newtonian adalah data yang digunakan untuk melakukan analisis mekanika beban pada tubuh manusia. Tubuh manusia diibaratkan sebagai suatu rangkaian segmen yang saling berhubungan dengan massa dan panjang yang diketahui. Data seperti ini biasanya digunakan untuk membandingkan beban pada tulang belakang yang disebabkan oleh berbagai jenis teknik angkut material.

2.2.2 Persentil dalam Anthropometri

2.2.2.1 Dasar Perhitungan Persentil

Menurut Kvanli, Pavur, dan Keeling (2003) persentil adalah salah satu cara untuk mengukur posisi suatu data yang umum digunakan. Pengukuran posisi (*measure of position*) suatu data terhadap data lainnya biasanya digunakan untuk melihat dimanakah letak suatu data diantara kumpulan data yang sama. Berbeda dengan kuartil yang melihat posisi data dalam skala empat, persentil melihatnya dalam skala ratusan. Artinya jika dalam persentil suatu kumpulan dibagi empat bagian, maka dalam persentil kumpulan data akan memiliki seratus bagian. Persentil dapat dihitung dengan dua cara yang diperuntukkan untuk kumpulan data yang berbeda. Cara pertama merupakan cara dasar penentuan persentil yang melibatkan kumpulan data dengan nilai yang disusun secara berurutan. Berikut ini adalah rumus dari perhitungan persentil,

$$\text{Persentil } p = \text{Angka ke-}x; \text{ dengan } x = n \cdot \frac{P}{100} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan aturan perhitungan,

1. Jika x bukan angka bulat, maka bulatkanlah ke atas sehingga persentil p adalah nilai pada posisi hasil angka pembulatan x tersebut.
2. Jika x adalah bilangan bulat, maka persentil p adalah nilai rata-rata dari angka ke- x dan angka ke- $x + 1$.

Contohnya jika terdapat 5 angka yaitu 10, 7, 8, 3, dan 5 maka langkah pertama adalah mengurutkan angka tersebut dari yang terkecil sehingga menjadi 3,5,7,8,10. Jika kita akan mencari persentil ke-90 maka, $x = 5 \cdot (0,9)$ yaitu 4,5 sehingga persentil 90 dari kumpulan data tersebut adalah angka ke-5 yaitu 10. Sedangkan, jika yang dicari adalah persentil ke-80 maka, $x = 5 \cdot (0,8)$ yaitu 4 sehingga persentil ke 80 adalah $\frac{8+10}{2}$ yaitu 9.

Cara perhitungan kedua melibatkan suatu kumpulan data yang terdistribusi normal sehingga menyerupai bentuk *bell-shaped*. Dalam hal ini, untuk menghitung persentil dibutuhkan dua parameter kunci dari distribusi normal yaitu rata-rata dan standar deviasi. Rata-rata adalah jumlah dari seluruh pengukuran individu yang dibagi dengan banyaknya jumlah pengukuran yang dilakukan. Rata-rata merupakan suatu ukuran tendensi pusat. Sedangkan, standar deviasi dihitung dari perbedaan antara perbedaan masing-masing individu dan rata-rata. Standar deviasi merupakan ukuran dari derajat dispersi distribusi normal. Nilai yang kecil dari standar deviasi menandakan bahwa pengukuran yang dilakukan mendekati nilai rata-rata distribusi, begitu pula sebaliknya. Pada rumus 2.1 dan 2.2 dapat dilihat rumus dari rata-rata dan standar deviasi.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Simbol \bar{x} berarti rata-rata, S berarti standar deviasi, x_n merupakan data ke- n , n berarti banyaknya data yang diambil. Rumus standar deviasi yang digunakan menggunakan asumsi bahwa populasi yang dihitung nilai S -nya adalah populasi terbatas (*finite population*).

Setelah mengetahui kedua nilai tersebut, maka persentil bisa dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini,

$$\text{Persentil ke-}p = \bar{x} + S.z \dots \dots \dots (2.4)$$

Dalam rumus tersebut terlihat suatu komponen tambahan yang belum dijelaskan sebelumnya yaitu z . Nilai z (z -score) juga merupakan suatu cara untuk mengukur posisi data dalam kumpulan data yang ada akan tetapi, nilai z dipengaruhi oleh rata-rata dan standar deviasi dari data tersebut. Untuk memperoleh nilai z kita dapat melihatnya pada tabel yang biasanya berada di belakang buku teks statistik. Adapun pada tabel 2.2 di bawah ini adalah padanan nilai z dengan persentil yang biasa dipakai dalam aplikasi ergonomi.

Tabel 2.2 Daftar Nilai z untuk Persentil Tertentu

p	z	p	z
1	-2.33	99	2.33
2.5	-1.96	97.5	1.96
5	-1.64	95	1.64
10	-1.28	90	1.28
25	-0.67	75	2.67
50	0.00		
0.1	-3.09	99.9	3.09
0.01	-3.72	99.99	3.72
0.001	-4.26	99.999	4.26

(Sumber: Pheasant, Stephen. 2003. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work*. Philadelphia: Taylor & Francis Inc.)

2.2.2.2 Aplikasi Persentil dalam Anthropometri

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, terdapat tiga jenis desain yang digunakan dalam ergonomi yaitu desain untuk ekstrim, desain untuk rerata, dan *design for adjustability*. Anthropometri memainkan peranan penting dalam mendukung ketiga jenis desain tersebut karena data dimensi tubuh manusia adalah masukan untuk merancang sesuatu yang ergonomis sehingga nyaman dipakai dan sesuai dengan tubuh manusia. Informasi mengenai ukuran tubuh yang telah didapatkan tidak serta merta digunakan dalam sebuah perancangan. Terkecuali untuk *design for adjustability*, masalah biaya serta lingkup pengguna yang dituju merupakan dua hal yang harus dipertimbangkan. Oleh karena itu, digunakanlah pendekatan persentil untuk memenuhi kedua sasaran tersebut.

Dalam desain untuk rerata sudah jelas lingkup pengguna yang akan dituju adalah persentil 50 yang merupakan rata-rata representatif terhadap populasi. Sedangkan, dalam desain untuk ekstrem bisa digunakan persentil 5 dan 95 sebagai batas atas dan bawah dari sampel yang ada. Adapun, hal yang perlu diperhatikan menurut Bridger (2003), desainer harus menganalisis peluang kesalahan penggunaan data anthropometri sehingga dapat memutuskan penggunaan data yang tepat. Kemudian, persentil yang cocok harus ditentukan berdasarkan berapa banyak populasi yang akan diakomodir oleh desain yang dibuat.

Terdapat perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Pria memiliki dimensi segmen badan yang lebih panjang dibandingkan wanita. Lipatan kulit wanita juga lebih besar dari lipatan kulit pria. Oleh karenanya, data anthropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut biasanya disajikan secara terpisah. Atas dasar inilah dalam perancangan untuk kalangan ekstrem untuk dapat digunakan persentil 5 dari wanita serta persentil 95 dari pria sebagai batas atas dan batas bawah akan distribusi dimensi tubuh yang ekstrem.

2.2.2.3 Penggunaan *Database* Anthropometri

Survey anthropometri telah banyak dilakukan untuk keperluan militer, namun lain halnya dengan data anthropometri penduduk sipil yang relatif sedikit. Di tengah sedikitnya sumber data anthropometri penduduk sipil di dunia, terdapat beberapa pihak nonmiliter yang mulai melakukan survey anthropometri untuk berbagai keperluan mulai dari akademis hingga keperluan industri. Dalam ergonomi sendiri, terdapat berbagai metode estimasi yang diturunkan dari *database* anthropometri tertentu. Pheasant (1986) memperkenalkan suatu metode bernama RASH (*Rapid Anthropometrics Scaled for Height*) yang digunakan untuk mengestimasi dimensi tubuh suatu populasi yang data anthropometrinya tidak diketahui dengan menggunakan data tinggi badan populasi target. Hal ini menunjukkan peran *database* hasil survey anthropometri untuk mendukung suatu penelitian ataupun kegiatan perancangan yang berbasis anthropometri. Reliabilitas dari penggunaan data anthropometri ini juga didukung oleh adanya suatu standardisasi yang dikeluarkan oleh *International Standards Organizations* untuk pengukuran dimensi tubuh. Hal ini dikemukakan dalam ISO DIS 7250 yang telah disepakati secara internasional.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki informasi terbatas mengenai data anthropometri penduduknya. Namun lewat artikel jurnal yang dibuat oleh Chuan, Hartono, dan Kumar (2010), Indonesia memiliki suatu *database* anthropometri yang dapat digunakan untuk acuan rancangan yang berorientasi terhadap dimensi tubuh populasi penduduk Indonesia. Data ini mewakili penduduk berumur 18-45 tahun dengan sampel sebanyak 377 orang yang terdiri dari 245 pria dan 132 wanita. Data keseluruhan anthropometri Indonesia yang ditunjukkan dengan persentil 5, 50, dan 95 untuk pria dan wanita dapat dilihat pada bagian Lampiran 3.

2.3 *Virtual Environment dan Digital Human Model*

Menurut Kalawsky (1993), *virtual environment* atau lingkungan maya adalah suatu representasi sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer yang memungkinkan penggunaanya untuk berinteraksi dengan lingkungan buatan sesuai dengan keadaan lingkungan nyata. Lingkungan maya ini biasanya memiliki beberapa atribut menurut Wilson et.al (1995) yaitu,

- a. Lingkungan dibuat menggunakan komputer dalam dunia 3 dimensi
- b. Variabel dalam lingkungan maya dapat diatur
- c. Perilaku objek dalam lingkungan maya dapat disesuaikan dengan perilakunya di dunia nyata
- d. Interaksi dalam lingkungan maya dapat dilakukan secara *real-time*

Seiring berkembangnya teknologi, *virtual environment* dapat dibuat secara detil menggunakan berbagai perangkat lunak CAD (*Computer-Aided Design*) seperti AutoCAD, NX, atau Google Sketchup. Manipulasi lingkungan yang meliputi perubahan dimensi, bentuk, atau susunan biasanya dilakukan lewat CAD untuk kemudian digabungkan dalam suatu lingkungan maya yang terintegrasi. Dalam aplikasinya di bidang ergonomi terutama untuk mendukung aktivitas perancangan, *virtual environment* erat kaitannya dengan model manusia secara digital (*digital human model*). Hal ini dikemukakan oleh Chaffin (2004), bahwa penggabungan antara *virtual environment* dengan bentuk manusia digital memungkinkan simulasi berbagai macam situasi yang berhubungan dengan bagaimana suatu perubahan desain mempengaruhi performa manusia atau risiko kesehatan dalam suatu populasi tertentu. Layaknya sebuah *virtual environment*,

Universitas Indonesia

digital human model (DHM) juga memiliki atribut yang harus dipenuhi untuk membuat suatu simulasi rancangan yang baik yaitu,

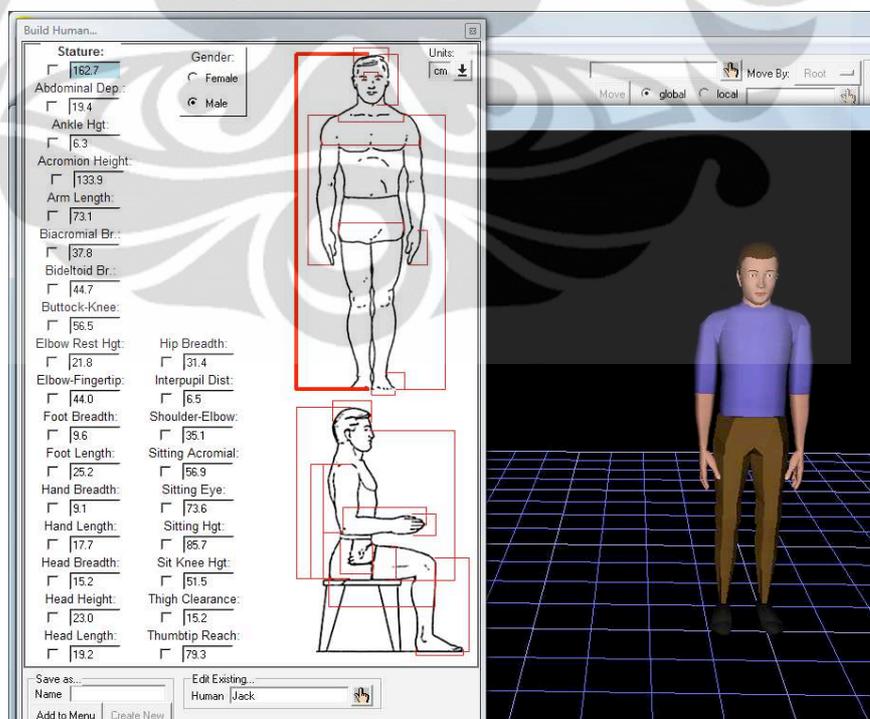
- a. DHM harus memiliki kemampuan untuk mensimulasikan beragam skenario yang dimasukkan oleh pengguna.
- b. DHM harus dapat menganalisis berbagai atribut populasi yang meliputi ukuran seseorang, bentuk, kekuatan, dan kelenturan untuk menggambarkan kapabilitas manusia yang sebenarnya.
- c. DHM harus dapat memberi tahu pengguna akan adanya suatu fungsi tubuh manusia yang terbebani oleh rancangan yang ada.
- d. DHM harus mudah dimengerti dan dimanipulasi oleh pengguna terutama dalam memasukkan input serta melihat output dari simulasi yang dilakukan.
- e. DHM harus memiliki kemampuan untuk kompatibel dengan data grafis lainnya dalam suatu lingkungan yang dibuat dalam komputer.
- f. DHM harus dapat mewakili berbagai kelompok populasi dalam pengujian rancangan.

Menurut Blanchonette (2010), pada akhir 1960an permodelan manusia telah mulai menggantikan pendekatan tradisional dalam merancang stasiun kerja di kalangan praktisi faktor manusia terutama di bidang kedirgantaraan dan otomotif. Evaluasi desain itu sendiri dilakukan dalam *virtual environment* yang menggambarkan kondisi sebenarnya. Hal ini dilakukan karena metode ini terbukti dapat mempercepat proses perancangan dan mengoptimalkan tatap-muka antara manusia dan mesin serta lingkungannya. Perkembangan dari metode ini bermula dari pengembangan First Man, perangkat lunak untuk permodelan manusia pertama, yang kemudian dikenal sebagai Boeman dalam perancangan kokpit pesawat terbang Boeing. Pada tahun 1970an, Chrysler juga menciptakan Cyberman yang merupakan perintis analisis ergonomi pada *virtual environment* di industri otomotif. Saat ini, telah banyak perangkat lunak yang lebih canggih dibandingkan dua pendahulunya. Diantara berbagai perangkat permodelan manusia yang sering dipakai antara lain MannequinPro, SAFEWORK, RAMSIS, ANTHROPOS, SAMMIE, BHMS, dan *Jack Human Simulation*.

2.4 Jack *Human Simulation*

Pertama kali dikembangkan oleh tim yang dipimpin Dr Norman Badler pada pertengahan 1980an, perangkat lunak Jack yang sekarang berada di bawah US-PLM Solutions Siemens merupakan salah satu perangkat simulasi DHM dalam *virtual environment* yang digunakan untuk perancangan teknik berdasarkan system kinematika model manusia yang kompleks. Dengan 68 sendi buatan, DHM dalam Jack memiliki kemampuan gerak yang cukup baik dalam mendukung berbagai aktivitas seperti membungkuk, berjalan, serta postur tubuh lainnya. Menurut Raschke (2004), Jack dapat digunakan oleh para insinyur untuk mengetahui apakah rancangan yang mereka buat dapat mengakomodasi manusia dengan rentang ukuran tertentu yang berinteraksi di dalamnya, serta bagaimana performa manusia terpengaruh dalam hal kenyamanan, efisiensi, dan prediksi risiko cedera. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.431)

Jack memenuhi berbagai atribut yang dikemukakan Chaffin sebagai suatu perangkat simulasi DHM yang baik. Dalam Jack, pengguna dapat memasukkan DHM sesuai dengan nilai yang diinginkan lewat fasilitas *Custom Advanced Scaling* seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.1 ini.



Gambar 2.1 Penentuan Dimensi *Digital Human Model*

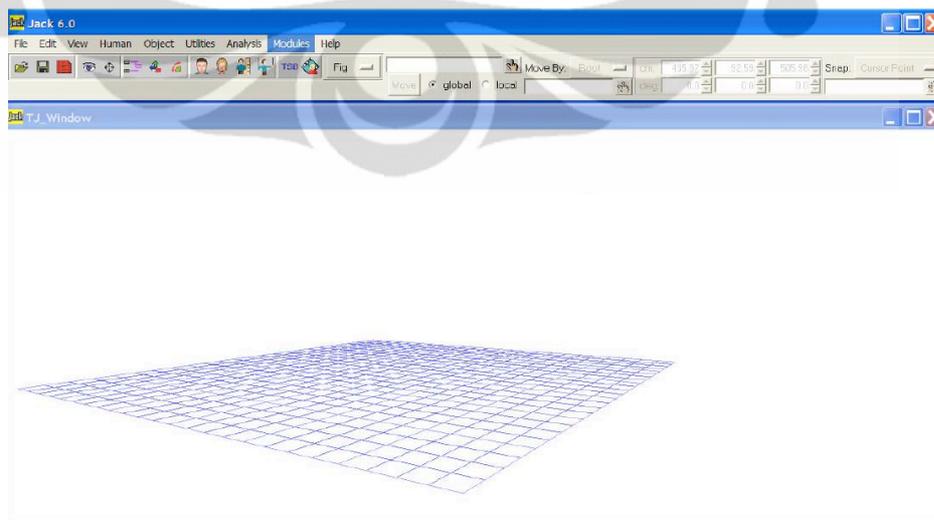
(Sumber: *Software Jack 6.1*)

Selain itu, Jack versi 6.1 juga dapat memfasilitasi berbagai basis data antropometri yang telah didapatkan dari berbagai survey terdahulu yang meliputi,

- a. ANSUR, yaitu data antropometri dari *Army Natick Survey User Requirements* (1988) yang merupakan *default database* pada perangkat ini.
- b. NHANES, yaitu data antropometri dari *National Health and Nutrition Examination Survey* (1980).
- c. CDN_LF_97, yaitu data antropometri dari *Canadian Land Forces* (1997)
- d. NA_Auto, yaitu data antropometri yang merepresentasikan populasi pekerja otomotif di Amerika Utara.
- e. CHINESE, yaitu data antropometri yang merepresentasikan orang Cina dewasa berusia 18-60 (pria) dan 18-55 (wanita) dari survey tahun 1989.

Dengan fasilitas manipulasi model manusia tersebut, Jack telah memenuhi atribut perangkat simulasi DHM yang dapat mengubah ukuran dan bentuk model manusia tersebut. Keleluasaan dalam menentukan dimensi tubuh manusia memungkinkan Jack merepresentasikan manusia dari berbagai kalangan sehingga dapat mewakili kelompok populasi yang dikehendaki.

Software Jack memiliki grafik antarmuka yang mudah digunakan oleh penggunanya yang terdiri dari serangkaian *control bar*, *menu bar*, *tool bar*, dan *graphic window* yang dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Grafik Antar Muka *Software* Jack

(Sumber: Jack User Manual Version 6.1)

Untuk mempermudah pembuatan *virtual environment* dalam software Jack, terdapat beberapa objek yang telah disediakan secara *default* dalam *data library* Jack yang meliputi berbagai objek yang umum dipakai seperti meja, kursi, monitor, komputer, serta furnitur umum lainnya. Jack juga memfasilitasi penggunaannya untuk memasukkan data rancangan dari luar Jack yang berbasis CAD. Objek penyusun *virtual environment* yang dirancang secara khusus dalam perangkat CAD lain seperti AutoCAD atau NX dapat dimasukkan ke dalam Jack dengan format .stl, sehingga membuat Jack cukup kompatibel dengan beberapa *software* desain lainnya.

2.4.1 Perangkat Analisis Ergonomi dalam Jack

Sebagai perangkat simulasi DHM, Jack memiliki berbagai perangkat untuk melakukan analisis berbasis ergonomi. Berikut ini adalah beberapa fitur yang sering digunakan untuk melakukan analisis terhadap rancangan dalam *software* Jack.

- a. *Reach Zone*, merupakan perangkat untuk mengetahui zona dari area jangkauan maksimum yang nyaman bagi manusia. Fitur ini didasari oleh berbagai studi yang dilakukan oleh NASA dan Henry Dreyfuss Associates.
- b. *Occupant Packaging Toolkit*, terdiri dari enam perangkat analisis faktor manusia yang membantu pengguna untuk merancang interior kendaraan untuk kenyamanan dan performa yang optimal. Berikut ini adalah penjelasan singkat dari keenam perangkat tersebut.
 1. *SAE Packaging Guidelines*, merupakan fitur yang digunakan untuk membantu perancangan berbagai atribut kendaraan seperti kursi, setir, pedal, hingga perseneling.
 2. *Posture Prediction*, merupakan fitur yang membantu DHM pada Jack untuk mencapai postur duduk yang representatif dalam sebuah kendaraan.
 3. *Comfort Assessment*, merupakan fitur yang memberikan masukan mengenai seberapa nyaman postur duduk yang telah dirancang pengguna.

4. *Vision Analysis Tools*, merupakan fitur yang memberikan informasi mengenai seberapa besar area pandangan yang terlihat oleh DHM pada posisi dibuat pengguna berkaitan dengan lingkungan yang ada.
 5. *Advanced Anthropometry*, merupakan fitur yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan data antropometri secara lebih leluasa dan detail sesuai keinginan pengguna.
 6. *Pedal Behavior*, merupakan fitur yang membantu menciptakan perilaku DHM terhadap tipe pedal yang berbeda-beda.
- c. *Task Analysis Toolkit*, merupakan perangkat yang terdiri dari sembilan fitur analisis ergonomi untuk membantu perancangan aktivitas industri yang berdasarkan keselamatan (*safety*) dan produktivitas. Berikut ini adalah penjelasan dari sembilan fitur tersebut.
1. *NIOSH Lifting Analysis*, merupakan fitur yang membantu evaluasi dari pekerjaan angkut yang simetris dan asimetris didasari oleh rumus angkut yang dikembangkan NIOSH.
 2. *Metabolic Energy Expenditure*, merupakan fitur yang membantu memprediksi energy yang dikeluarkan lewat metabolisme tubuh dalam suatu pekerjaan tertentu yang didasari penelitian Garg, Chaffin, dan Herrin (1978).
 3. *Low Back Compression Analysis*, merupakan fitur yang mengevaluasi besar gaya ruas tulang belakang yang bekerja pada tulang punggung manusia dalam postur dan beban tertentu.
 4. *Fatigue and Recovery Analysis*, merupakan fitur yang membantu pengguna untuk mengetahui apakah seorang pekerja memiliki waktu istirahat yang cukup untuk menghindari kelelahan.
 5. *Manual Material Handling Limits*, merupakan fitur untuk mengevaluasi dan merancang tugas yang meliputi pengangkatan, mendorong, dan mengangkut.
 6. *Rapid Upper Limb Assessment*, membantu evaluasi pekerja terhadap risiko paparan kelainan muskuloskeletal / cedera tubuh bagian atas.

7. *Static Strength Prediction*, mengevaluasi persentase dari populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan suatu postur atau tugas tertentu yang didasari oleh penelitian dari Universitas Michigan.
8. *Ovako Working Posture Analysis*, merupakan suatu metode untuk memeriksa kenyamanan dari suatu postur kerja serta menentukan urgensi akan adanya koreksi terhadap postur tersebut.
9. *Predetermined Time Analysis*, membantu memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan suatu pekerjaan dengan membagi suatu pekerjaan dalam serangkaian gerakan dasar menggunakan system MTM-1 (*Method Time Measurement*)

2.4.2 Modules dalam Jack

Modules merupakan salah satu fasilitas penting dalam Jack. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memasukkan unsur tambahan ke dalam DHM yang dibuat meliputi animasi gerak dan beban. Pengguna dapat merancang suatu gerakan yang menggambarkan kondisi sebenarnya dengan menggunakan fasilitas *Animation System*. Selain itu untuk menambah realitas dari interaksi DHM dengan *virtual environment* yang ada, maka pengguna dapat menambahkan beban maya yang memberikan gaya tambahan terhadap pekerjaan atau postur yang dilakukan oleh model manusia.

Salah satu keunggulan lain yang dimiliki oleh *modules* Jack adalah kemampuannya dalam mengakomodir *software* dan *hardware* ergonomi lainnya untuk kemudian digabungkan ke dalam Jack sehingga menciptakan suatu analisis yang lebih menyeluruh. Jack 6.1 memiliki kemampuan untuk menggabungkan analisis di Jack dengan teknologi *motion capture* yang dikembangkan oleh Vicon. Fasilitas ini membuat gerakan yang dilakukan oleh DHM dalam Jack menjadi lebih realistis dan sesuai dengan biomekanika gerak dari subjek penelitian yang akan diambil.

2.5 *Motion Capture*

Teknologi *motion capture* memiliki sejarah panjang, dimulai dengan penemuan *Rotoscope* oleh Max Fleischer pada tahun 1915 yang digunakan untuk memindahkan gerakan realistis dari suatu film ke dalam karakter kartun. Pada

awalnya motion capture hanya dilakukan dalam dua dimensi, akan tetapi perkembangan teknologi saat ini memungkinkannya dilakukan dalam tiga dimensi. Menurut Menache (2010), *motion capture* atau perekaman gerak adalah proses perekaman dari suatu gerakan yang diambil secara langsung dan mentranslasikannya menjadi suatu bentuk matematis yang berguna dengan cara mengikuti perpindahan suatu titik dalam ruang pada rentang waktu tertentu dan menggabungkannya untuk mendapatkan suatu representasi tunggal dari gerakan secara tiga dimensi. Titik yang menjadi acuan dalam *motion capture* biasanya merepresentasikan gerakan dari bagian bergerak dari suatu subjek yang bergerak. Untuk manusia, titik tersebut biasanya diletakkan pada sendi dan titik temu antartulang. Lokasi dari titik tersebut biasanya diidentifikasi lewat suatu sensor, penanda, atau potensiometer yang ditempatkan pada subjek dan berfungsi sebagai alat untuk mengumpulkan informasi. Lokasi tersebut pada *motion capture* biasa disebut sebagai *marker*. (Parent et.al., 2010, p.72).

Hingga saat ini menurut Menache (2010), telah dikenal tiga kategori teknologi *motion capture* yaitu optik, elektromagnetik, dan elektromekanis. Berikut ini adalah penjelasan mengenai ketiga kategori tersebut. (Parent et.al., 2010, p.84).

- a. *Optical Motion Capture*, merupakan metode paling akurat dalam *motion capture* yang biasanya terdiri dari kamera yang sensitif terhadap cahaya serta *marker* pemantul cahaya. Sistem ini memiliki berbagai keunggulan seperti kemudahan untuk merubah konfigurasi *marker* serta kenyamanan subjek yang tidak terhalang gerakannya oleh kabel.
- b. *Electromagnetic Trackers*, merupakan metode yang melibatkan adanya sensor penerima *transmitter* elektromagnet lewat kabel. Sistem ini memungkinkan data yang diterima diambil secara *real-time* tanpa pemrosesan data. Namun, alat ini sensitif terhadap benda logam yang berada di sekitarnya serta sulit untuk merubah konfigurasi *marker* pada subjek.
- c. *Electromechanical Suits*, merupakan metode *motion capture* yang memanfaatkan potensiometer terstruktur yang dipakai pada subjek dan sensitive terhadap gerakannya. Namun, perangkat ini terkadang membatasi

gerak dari subjek itu sendiri selain itu konfigurasi sensornya tetap sehingga tidak bisa diubah sesuai dengan subjek khusus.

2.5.1 *Vicon Motion Capture System*

Sistem *optical motion capture* ini merupakan salah satu produk yang dikeluarkan oleh Vicon. Pada fasilitas *Ergonomic Center* Departemen Teknik Industri UI sistem ini terdiri dari seperangkat alat kalibrasi, *marker*, komputer berkapasitas tinggi, kamera video, kamera MX, *force plate*, dan perangkat lunak Vicon Nexus. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sistem optik bekerja dengan cara menangkap cahaya yang dipantulkan oleh *marker* yang digunakan oleh subjek. Biasanya perekaman gerakan dilakukan dalam suatu ruangan khusus yang telah diatur sedemikian rupa. Dalam *Ergonomic Center* sendiri, terdapat ruangan *motion capture* yang terdiri dari 8 kamera MX beresolusi tinggi dan 2 buah *force plate* yang berguna untuk mengetahui besar gaya yang diberikan tubuh terhadap acuan tanah. Informasi dari *force plate* juga dapat digunakan sebagai dasar perhitungan biomekanika yang diolah oleh *software* Vicon Nexus.

Untuk mengambil data *motion capture* diperlukan lima proses utama yang meliputi,

- a. Persiapan Sistem, merupakan langkah yang berguna untuk melakukan pemeriksaan kelayakan terhadap kondisi *hardware* dan *software* serta aktivitas kalibrasi terhadap kamera MX yang akan menangkap gerakan subjek.
- b. Persiapan Subjek, merupakan langkah kedua untuk mempersiapkan subjek yang akan diambil lewat penempelan *marker* dengan konfigurasi tertentu yang disesuaikan dengan tujuan pengambilan data.
- c. Perekaman Gerakan, merupakan langkah utama dimana subjek melakukan gerakan tertentu yang akan diambil informasi gerakannya
- d. *Review & Gap Filling*, pada tahap ini data gerakan yang diambil diproses kembali untuk direkonstruksi dan melakukan perbaikan terhadap beberapa gerakan yang tidak terekam dengan cara *gap filling* yaitu peramalan posisi *marker* lewat arah gerakan dari *marker* pada rentang waktu sebelum dan sesudah *marker* tidak tertangkap oleh kamera.

- e. Aktivitas Pascaproses, merupakan tahap lanjut dimana data gerakan yang telah diambil diproses lebih lanjut untuk memberikan makna terhadap data tersebut dalam bentuk grafik ataupun analisis ergonomi yang terintegrasi dengan Jack.

2.6 Sistem Muskuloskeletal

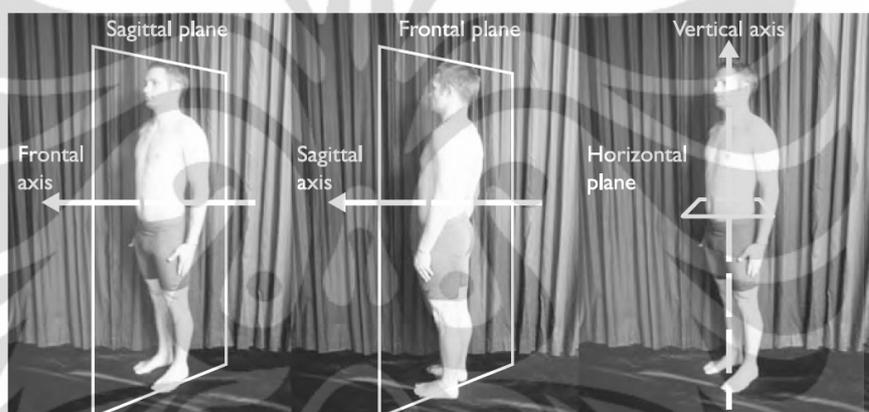
Sistem kompleks dari tubuh manusia yang terdiri dari otot dan tulang untuk menghasilkan gerakan tubuh manusia disebut sebagai sistem muskuloskeletal. Otot-otot tersebut menempel pada kedua sisi sendi, sehingga dikenal istilah *agonist* yang bertindak sebagai pemicu utama gerakan sedangkan otot lainnya disebut *antagonist* yang bertentangan dengan gerakan *agonist* yaitu melakukan gerakan yang berlawanan. Terdapat tiga jenis otot pada tubuh manusia yaitu otot skeletal atau otot lurik, otot jantung, dan otot polos yang ditemukan dalam organ dalam manusia. Jenis otot yang paling banyak disorot dalam penelitian ini adalah otot lurik karena hubungannya dengan gerakan aktif yang dipengaruhi oleh postur.

2.6.1 Bidang Acuan dan Gerakan Manusia

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, sistem muskuloskeletal berperan penting dalam berbagai gerakan yang dilakukan oleh manusia. Banyaknya variasi gerak manusia memunculkan berbagai istilah dan terminologi ilmiah untuk menggeneralisasi dan menghilangkan istilah umum yang ambigu. Untuk itu akan dijelaskan mengenai istilah tersebut yang akan digunakan dalam bagian selanjutnya dari penelitian ini.

Sebelum mengetahui berbagai istilah gerak tubuh, perlu diketahui pula istilah lain yang menjelaskan titik acuan tubuh. Menurut Bartlett (2007), tubuh manusia pada dasarnya terdiri dari tiga bidang (*plane*) utama yaitu bidang sagittal, frontal, dan horizontal. Bidang sagittal dikenal juga sebagai bidang anteroposterior merupakan bidang vertikal yang melewati bagian belakang (*posterior*) menuju depan (*anterior*) sehingga membagi tubuh menjadi bagian kiri dan kanan. Bidang frontal dikenal pula sebagai bidang koronal atau mediolateral merupakan bidang vertikal yang melewati bagian kiri menuju kanan sehingga membagi tubuh menjadi bagian depan dan belakang. Bidang horizontal yang

dikenal juga sebagai bidang transversal membagi tubuh menjadi bagian atas (*superior*) dan bawah (*inferior*). Selain bidang utama tersebut, tubuh manusia juga memiliki tiga sumbu khayal (*axis*) yaitu sumbu sagittal, frontal, dan vertikal atau longitudinal. Sumbu sagittal adalah garis yang melewati bagian posterior hingga anterior secara horizontal yang dibentuk dari pertemuan bidang sagittal dan horizontal. Sumbu frontal adalah garis yang melewati bagian kiri hingga kanan dan dibentuk dari pertemuan bidang frontal dan horizontal. Terakhir, sumbu vertikal atau longitudinal adalah garis yang melewati bagian inferior menuju superior dan dibentuk oleh pertemuan bidang sagittal dan frontal. Ilustrasi dari seluruh bidang dan sumbu tubuh tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini.

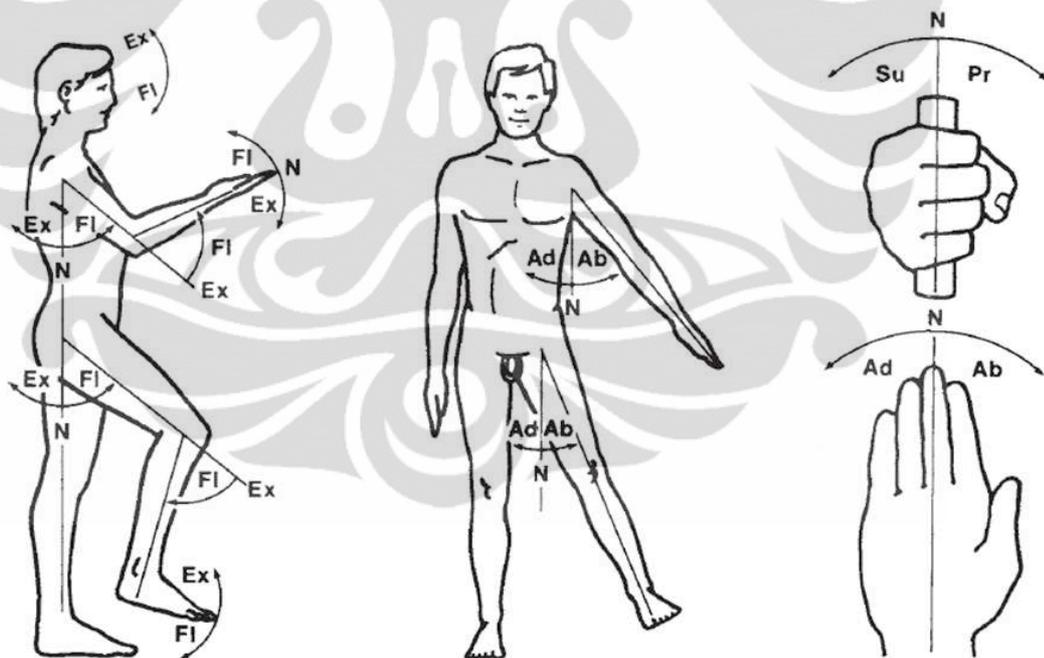


Gambar 2.3 Tiga Bidang dan Sumbu Utama Tubuh Manusia

(Sumber: Bartlett, Roger. 2007. *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns Second Edition*. New York: Taylor & Francis e-Library.)

Dengan mengetahui sumbu dan bidang acuan tubuh, akan lebih mudah bagi kita untuk mengidentifikasi istilah gerakan tubuh manusia. Pada bidang sagittal dengan sumbu acuan frontal terdapat beberapa gerakan yang umum digunakan. Fleksi (*flexion*) merupakan gerakan yang menjauhi bagian tengah tubuh sehingga sudut yang dibentuk antara dua segmen tubuh berkurang. Lawan dari fleksi adalah ekstensi (*extension*) yang memperbesar sudut antara dua segmen tubuh. Perlu disadari bahwa terdapat perbedaan antara fleksi dan ekstensi pada kaki dan tangan sehingga yang perlu digarisbawahi adalah perubahan sudut yang terjadi terhadap garis acuan, apakah bertambah atau berkurang.

Berikutnya adalah abduksi (*abduction*) yaitu gerakan menyamping pada bidang frontal tubuh yang menjauhi sumbu tengah tubuh. Sedangkan adduksi (*adduction*) merupakan lawan dari gerakan abduksi dimana gerakan tersebut mendekati sumbu tubuh. Pengecualian diterapkan kepada bagian jempol tangan dimana abduksi terjadi saat menjauhi jari telunjuk dan begitu pula sebaliknya untuk adduksi. Istilah terakhir yang akan diperkenalkan adalah pronasi (*pronation*) yang merupakan gerakan rotasi ke arah dalam sumbu tubuh pada bidang transversal. Sebaliknya supinasi (*supination*) merupakan gerakan rotasi ke arah luar sumbu tubuh pada bidang transversal atau horizontal. Seluruh istilah gerakan tersebut dapat dilihat secara lebih jelas pada gambar 2.4 berikut ini. Pada gambar tersebut Ex menandakan gerak ekstensi, FI menandakan gerak fleksi, Ad menandakan gerak Adduksi, Ab menandakan gerak Abduksi, Su menandakan Supinasi, Pr menandakan Pronasi, sedangkan N adalah garis yang menunjukkan posisi nol atau normal dari bagian tubuh yang akan digerakkan.

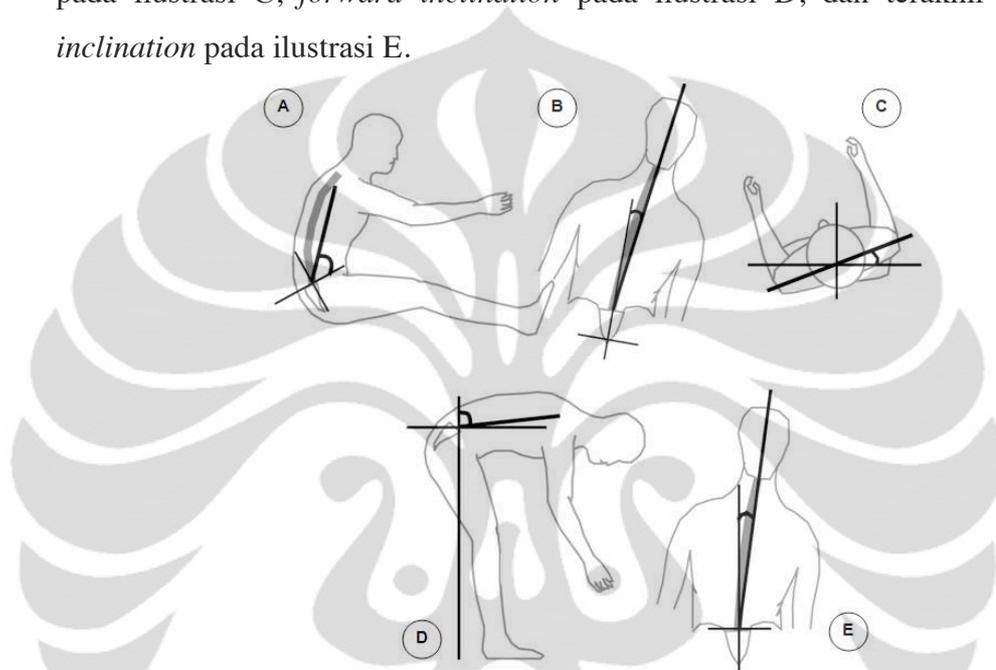


Gambar 2.4 Istilah untuk Gerakan Manusia beserta Ilustrasinya

(Sumber: Pheasant, Stephen. 2003. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work*. Philadelphia: Taylor & Francis Inc.) “telah diolah kembali”

Khusus untuk definisi gerakan pada punggung, digunakan standar acuan dari ISO 11226 yang membahas mengenai definisi bungkuk ke depan (*forward bending*),

membungkuk secara lateral (*lateral bending*), torsi / berputar (*torsion / twisting*), inklinasi ke depan (*forward inclination*) dan inklinasi ke samping (*sideward inclination*). Postur punggung dibedakan karena anatominya yang unik terdiri dari beberapa segmen ruas tulang belakang. Pada gambar 2.5 bisa dilihat ilustrasi A menunjukkan *forward bending*, *lateral bending* pada ilustrasi B, *torsion / twisting* pada ilustrasi C, *forward inclination* pada ilustrasi D, dan terakhir *sideward inclination* pada ilustrasi E.



Gambar 2.5 Gerakan Punggung Manusia berdasarkan ISO 11226

(Sumber: Delleman, Nico J., Haslegrave, Christine M., dan Chaffin, Don B. 2004. *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. Florida: CRC Press)

“telah diolah kembali”

Data mengenai gerak manusia terutama pada rentang nilai yang bisa dilakukan oleh sendi-sendi tubuh tidak banyak tersedia secara ilmiah. Salah satu studi yang pernah dilakukan oleh Barter et.al (1957) di Amerika Serikat menunjukkan data rentang sudut pada tabel 2.3 di bawah ini. Menurut Pheasant (2003) secara umum wanita memiliki tubuh yang lebih lentur dibandingkan pria yaitu sekitar 5%-15% lebih lentur secara rata-rata.

Tabel 2.3 Kemampuan Rentang Sudut pada Tubuh Manusia

Bagian Tubuh	Persentil 5	Persentil 50	Persentil 95	Std. Deviasi
1. Fleksi Bahu	168	188	208	12
2. Ekstensi Bahu	38	61	84	14
3. Abduksi Bahu	106	134	162	17
4. Adduksi Bahu	33	48	63	9
5. Rotasi Medial Bahu	61	97	133	22
6. Rotasi Lateral Bahu	13	34	55	13
7. Fleksi Siku	126	142	159	10
8. Pronasi	37	77	117	24
9. Supinasi	77	113	149	22
10. Fleksi Pergelangan Tangan	70	90	110	12
11. Ekstensi Pergelangan Tangan	78	99	120	13
12. Abduksi Pergelangan Tangan	12	27	42	9
13. Adduksi Pergelangan Tangan	35	47	59	7
14. Fleksi Pinggul	92	113	134	13
15. Abduksi Pinggul	33	53	73	12
16. Adduksi Pinggul	11	31	51	12
17. Fleksi Lutut	109	125	142	10
18. Fleksi Tapak Kaki	18	38	58	12
19. Ekstensi Tapak Kaki	23	35	47	7

(Sumber: Pheasant, Stephen. 2003. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work*. Philadelphia: Taylor & Francis Inc.) “telah diolah kembali”

2.6.2 Definisi Gangguan Muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorder / MSD*)

Menurut Sanders (2001), gangguan muskuloskeletal adalah suatu cedera yang terjadi pada struktur jaringan lembut tubuh seperti saraf, otot, dan sendi karena paparan ergonomis yang berulang dan berlangsung lama. Paparan tersebut meliputi postur janggal maupun statis, *forceful exertion*, vibrasi, dan stress yang mungkin ditimbulkan oleh masalah psikososial serta organisasi. (Karwowski, 2001, p.107) Sedangkan menurut WHO, gangguan muskuloskeletal adalah gangguan pada otot, tendon, sendi, ruas tulang belakang, saraf perifer, dan sistem vascular yang tidak terjadi secara akut maupun tiba-tiba namun berkembang secara gradual dan kronis. Dari kedua pengertian tersebut bisa disimpulkan beberapa penyebab dari gangguan muskuloskeletal serta fakta bahwa gangguan ini berkembang secara gradual. Oleh karena itu, tindakan pencegahan sangat diperlukan untuk mengatasi gangguan ini dalam menangani risiko di masa datang.

2.6.3 Gangguan Muskuloskeletal pada Profesi Dokter Gigi

Berdasarkan sejarah, dalam bidang kedokteran gigi, penyesuaian kerja terhadap pekerja perawatan gigi bukanlah suatu hal yang umum bahkan hingga saat ini. *Dental unit* yang terdiri dari kursi *dental* dirancang untuk membuat pasien berada pada posisi yang tepat. Pada awalnya, pekerjaan dokter gigi dalam menangani pasien dilakukan pada posisi berdiri. Namun, sejak tahun 1950-an kursi dokter gigi dibuat untuk mengurangi kelelahan fisik karena berdiri serta mengurangi pengaruh kerja terhadap kesehatan. Akan tetapi dalam *International Encyclopedia of Ergonomics* tahun 2001, Murphy menyatakan dalam suatu riset dari sampel sebanyak 3316 penyedia layanan kesehatan gigi, nyeri punggung bawah (*lower back pain*) diasosiasikan dengan aktivitas duduk dalam waktu empat jam atau lebih per hari.

Menurut Anghel, Argeşanu, Taplos-Niculescu, dan Lungeanu (2007) terdapat enam klasifikasi gangguan muskuloskeletal yang dapat terjadi pada dokter gigi pada jangka panjang yaitu,

- a. Gangguan Saraf yang Terjepit, contohnya sindrom terowongan karpal
- b. Gangguan Kerja pada Leher dan *Brachial Plexus*, contohnya sindrom leher tegang, penyakit ruas leher, dan kompresi *brachial plexus*
- c. Gangguan Bahu, contohnya *trapezius myalgia* dan tendonitis *rotator cuff*
- d. Tendonitis pada Siku, Lengan Bawah, dan Pergelangan Tangan, contohnya penyakit deQuervain dan tendonitis
- e. Sindrom getaran tangan dan lengan, contohnya penyakit Raynaud
- f. Gangguan Punggung Bawah, contohnya nyeri punggung bawah

Sifat gangguan muskuloskeletal yang muncul secara gradual membuatnya dikenal lewat gejala-gejalanya. Hal tersebut meliputi rasa sakit, mati rasa, kesemutan, otot panas (efek terbakar), kram, dan otot kaku. Selain itu berkurangnya kemampuan gerak, kekuatan genggam serta hilangnya fungsi otot tertentu juga merupakan tanda-tanda gangguan muskuloskeletal yang semakin parah.

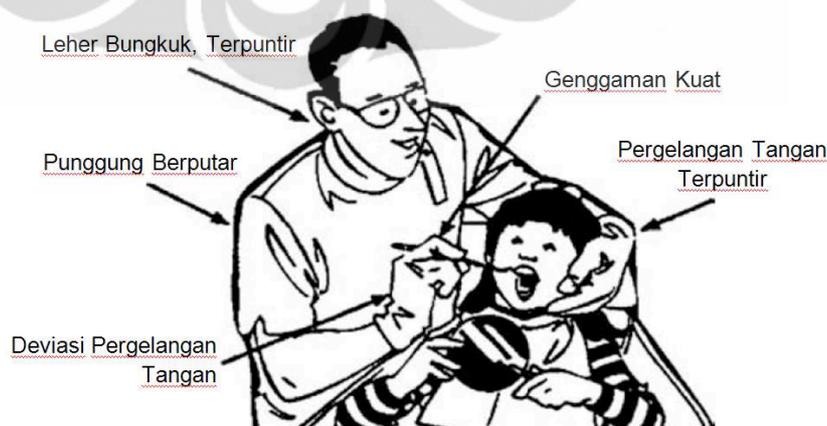
Berbagai perkembangan untuk meningkatkan kenyamanan kerja dokter gigi telah dilakukan mulai dari perkembangan alat menjadi lebih mekanis hingga hadirnya konsep *four-handed dentistry* dengan adanya asisten dokter gigi. Namun

di samping itu, masih terdapat berbagai faktor risiko ergonomis yang masih terjadi dalam praktik dokter gigi yang ditunjukkan oleh tabel 2.4 di bawah ini. Salah satu faktor yang dibahas dalam penelitian ini adalah postur kerja dari dokter gigi saat menangani pasien. Dari paparan yang dikemukakan Karwowski (2001), para dokter gigi memiliki risiko muskuloskeletal yang nyata karena postur janggal saat bekerja. Pada gambar 2.6 ditunjukkan postur yang biasa ditemui pada dokter gigi yaitu leher yang membungkuk dan menoleh, bagian pinggang (*torso*) yang berputar, adanya deviasi pada sudut normal pergelangan tangan, tekanan pada tangan karena alat-alat seperti pembersih karang gigi, hingga punggung yang membungkuk.

Tabel 2.4 Faktor Risiko Ergonomis dalam Profesi Dokter Gigi

Faktor Risiko Umum	Sinyal Faktor Risiko
Repetisi	Aktivitas dengan gerakan yang serupa / gerakan yang memiliki pola setiap beberapa detik dalam 2 sampai 4 jam pada suatu waktu.
Postur Janggal	Postur janggal dan tetap dalam waktu 2 sampai 4 jam.
Getaran	Penggunaan alat yang bergetar selama lebih dari 3 sampai 4 jam dalam satu <i>shift</i> kerja
Tenaga (<i>force</i>)	Penggunaan tenaga tangan pada waktu 2 – 4 jam dari kerja atau lebih

(Sumber: Karwowski, Waldemar. 2001. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors: Volume 1*. London: Taylor & Francis Inc.)



Gambar 2.6 Ilustrasi Kerja Dokter Gigi saat Menangani Pasien

(Sumber: Karwowski, Waldemar. 2001. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors: Volume 1*. London: Taylor & Francis Inc.) “telah diolah kembali”

2.7 Postur Kerja

Menurut Pheasant (2003), postur bisa didefinisikan sebagai orientasi relatif bagian tubuh manusia dalam suatu ruang. Postur manusia memiliki hubungan erat dengan area kerja dimana seseorang melakukan aktivitasnya. Sehingga, area kerja yang tidak sesuai dengan dimensi tubuh seseorang bisa memberikan efek yang kurang baik terhadap postur manusia saat bekerja.

2.7.1 Postur Statis yang Berlangsung Lama (*Prolonged Static Posture*)

Manusia melakukan aktivitasnya dalam suatu jangka waktu tertentu tiap harinya. Untuk mempertahankan postur kerja tertentu dalam suatu rentang waktu diperlukan kemampuan otot untuk mengatasi gaya eksternal yang membebani tubuh. Gaya yang paling umum ditemui pada kasus ini adalah gravitasi. Beban gravitasi akan semakin besar seiring dengan berubahnya postur tubuh yang semakin jauh terhadap pusat gravitasi tubuh. Pembebanan seperti inilah yang disebut ahli fisiologi sebagai kerja statis (*static work*). Otot tubuh memiliki respons yang buruk terhadap pembebanan mekanis yang berkepanjangan karena sifatnya yang menghambat aliran darah disamping masalah beban momen pada tubuh. Secara kimiawi juga terjadi perubahan dalam tubuh manusia. Hasil metabolisme yang terakumulasi pada tubuh menyebabkan sesuatu yang disebut kelelahan otot. Implikasi serupa juga dijelaskan oleh Anghel, Argeşanu, Taplos-Niculescu, dan Lungeanu (2007) yang menyebutkan adanya akumulasi asam laktat, kompresi pembuluh darah, perubahan fisiologis pada tulang belakang serta lengan, dan tambahan gerakan repetitif pada pekerjaan tertentu seperti dokter gigi.

Dalam jangka pendek, postur yang tidak nyaman menurut Pheasant (2003) bisa mengakibatkan bertambahnya rasio kesalahan kerja, output yang berkurang, bahkan kecelakaan kerja. Dalam jangka panjang, ketidaknyamanan ini terakumulasi karena perubahan fisiologis yang dialami pekerja sehari-hari sehingga bisa menimbulkan masalah terhadap otot mereka. Untuk mengurangi risiko tersebut, Corlett (1983) menyarankan beberapa cara untuk bekerja dalam postur statis yaitu, (Pheasant, 2003, p.62)

- a. Lakukan perubahan postur sesering mungkin, hal ini bisa dilakukan dengan cara sederhana seperti mengubah posisi duduk untuk menghindari posisi statis yang terlalu lama.

- b. Hindari leher dan punggung yang mencondong ke depan
- c. Hindari posisi lengan yang terangkat melebihi posisi nyaman
- d. Hindari posisi yang asimetris dan terpuntir
- e. Hindari postur yang meliputi penggunaan sendi atau bagian tubuh tertentu dalam waktu yang sangat lama
- f. Sediakan penahan punggung pada kursi yang digunakan
- g. Saat dibutuhkan tenaga dari bagian lengan pastikan dia berada pada posisi dengan kekuatan potensial yang terbesar

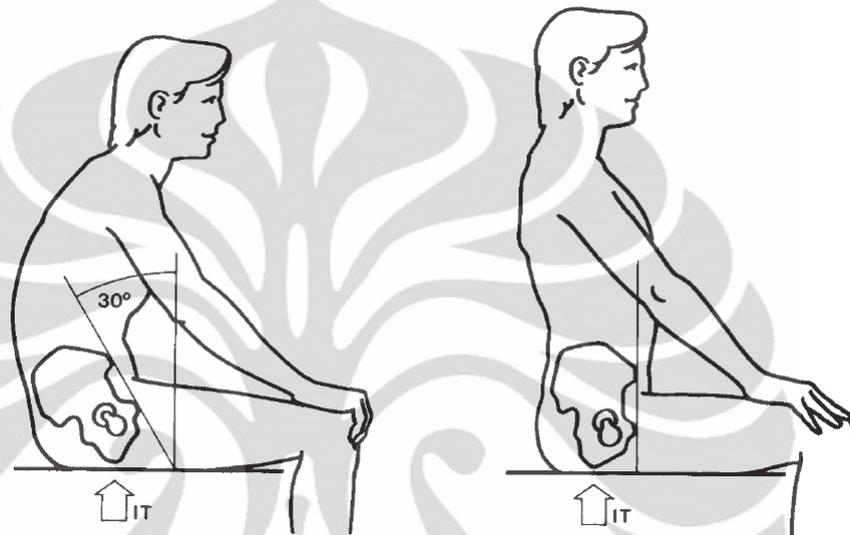
2.7.2 Postur Duduk

Menurut Pheasant (2003), pada dasarnya semua kursi akan memberikan ketidaknyamanan dalam jangka panjang namun kursi tertentu akan lebih cepat menimbulkan rasa tidak nyaman dibandingkan kursi lain. Rasa nyaman ini ditentukan oleh beberapa determinan dari kenyamanan kursi yang dibagi menjadi tiga poin utama yaitu,

- a. Karakteristik kursi, meliputi dimensi kursi, derajat kemiringan kursi, bentuk kursi, dudukan kursi
- b. Karakteristik pengguna, meliputi dimensi tubuh, nyeri dan sakit pada tubuh, sirkulasi, dan persepsi
- c. Karakteristik pekerjaan, meliputi durasi kerja, tuntutan penglihatan, tuntutan fisik (pada tangan dan kaki), tuntutan mental

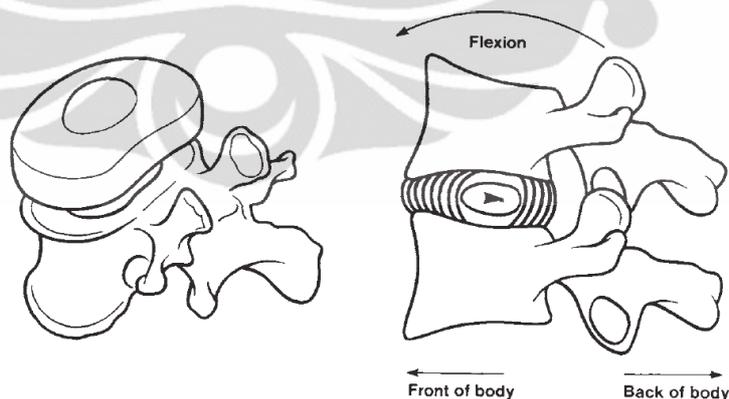
Tulang belakang manusia terdiri dari 24 ruas tulang yang terpisah satu sama lain dengan tulang antarruas fibrokartilago. Secara struktural tulang belakang bisa dikelompokkan menjadi 7 tulang leher, 12 tulang *thoracic* (yang menyambung dengan tulang rusuk), dan 5 tulang lumbar (diantara tulang rusuk dan pinggul). Posisi normal dari tulang belakang dapat dilihat saat manusia berdiri secara tegak. Saat kita duduk, sebagian berat badan kita tertumpu pada *ischial tuberosities* (dua tulang menonjol pada area pantat). Pada posisi rileks, kombinasi gerak otot dan sudut yang dibentuk oleh bagian tubuh bawah mengakibatkan munculnya rotasi tulang pelvis sebesar 30°. Perbedaan antara posisi duduk saat rileks dan tegak dapat dilihat pada gambar 2.7 di bawah ini. Rotasi pada pelvis mengakibatkan fleksi pada bagian lumbar yang membuat otot-otot punggung kehilangan tensinya sehingga terasa lebih rileks. Akan tetapi hal ini membuat

tulang antarruas terdeformasi karena adanya tekanan pada ruas tulang belakang yang cenderung condong ke depan. Hal ini memberikan efek jangka panjang yang tidak baik meliputi hernia tulang rawan pada tulang antarruas tersebut. Efek deformasi tulang antarruas dapat dilihat pada gambar 2.8 di bawah ini. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tulang antarruas seperti terjepit oleh ruas tulang belakang di atas dan di bawahnya saat fleksi terjadi. Walaupun postur duduk yang



Gambar 2.7 Postur Duduk Rileks (kiri) dan Tegak (kanan)

(Sumber: Pheasant, Stephen. 2003. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work*. Philadelphia: Taylor & Francis Inc.)



Gambar 2.8 Deformasi Tulang Antarruas Saat Fleksi Lumbar

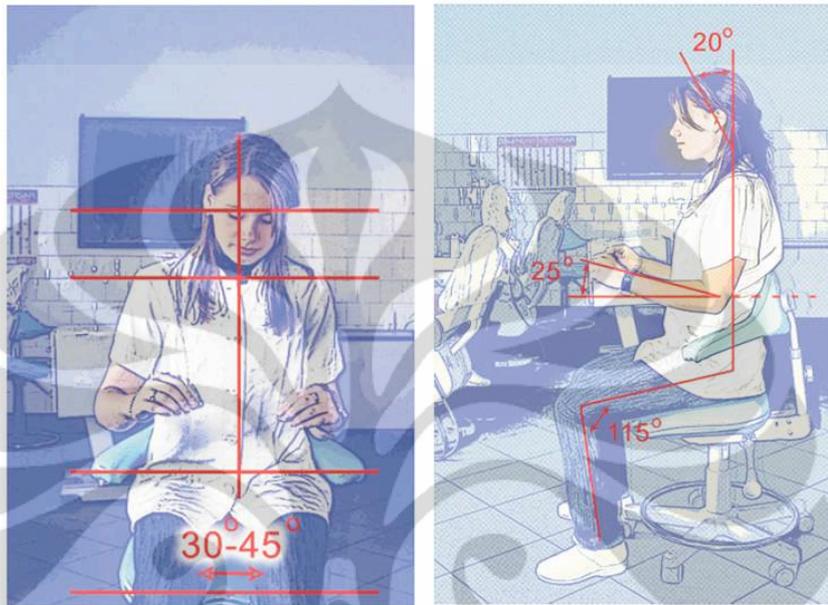
(Sumber: Pheasant, Stephen. 2003. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work*. Philadelphia: Taylor & Francis Inc.)

tegak memberikan efek yang baik bagi tulang antarruas namun tentu saja dalam jangka waktu yang panjang menimbulkan kelelahan karena otot punggung secara terus menerus harus menopang berat tulang belakang. Oleh karena itu, sangatlah penting untuk merancang kursi yang memiliki sandaran yang baik untuk mendistribusikan beban tulang punggung agar tidak memberikan kelelahan yang berlebih pada otot punggung.

Perilaku duduk seseorang biasanya dipengaruhi oleh pekerjaan yang dilakukan subjek. Untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian dan fokus penglihatan maka ditemukan perilaku subjek yang membungkukan badannya untuk mendapatkan pandangan yang lebih baik. Dalam jangka waktu duduk yang lama, seluruh kursi akan memberikan rasa tidak nyaman pada seseorang. Oleh karena itu, menurut Graf et.al (1991, 1993) serta Grieco dan Molteni (1999), pada periode duduk yang lama perilaku duduk yang optimal adalah dengan merubah posisi duduk secara sering agar tidak terjadi pembebanan berlebih pada satu sisi bagian tubuh. Grieco, Molteni, dan De Vito (2001), memberikan beberapa aspek yang harus diperhatikan untuk membuat suatu postur duduk menjadi lebih baik yaitu dengan memperhatikan jarak pandang, sudut terbaik antara siku dan area kerja, serta tinggi kursi (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.153). Seorang dokter gigi banyak menghabiskan waktunya saat praktik dalam posisi duduk. Hal ini tentu saja memberikan beban pada area tulang belakang, sehingga Anghel, Argeşanu, Taplos-Niculescu, dan Lungeanu (2007) memberikan saran mengenai postur duduk yang baik berdasarkan ISO 11226 yang membahas Ergonomi – Evaluasi Postur Duduk Statis yaitu,

- a. Implementasikan postur yang simetris (ditunjukkan pada gambar 2.9)
- b. Seluruh sumbu horizontal tubuh harus paralel
- c. Kedua kaki harus sedikit merenggang dengan sudut 30-45°
- d. Tulang kering harus tegak lurus dengan lantai
- e. Bagian atas tubuh harus tegak lurus dengan kursi (gerakan tubuh yang condong ke depan harus dilakukan tanpa membengkokkan tulang punggung)
- f. Kepala dapat ditundukkan pada sudut 20-25°
- g. Lengan harus berada sedekat mungkin dengan tubuh

- h. Lengan bawah harus sedapat mungkin berada pada posisi horizontal (maksimal 25° dinaikkan dari garis horizontal)
- i. Sudut antara tulang kering dan paha berada pada kisaran 115°
- j. Telapak kaki harus menyentuh lantai

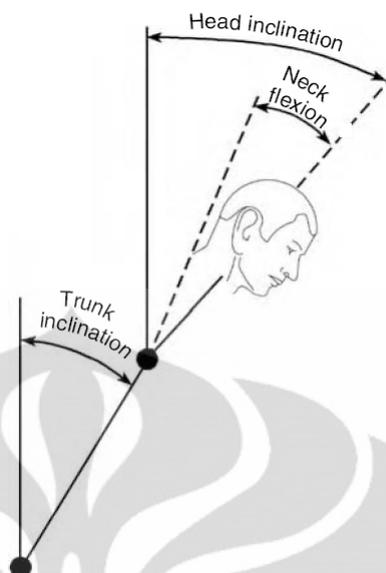


Gambar 2.9 Posisi Ideal pada Postur Duduk Berdasarkan ISO 1126

(Sumber: Anghel, Mirella et.al., *Musculoskeletal Disorders (MSDs) – Consequences of Prolonged Static Postures*, Journal of Experimental Medical & Surgical Research Year XIV; No. 4/2007: p.167 – 172)

2.7.3 Postur Kepala

Pekerjaan yang presisi pada profesi dokter gigi menuntut mereka untuk memperoleh daya pandang yang baik akan objek yang mereka kerjakan yaitu area mulut yang relatif kecil. Oleh karena itu, tidak heran sering kita lihat dokter gigi menundukkan kepala dan lehernya dalam pekerjaannya sehari-hari. Berikut ini akan dibahas mengenai postur kepala yang meliputi daya pandang serta leher. Namun perlu diketahui terlebih dahulu terdapat dua istilah yang saling berkaitan dalam penjelasan postur kepala yaitu inklinasi kepala dan fleksi leher. Pada gambar 2.10 di bawah ini ditunjukkan mengenai perbedaan antara inklinasi kepala dan fleksi leher. Fleksi leher menurut Delleman (2004) adalah besarnya inklinasi punggung dikurangi inklinasi kepala jika hasil pengurangannya lebih dari 0° , sedangkan hasil pengurangan kurang dari 0° didefinisikan sebagai ekstensi leher.



Gambar 2.10 Ilustrasi Inklinasi Kepala dan Fleksi Leher

(Sumber: Delleman, Nico J., Haslegrave, Christine M., dan Chaffin, Don B. 2004. *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. Florida: CRC Press)

2.7.3.1 Postur dan Daya Pandang

Secara alamiah untuk suatu pekerjaan yang membutuhkan tuntutan penglihatan tinggi, mata manusia hanya dapat berkonsentrasi pada radius 5° dari fiksasi pusat mata. Selain itu, mata juga harus berakomodasi untuk mencapai titik fokus pada jarak pandang tertentu. Kemampuan pandang manusia secara tidak langsung mempengaruhi postur tubuh terutama pada leher dan kepala. Saat kita duduk dengan kepala tegak, mata kita memiliki garis pandang rileks pada sudut $10\text{-}15^\circ$ dari garis pandang lurus. Menurut Taylor (1973), bola mata manusia sesungguhnya dapat bergerak memandangi ke atas hingga 48° dan memandangi ke bawah hingga 66° tanpa menggerakkan kepala (Pheasant, 2003, p.63).

Bekerja dengan titik fokus yang sangat dekat dengan mata cenderung melelahkan, sehingga perlu diatur jarak area kerja dimana mata berada pada titik fokus tak terhingga sehingga lensa mata menjadi rileks. Walaupun tidak ada suatu kesepakatan untuk jarak pandang minimum yang ideal, terdapat beberapa penelitian yang memberikan rekomendasi jarak pandang. Menurut Pheasant (2003), jarak sejauh 500 mm cukup nyaman bagi penglihatan dan jarak lebih dari 750 mm lebih baik. Hal ini didukung oleh penelitian Grandjean et.al (1984) yang

menyarankan jarak visual rata-rata 760 mm, sedangkan Brown dan Schuam (1980) menyarankan jarak rata-rata sejauh 624 mm (Pheasant, 2003, p.64-65).

2.7.3.2 Inklinasi Kepala

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Chaffin (1973) ditemukan kesimpulan bahwa pada sudut inklinasi kepala 15° tidak ditemukan sensasi rasa tidak nyaman bahkan hingga waktu enam jam walaupun menurut Hünting (1981) terdapat hubungan antara inklinasi kepala yang semakin besar terhadap bertambahnya insiden nyeri pada leher dan bahu pada operator mesin hitung. Killborn et.al (1986) melakukan penelitian yang memiliki kesimpulan bahwa pada sudut inklinasi $>20^\circ$ ditemukan korelasi timbulnya gejala gangguan leher pada buruh pabrik elektronik. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.86-90). Penelitian lain yang dilakukan oleh Lee et.al (1986) pada operator mikroskop menunjukkan bahwa pada sudut 25° tidak terjadi penambahan beban muskuloskeletal yang signifikan terhadap waktu. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.93). Sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa batas aman sudut inklinasi kepala berkisar antar $20-25^\circ$, hal ini telah diimplementasikan dalam perangkat evaluasi ergonomi yang disebut RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) dilihat dari nilai batas yang serupa.

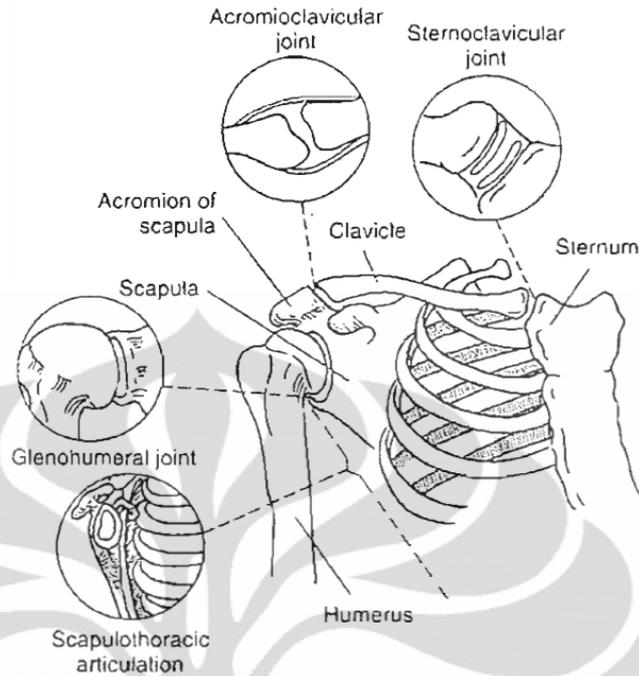
2.7.3.3 Postur Leher

Menurut Bendix dan Hagberg (1984) fleksi / ekstensi leher memberikan pengaruh terhadap pembebanan leher. Pada tahun 1999, Delleman melakukan penelitian terhadap operator VDU (*Visual Display Unit*) dengan merubah stasiun kerja pada konfigurasi tertentu. Hasilnya, fleksi leher sebesar 15° dianggap sebagai posisi leher yang paling nyaman. Akan tetapi berdasarkan data tersebut direkomendasikan fleksi leher sebesar $0-25^\circ$. Pada penelitian lain oleh Wikström (1993) diuji tiga jenis postur leher yaitu postur simetris (P1), postur leher yang dipuntir sebesar $30-50^\circ$ dengan punggung yang berputar sebesar $5-10^\circ$ (P2), serta postur leher terpuntir sebesar $50-60^\circ$ dengan punggung yang diputar sebesar $5-10^\circ$ (P3). Setelah penelitian diambil kesimpulan bahwa pada P1 subjek bisa menjalani postur tersebut selama maksimum 6 jam, untuk P2 selama 3 jam, dan P3 selama 2 jam. Perbedaan batas waktu maksimum pada P1 dan P2 diperkirakan terjadi

karena adanya postur leher yang terpuntir. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hünting et.al (1981) pada pekerja mesin tik dan VDU menunjukkan bahwa pada subjek yang memutar lehernya lebih dari 20° menunjukkan insiden penyakit medis yang lebih tinggi pada leher dan bahu. Secara lebih rinci, Snijders et.al (1991) menunjukkan bahwa leher yang terpuntir melebihi 35° meningkatkan tekanan pada otot leher secara signifikan. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.91-104)

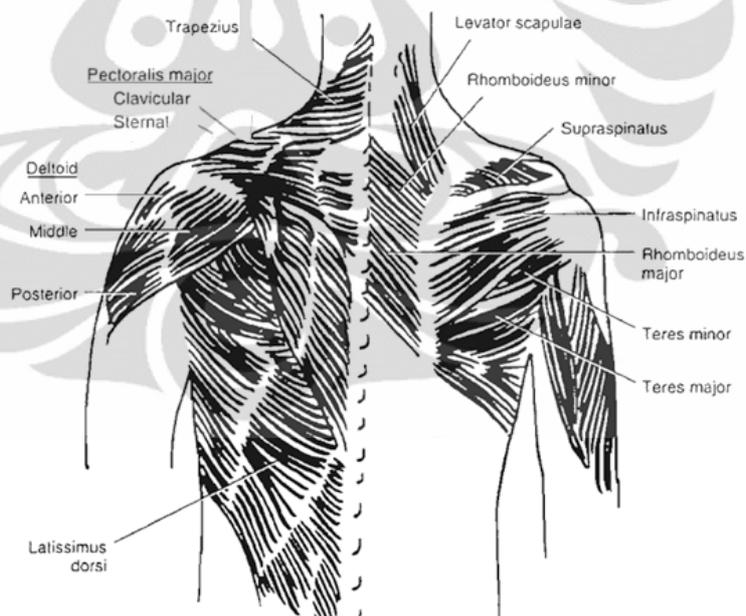
2.7.4 Postur Bahu

Bahu merupakan bagian tubuh yang penting karena menghubungkan tubuh bagian atas dengan punggung. Bahu terdiri dari artikulasi glenohumeral, akromioklavikular, sternoklavikular, dan skapulotorak (gambar 2.11) dengan struktur otot khusus yang membuatnya menjadi salah satu bagian tubuh yang paling dinamis. Otot pada bahu menurut Valle, Rokito, Birdzell, dan Zuckerman (2001) meliputi otot pada bagian deltoid, pektoralis, otot-otot *rotator cuff* (supraspinatus, infraspinatus, subscapularis, dan teres minor), dan teres major seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12. Otot besar lainnya yang memegang peranan penting dalam gerakan bahu adalah trapezius yang juga memiliki hubungan dengan ruas tulang servikal (leher). Otot bahu yang kompleks memiliki hubungan dengan gerakan lengan bagian atas. Pergerakan lengan atas ke samping akan menambah momen dari deltoid bertambah sehingga menambah beban ke otot supraspinatus. Beban pada sendi glenohumeral juga kerap terjadi dalam aktivitas kerja manusia biasanya saat apabila posisi lengan atas menjauh dari bidang sagital (Nordin dan Frankel, 2001, p.319). Inman, Saunders, dan Abbott (1944) memperhitungkan tekanan terbesar terhadap sendi glenohumeral terjadi pada elevasi 90° dengan beban gaya mencapai 8,2 kali berat lengan pada bagian deltoid. Hal ini menunjukkan postur terbaik yang tidak membebani bahu adalah menjaga lengan atas dekat dengan bidang sagital sehingga tidak terjadi retraksi otot yang membebani bahu (Nordin dan Frankel, 2001, p.336). Kadefors (1994) menunjukkan bahwa terdapat risiko berlebih terhadap munculnya nyeri bahu karena proses pembengkakan otot *rotator cuff* pada pekerjaan yang berada di atas bahu sehingga menimbulkan naiknya otot dan tulang bahu saat bekerja. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.266)



Gambar 2.11 Anatomi Tulang Bahu Manusia

(Sumber: De Palma, A.F. 1983. *Biomechanics of the Shoulder in Surgery of the Shoulder 3rd Edition*. Philadelphia: J.B. Lippincot.)



Gambar 2.12 Anatomi Otot Bahu Manusia

(Sumber: Nordin, Margareta dan Frankel, Victor H. 2001. *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System: Third Edition*. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins.) “telah diolah kembali”

2.7.5 Postur Lengan

2.7.5.1 Lengan Atas

Pada tahun 2001, Frost et.al menemukan bahwa gangguan bahu yang muncul pada pekerjaan repetitif meningkat seiring dengan frekuensi gerakan lengan bagian atas. Risiko ini juga dipengaruhi oleh durasi kerja repetitif. Menurut Kilborn (1994), pekerjaan repetitif yang dilakukan lebih dari satu jam tiap harinya memberikan risiko gangguan muskuloskeletal yang lebih tinggi terutama jika pekerjaan tersebut menggunakan tenaga yang membebani otot atau postur statis yang ekstrem. Sigholm et.al menemukan bahwa pada sudut fleksi lengan atas sebesar 45° memberikan beban yang signifikan terhadap otot supraspinatus, selain itu bertambahnya sudut fleksi juga menambahkan beban pada otot trapezius. Fleksi dan abduksi lengan atas ternyata memberikan pengaruh pula terhadap peredaran darah serta kelelahan pada area sekitar otot. Menurut Järholm et.al (1991) bertambahnya fleksi atau abduksi dari lengan atas secara signifikan mengurangi peredaran darah terhadap otot sehingga menyebabkan rasa lelah pada otot terutama supraspinatus. Hal ini tidak hanya terjadi pada pekerja yang tidak terlatih, namun menurut Kadefors et.al (1976) dalam penelitian terhadap tukang las juga memiliki efek yang sama pada para pekerja yang terlatih. Untuk mengurangi risiko tersebut, pekerja diharapkan dapat memperbaiki postur serta mengurangi postur kerja dalam posisi statis. Menurut Rose et.al (1992), pekerja diharapkan dapat berhenti sejenak saat bekerja pada 20% dari waktu postur total dalam posisi statis. Dalam hal ini, minimal setiap 12 menit sekali pekerja berhenti sejenak untuk mengurangi tegangan pada bahu akibat posisi lengan atas yang kurang baik. Rekomendasi fleksi dan abduksi lengan yang baik dikemukakan oleh Aarås et.al (1988) yang menyarankan fleksi maksimal 15° dan abduksi maksimal 10° berdasarkan studi cedera bahu pada pekerja operasi pengepakan oleh wanita. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.262-270)

2.7.5.2 Siku, Lengan Bawah, dan Pergelangan Tangan

Selain postur lengan bagian atas, postur lengan bagian bawah juga perlu untuk diperhatikan dalam bekerja secara sehat. Menurut Aarås (2004) posisi yang netral dari lengan bawah tanpa adanya pronasi dapat mengurangi ketidaknyamanan muskuloskeletal pada seseorang. Pada penelitian lainnya

menurut Hünting et.al (1981) serta Kee dan Karwoski (2001), abduksi pergelangan tangan lebih dari 20° merupakan posisi yang tidak nyaman. Pada bagian lengan bawah dan tangan terdapat beberapa area yang seharusnya tidak terbebani oleh tekanan lokal. Hal ini ditunjukkan oleh Wells (2001) pada gambar 2.13 dengan area yang berwarna abu-abu. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.302). Area tersebut merupakan tempat dimana saraf dan pembuluh darah yang sensitif berada. Tekanan yang berlebihan pada area tersebut menimbulkan ketidaknyamanan atau bahkan gangguan tertentu. Inilah alasan mengapa penggunaan sarung tangan yang cukup ketat pada jangka waktu yang lama kurang baik bagi kesehatan.



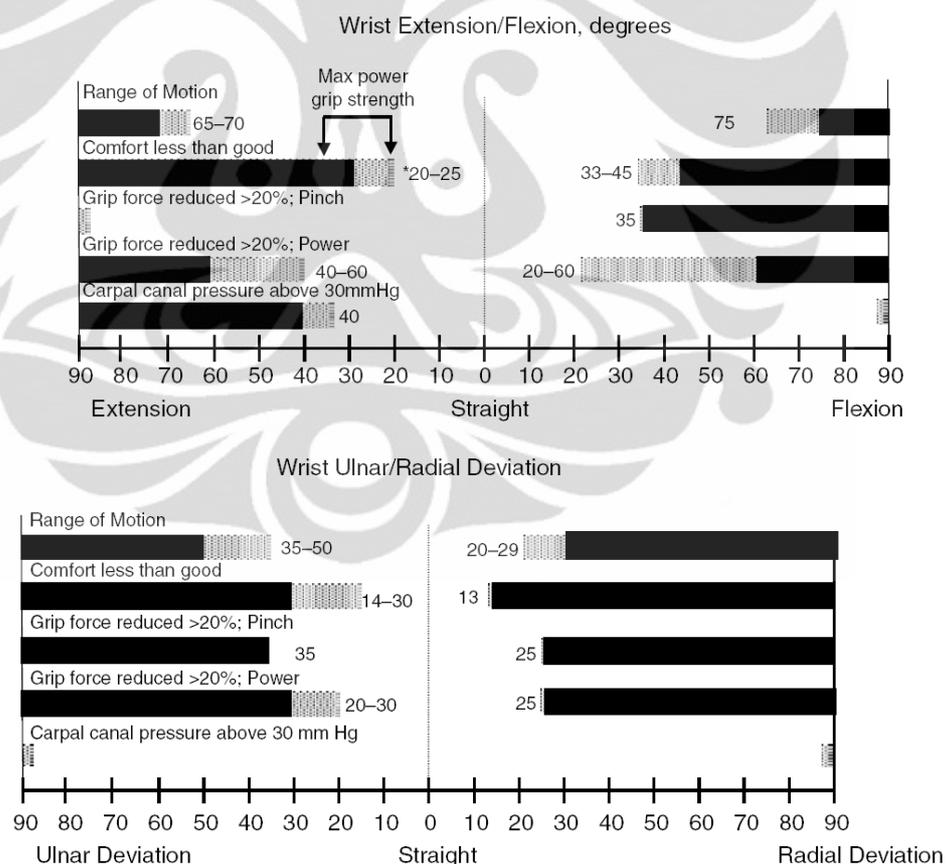
Gambar 2.13 Area pada Lengan Bawah dan Tangan yang Harus Dihindari oleh Tekanan

(Sumber: Delleman, Nico J., Haslegrave, Christine M., dan Chaffin, Don B. 2004. *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. Florida: CRC Press)

Berbagai penelitian dilakukan oleh para ilmuwan untuk mengetahui postur kerja yang ideal untuk mengurangi gangguan muskuloskeletal sejak lama. Khusus untuk postur bagian lengan bawah, penelitian yang dilakukan oleh Kee dan Karwowski (2001), Karwowski (2002), dan Keir et.al (1996) dirangkum dalam grafik yang ditunjukkan pada gambar 2.14, 2.15, dan 2.16. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.303-305)

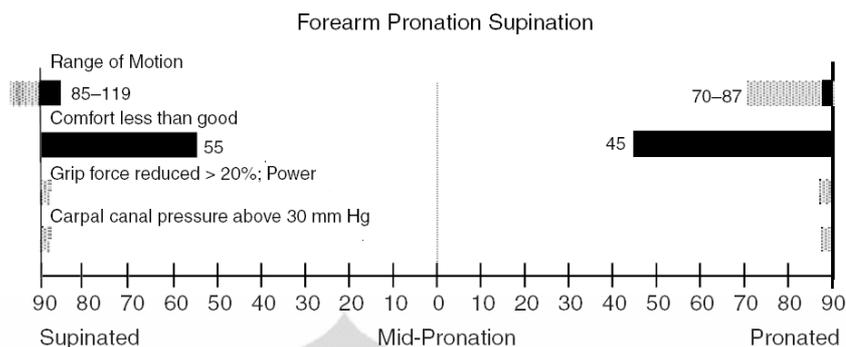
Pada gambar 2.14 rekomendasi yang diberikan berpusat pada area pergelangan tangan. Bagian yang berwarna putih tanpa kotak panduan menunjukkan area postur yang sehat serta efektif. Area dengan arsiran abu-abu menunjukkan batas maksimum dari postur yang sehat, sedangkan area berwarna hitam adalah postur yang tidak direkomendasikan. Pada gambar 2.14 terlihat bahwa fleksi pergelangan tangan yang nyaman berada pada sudut $< 35^\circ$, sedangkan untuk

ekstensi pada sudut $< 20^\circ$. Untuk deviasi ulnar (abduksi) sudut yang direkomendasikan $< 14^\circ$, sedangkan untuk deviasi radial pada sudut $< 13^\circ$. Gambar 2.15 di bawah ini, memberikan rekomendasi untuk postur lengan bawah (*forearm*). Dari gambar tersebut terlihat bahwa sudut pronasi yang disarankan adalah $< 45^\circ$, sedangkan sudut supinasinya pada nilai $< 55^\circ$. Terdapat keunikan pada grafik tersebut dimana tidak terdapat area abu-abu untuk kenyamanan pronasi dan supinasi, sehingga bisa dikatakan apabila sudut yang dibentuk melebihi batas nyaman dikatakan berbahaya secara postural. Gambar 2.16 ini menunjukkan mengenai rekomendasi postur untuk siku. Grafik tersebut menunjukkan bahwa dengan acuan siku yang lurus pada 180° , maka sudut yang dikategorikan nyaman adalah 115° - 165° . Dari grafik tersebut juga bisa diketahui bahwa pada area abu-abu, terdapat nilai momen siku maksimal yang berkisar pada sudut 90° - 110° .



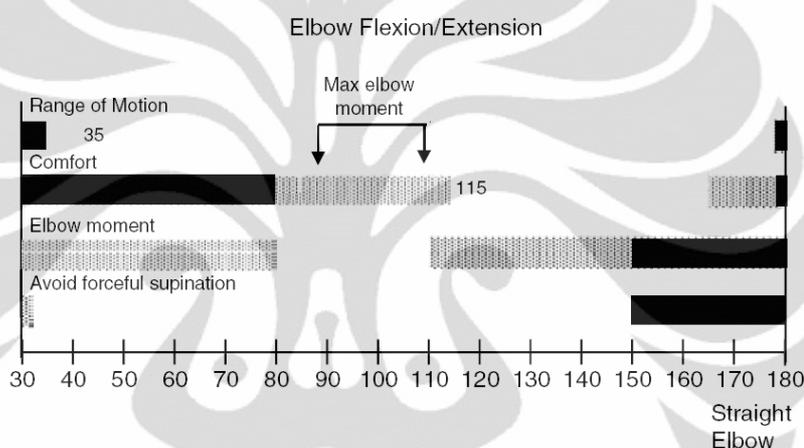
Gambar 2.14 Rekomendasi Postural untuk Pergelangan Tangan

(Sumber: Delleman, Nico J., Haslegrave, Christine M., dan Chaffin, Don B. 2004. *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. Florida: CRC Press)



Gambar 2.15 Rekomendasi Postural untuk Lengan Bawah

(Sumber: Delleman, Nico J., Haslegrave, Christine M., dan Chaffin, Don B. 2004. *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. Florida: CRC Press)



Gambar 2.16 Rekomendasi Postural untuk Siku

(Sumber: Delleman, Nico J., Haslegrave, Christine M., dan Chaffin, Don B. 2004. *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. Florida: CRC Press)

Dalam penelitian yang dikemukakan oleh Grandjean (1988) dan Pheasant (1987, 1991) terdapat beberapa rekomendasi mengenai hubungan antara posisi lengan dengan stasiun kerjanya. Mereka menyarankan tinggi stasiun kerja diatur sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan oleh subjek. Berikut ini adalah saran tinggi area kerja dari hasil penelitian mereka. (Pheasant, 2003, p.65)

- a. Untuk pekerjaan manipulatif yang melibatkan tenaga dan presisi dengan ukuran menengah sebaiknya area kerja berada pada tinggi 50-100 mm dibawah tinggi siku.
- b. Untuk pekerjaan manipulatif yang rumit (meliputi pekerjaan tulis) sebaiknya berada pada 50-100 mm di atas tinggi siku (tambahan penyangga pergelangan tangan disarankan)

- c. Untuk pekerjaan manipulatif yang berat (biasanya melibatkan penekanan ke arah bawah terhadap objek kerja) sebaiknya memiliki tinggi 100-250 mm di bawah tinggi siku.
- d. Untuk pekerjaan menngangkat dan penanganan barang tinggi yang disarankan berada diantara tinggi kepala tangan dan tinggi siku.
- e. Untuk pekerjaan yang melibatkan alat kendali yang dioperasikan tangan (seperti tombol atau tuas) tinggi yang disarankan berada diantara tinggi siku dan bahu.

2.7.6 Postur Punggung

Nyeri punggung bawah merupakan salah satu masalah kesehatan kerja yang paling sering terjadi. Menurut Van Dieën dan Nussbaum (2001), terdapat 70% dari populasi umum serta 90% dari populasi pekerja yang terpapar beban fisik kerja yang berat yang mengalami nyeri punggung bawah (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.109). Jaringan yang berada pada punggung biasanya dalam posisi lentur dalam postur netral, sehingga postur yang netral akan menyebabkan tekanan pada jaringan tersebut. Rentang gerak punggung untuk bungkuk ke depan (*forward bending*) mencapai 55° menurut Adams dan Hutton (1982). Pembebanan yang melebihi nilai ambang dapat mengakibatkan kerusakan pada punggung. Bagian yang diperkirakan akan mengalami kegagalan menurut Adams et.al (1980, 1994) meliputi ligament supraspinous, interspinous, serta hernia pada ruas tulang belakang. Namun, hal ini biasanya terjadi setelah pembungkukan yang berulang seiring berjalannya waktu (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.119-120).

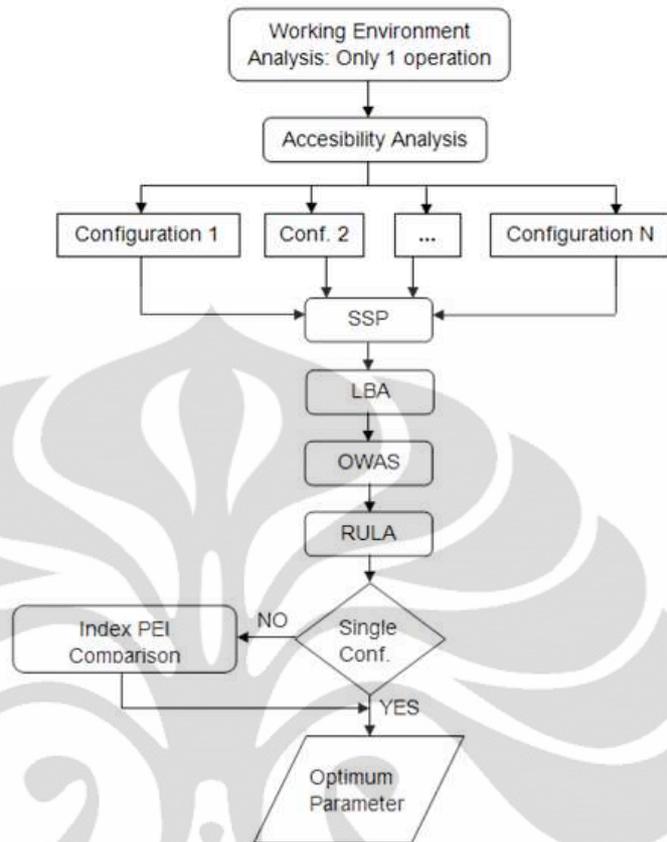
Pembengkokan punggung ke samping (*lateral bending*) menurut Mc Gill et.al (1999) dapat dilakukan oleh manusia yang masih muda hingga 30° dan berkurang kelenturannya hingga 20° pada usia tua. Walaupun ligamen transversal dapat mengalami tekanan hingga menimbulkan rasa kaku, menurut Van Dieën dan Nussbaum (2001) belum ditemukan cedera klinis yang relevan disebabkan oleh pergerakan ini. Untuk gerakan memutar (*twisting*), punggung manusia dapat melakukannya hingga 15° pada area lumbar menurut McGill et.al (1999). Pada area toraks, punggung manusia bisa dibengkokkan hingga 60° berdasarkan penelitian Bodén dan Öberg (1998). Gerakan ini menurut Farfan et.al (1970) dapat

memberikan torsi yang merusak *annulus fibrosus* dan menimbulkan degenerasi ruas tulang belakang. Hal ini didukung oleh Liu et.al (1985) yang menyatakan efek serupa dari gerakan memutar punggung secara repetitif. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.121-121).

Inklinasi punggung merupakan salah satu aspek yang termasuk dalam postur punggung. Dari studi yang dilakukan Corlett dan Bishop (1976) ditemukan bahwa bertambahnya inklinasi punggung mengakibatkan tingkat ketidaknyamanan yang lebih tinggi. Menurut Paquet et.al (2001) postur punggung yang tergolong netral berada pada inklinasi ke depan (*forward inclination*) $< 20^\circ$, sedangkan inklinasi yang tergolong ekstrem berada pada nilai sudut $> 45^\circ$. Untuk inklinasi ke samping serta putaran punggung dinilai masuk kategori postur asimetris yang janggal jika melebihi sudut 20° . Penelitian lain yang dilakukan oleh Hoogendoorn et.al (2000) menunjukkan bahwa postur bungkuk melebihi 60° melebihi 5% dari waktu kerja total meningkatkan risiko nyeri punggung bawah hingga 50%. Jika pekerja memutar punggungnya lebih dari 10% waktu kerja maka risikonya akan bertambah sebanyak 30%. (Delleman, Haslegrave, Christine, dan Chaffin, 2004, p.123-132)

2.8 Posture Evaluation Index (PEI)

PEI (*Posture Evaluation Index*) adalah sebuah metode untuk menghitung tingkat kenyamanan postur manusia yang dimodelkan dalam *software* Jack 6.1 berdasarkan hasil *Task Analysis Toolkits*. PEI dikembangkan oleh Fransesco Caputo, Prof. Giuseppe Di Gironimo, Ph.D, dan Adelaide Marzano, Ing. dari University of Naples Frederico II Italia. Perhitungan *Posture Evaluation Index* didapatkan lewat 7 fase yaitu analisis lingkungan kerja, analisis jangkauan dan aksesibilitas, analisis *static strength prediction*, penilaian *lower back analysis*, penilaian *Ovako working posture analysis*, penilaian *rapid upper limb assessment*, dan perhitungan nilai indeks. Diagram alir dari proses perhitungan *posture evaluation index* ditunjukkan pada gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2.17 Diagram Alir Pengerjaan Metode *Posture Evaluation Index*

(Sumber: 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)

2.8.1 Analisis Lingkungan Kerja

Pada fase ini peneliti harus mencoba untuk memahami faktor-faktor yang akan berkontribusi terhadap kesimpulan yang akan diambil dalam evaluasi postur pada suatu area kerja mencakup rute alternatif, postur, dan kecepatan eksekusi pekerjaan. Dalam simulasi di lingkungan maya (*virtual environment*) sangat penting untuk melakukan simulasi operasi kerja dengan berbagai alternatif gerakan yang bertujuan untuk memverifikasi kelayakan tugas yang dilakukan operator. Fase pertama ini membutuhkan waktu paling lama karena peneliti harus membuat *real-time simulation* dalam jumlah yang sangat banyak dengan adanya kemungkinan beberapa simulasi yang telah dibuat tidak akan digunakan untuk penelitian lebih lanjut.

2.8.2 Analisis Jangkauan dan Aksesibilitas

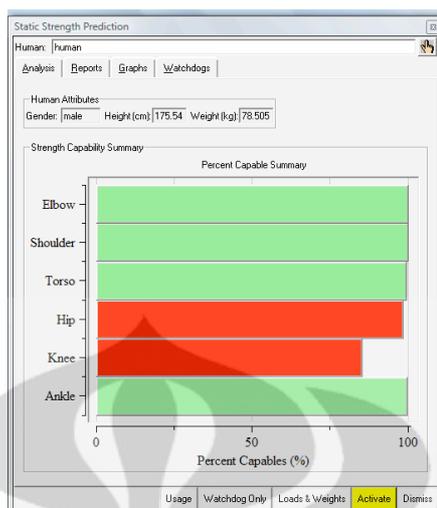
Sebuah stasiun kerja yang mendukung postur ergonomis memerlukan studi pendahuluan untuk dievaluasi aksesibilitasnya dari titik-titik kritis (*critical points*). Permasalahan yang muncul adalah apakah seluruh metode gerakan yang telah dirancang memungkinkan untuk dimasukkan ke sebuah operasi dan apakah semua titik kritis dapat dijangkau oleh pekerja. Misalkan, pada saat operator melakukan kegiatan mengangkat, terdapat kemungkinan rak tempat meletakkan benda terlalu tinggi sehingga tidak dapat dijangkau operator. Untuk itu perlu dipastikan bahwa titik kritis jangkauan benda kerja dapat terjangkau oleh operator. Fase berikutnya tidak akan dilanjutkan jika konfigurasi tata letak yang ada tidak memuaskan pada fase ini. Dari analisis lingkungan kerja, serta keterjangkauan dan aksesibilitas, konfigurasi yang akan dianalisis pada fase berikutnya dapat ditentukan.

2.8.3 Analisis Static Strength Prediction (SSP)

SSP (*Static Strength Prediction*) adalah suatu evaluasi yang dikembangkan oleh peneliti dari Universitas Michigan untuk menilai apakah pekerjaan yang dilakukan dapat dipertimbangkan dalam analisis selanjutnya. Pertimbangan yang dilakukan oleh SSP didasari oleh biomekanika dari bagian tubuh manusia yang dikemukakan oleh Chaffin (2006) dalam persamaan berikut ini. (Karwowski, 2001, p.3008)

$$M_j = S_j \dots \dots \dots (2.5)$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa momen eksternal pada beberapa sendi tubuh haruslah sama dengan momen maksimum dari otot yang mendukung sendi tersebut. Momen maksimum yang dimaksud berasal dari kontraksi otot saat bekerja, sedangkan momen eksternal adalah gaya eksternal yang meliputi beban pada bagian tubuh tertentu. Oleh karenanya, SSP melihat apakah terjadi ketidakseimbangan momen pada sistem biomekanika bagian tubuh manusia. Pada *software* Jack sendiri, terdapat fasilitas SSP untuk melihat berapa persen populasi yang dapat melakukan suatu pekerjaan dengan beban dan posisi tertentu yang dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Tampilan *Static Strength Prediction* pada Jack 6.1

(Sumber: *Software Jack 6.1*)

2.8.4 Penilaian *Lower Back Analysis* (LBA)

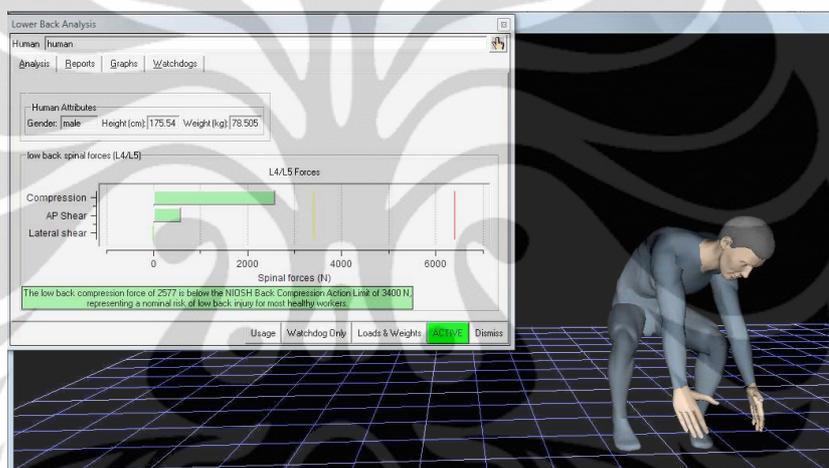
LBA merupakan metode untuk mengevaluasi gaya-gaya yang bekerja di tulang belakang manusia pada kondisi beban dan postur tertentu. Analisis ini mengevaluasi secara *real time* beban yang diterima oleh bagian tulang belakang model manekin saat melakukan tugas yang diberikan. Nilai tekanan yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan batasan tekanan yang berisiko ada pada standar NIOSH yaitu 3400 N sedangkan batas maksimumnya adalah 6400 N.

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 menghitung 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 NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*). Nilai beban ideal yang disyaratkan oleh NIOSH merupakan nilai beban yang diukur menurut kemampuan pekerja dengan kondisi ideal untuk mengangkat maupun memproses suatu beban secara aman pada jangka waktu tertentu.

Perhitungan manual gaya kompresi punggung (*Low Back Compressive Force*) yang mirip dengan LBA secara sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan analogi diagram gaya bebas (*freebody diagram*) pada ruas L₅/S₁

(dimana fleksi punggung dan hernia ruas tulang punggung biasa terjadi) dan membuat model dari komponen tersebut seperti tuas dengan pusat ruas sebagai pusat momennya.

Menurut NIOSH, batas gaya kompresi punggung yang diperbolehkan adalah 750 lb. Sedangkan, nilai batas untuk tegangan geser yang diperbolehkan pada punggung bawah harus berada di bawah kisaran nilai 750 – 1000 N. Perhitungan yang lebih akurat dapat diperoleh juga dengan menggunakan berbagai *software* khusus ergonomi salah satunya adalah Jack 6.1 cukup dengan mensimulasikan postur yang diamati ke dalam lingkungan maya (*virtual environment*) komputer, seperti terlihat pada gambar 2.19 di bawah ini.



Gambar 2.19 Tampilan *Lower Back Analysis* pada Jack 6.1

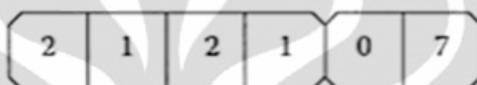
(Sumber: *Software Jack 6.1*)

2.8.5 Penilaian Ovako *Working Posture Analysis* (OWAS)

OWAS adalah sebuah metode evaluasi ergonomi untuk mengamati postur kerja pada bagian punggung, lengan, dan tungkai kaki secara objektif. OWAS juga mempertimbangkan beban yang ditangani oleh pekerja, sehingga membuat metode ini cukup baik untuk aplikasi di bidang industri. Metode ini pertama kali dikembangkan di sebuah pabrik Baja Finlandia bernama Ovako Oy (Karhu, 1977). Semenjak itu, banyak pabrik yang mulai menggunakan OWAS untuk pengamatan postur pekerja mereka, bahkan OWAS telah dimodifikasi untuk pengamatan di bidang konstruksi.

OWAS mengidentifikasi beberapa postur yang umum terjadi pada sebuah pekerjaan (terutama manufaktur). Postur tubuh yang meliputi punggung, lengan,

dan tungkai kaki tersebut memiliki kode tertentu sehingga sebuah hasil evaluasi OWAS akan menghasilkan rangkaian angka sebanyak 7 digit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.20. Digit pertama dari kode tersebut mewakili postur punggung, digit kedua melambangkan postur lengan, digit ketiga untuk postur tungkai kaki, dan digit keempat merupakan kode untuk beban yang ditangani oleh pekerja. Dua digit berikutnya menjelaskan kode bagian rangkaian kerja yang diamati posturnya. Pada gambar 2.21 ini ditunjukkan arti dari kode angka yang diberikan dalam OWAS beserta dengan contoh gambar posturnya.



Gambar 2.20 Contoh Kode Tujuh Digit OWAS

(Sumber: Helander, Martin. 2006. *A Guide to Human Factors and Ergonomics: Second Edition*. Danvers: CRC Press.)

Dari pengamatan postur yang telah dilakukan, kita bisa mengetahui urgensi dari tindakan perbaikan terhadap postur tersebut lewat klasifikasi 4 kategori tindakan dari skala 1 hingga 4. Penjelasan mengenai tindakan yang harus diambil berdasarkan empat skala tersebut dapat dilihat pada tabel 2.5 di bawah ini. Kombinasi dari empat digit angka tersebut kemudian akan memberikan kita gambaran pada kategori tindakan manakah postur yang sedang kita observasi berada. Secara manual, kita dapat mengetahui nilai kategori tindakan dengan melihat kombinasi keempat angka tersebut. Dalam *software* Jack sendiri, hasil yang ditunjukkan tidak meliputi digit keenam dan ketujuh karena analisis *real-time* yang dilakukan pada perangkat tersebut tidak membutuhkan klasifikasi selayaknya perhitungan manual.

Kode Angka	Postur Punggung	Kode Angka	Beban yang Ditangani
1	Lurus	1	Berat beban \leq 10 kg
2	Membungkuk	2	Berat beban \leq 20 kg
3	Berputar	3	Berat beban \geq 20 kg
4	Membungkuk dan berputar		

Kode Angka	Posisi Lengan
1	Kedua lengan dibawah bahu
2	Salah satu lengan diatas bahu
3	Kedua lengan diatas bahu

Kode Angka	Posisi Tungkai Kaki
1	Duduk
2	Berdiri Tegak
3	Berdiri dengan salah satu kaki tegak
4	Berdiri dengan kedua kaki dibengkokan
5	Berdiri dengan salah satu kaki dibengkokan
6	Berlutut
7	Berjalan

Gambar 2.21 Postur dan Makna Angka OWAS

(Sumber: Helander, Martin. 2006. *A Guide to Human Factors and Ergonomics: Second Edition*. Danvers: CRC Press.) “telah diolah kembali”

Tabel 2.5 Penjelasan Tindakan dari Empat Skala OWAS

Kategori OWAS	Deskripsi
Tindakan kategori 1	Postur kerja dianggap tidak memiliki efek berbahaya bagi sistem <i>musculoskeletal</i> . Tidak diperlukan tindakan khusus untuk mengubah postur kerja.
Tindakan kategori 2	Postur kerja memiliki beberapa efek yang berbahaya bagi sistem <i>musculoskeletal</i> . Tidak diperlukan tindakan segera untuk perubahan postur kerja, tetapi perubahan perlu dilakukan pada perencanaan yang akan datang.
Tindakan kategori 3	Postur kerja memiliki efek yang berbahaya bagi sistem <i>musculoskeletal</i> . Metode kerja harus dirubah secepatnya.
Tindakan kategori 4	Postur kerja memiliki bahaya ekstrem pada sistem <i>musculoskeletal</i> . Diperlukan solusi untuk mengubah postur kerja dengan segera

(Sumber: Karwowski, Waldemar. 2001. *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors: Volume 1*. London: Taylor & Francis Inc.) “telah diolah kembali”

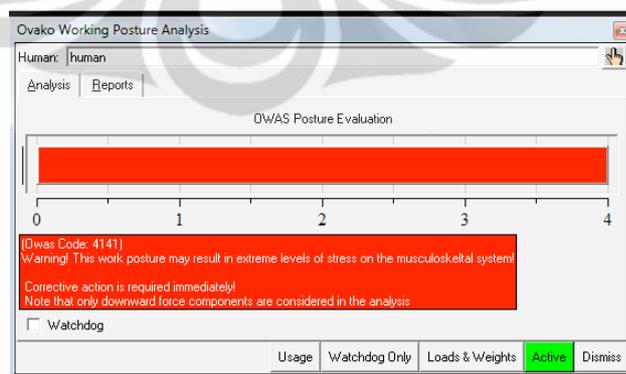
Pada tabel 2.6 terlihat kombinasi dari empat digit angka tersebut yang meliputi kode punggung dan lengan pada bagian kiri, serta kode tungkai kaki serta beban yang ditangani pada bagian atas tabel. Dalam software Jack 6.1 itu sendiri kita dapat mengetahui nilai OWAS

Tabel 2.6 Penjelasan Tindakan dari Empat Skala OWAS

Punggung	Lengan	1			2			3			4			5			6			7			Tungkai Kaki Beban yang Ditangani
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3
	2	2	3	4	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4	
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1	
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1	
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	

(Sumber: Ismail, A.R. et.al. 2009. *Assesment of Postural Loading among the Assembly Operators: A Case Study at Malaysian Automotive Industry*. EuroJournals Publishing Inc.) “telah diolah kembali”

secara otomatis serta *real-time* yang contohnya dapat dilihat pada gambar 2.22 di bawah ini. Pada analisis di Jack, yang perlu diperhatikan adalah strategi distribusi gaya harus dipilih secara tepat oleh pengguna, apakah gaya didistribusikan pada kedua kaki, salah satu kaki, atau pada bagian paha saat duduk.



Gambar 2.22 Tampilan Hasil *Ovako Working Posture Analysis* pada Jack 6.1

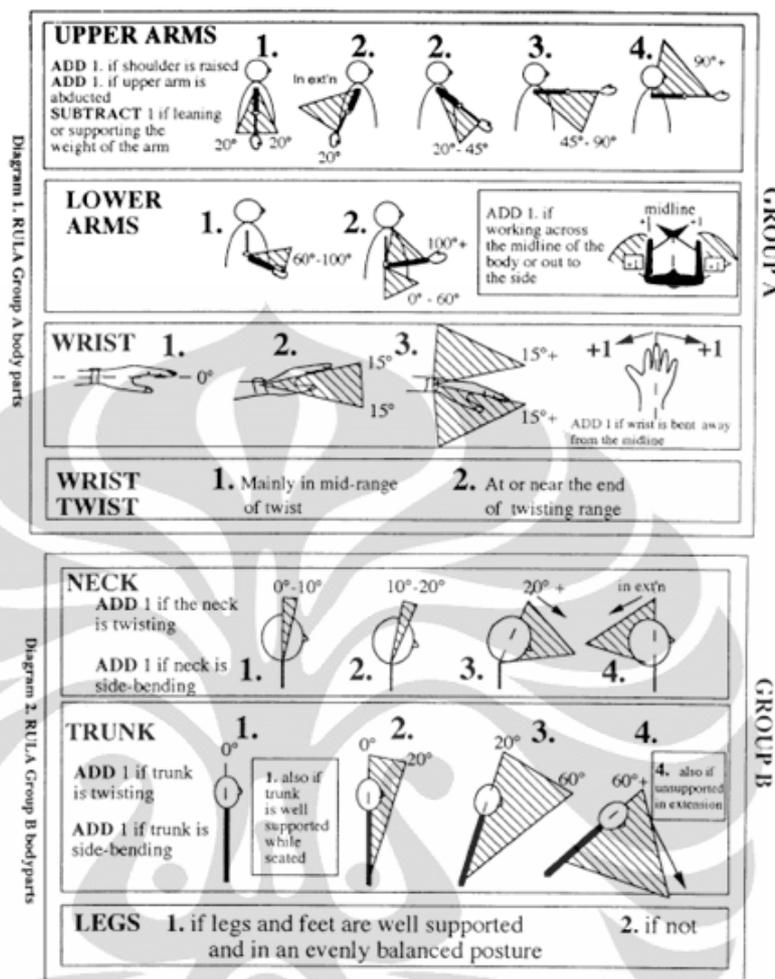
(Sumber: *Software Jack 6.1*)

2.8.6 Penilaian RULA

RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) merupakan sebuah cara penilaian beban *musculoskeletal* secara mudah untuk berbagai pekerjaan yang memiliki resiko pada bagian atas tubuh yang dirancang oleh McAtarney & Corlett pada tahun 1993. Penilaian postur dengan RULA akan menghasilkan sebuah skor yang memiliki rentang angka dari 1 hingga 7 yang menggambarkan resiko postur tersebut terhadap sistem *musculoskeletal* pekerja. Skor itu kemudian dikelompokkan kembali dalam 4 level yang menjelaskan rentang waktu yang diharapkan untuk mengendalikan resiko postur tersebut. Terdapat empat aplikasi utama dari metode RULA yaitu,

1. Mengukur risiko muskuloskeletal, biasanya sebagai bagian dalam sebuah investigasi ergonomi.
2. Membandingkan beban muskuloskeletal dari desain stasiun kerja (*workstation*) saat ini dan setelah perbaikan.
3. Mengevaluasi hasil keluaran (*output*) seperti produktivitas atau kecocokan peralatan yang digunakan oleh pekerja.
4. Mengajarkan pekerja mengenai risiko muskuloskeletal yang diakibatkan oleh postur kerja tertentu.

Postur tubuh yang dinilai oleh RULA dibagi menjadi 2 kelompok yaitu grup A dan grup B. Postur yang dinilai pada grup A adalah lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Sedangkan, postur yang dinilai pada grup B adalah leher, punggung, dan kaki. Skor yang diperoleh dari kedua grup kemudian dapat ditambahkan dengan skor tambahan dari faktor lainnya yaitu penggunaan otot dan gaya / beban yang ditangani. Contoh posisi yang dinilai oleh RULA untuk grup A dan B dapat dilihat pada gambar 2.23 di bawah ini.



Gambar 2.23 Panduan Penilaian Posisi Tubuh dengan RULA

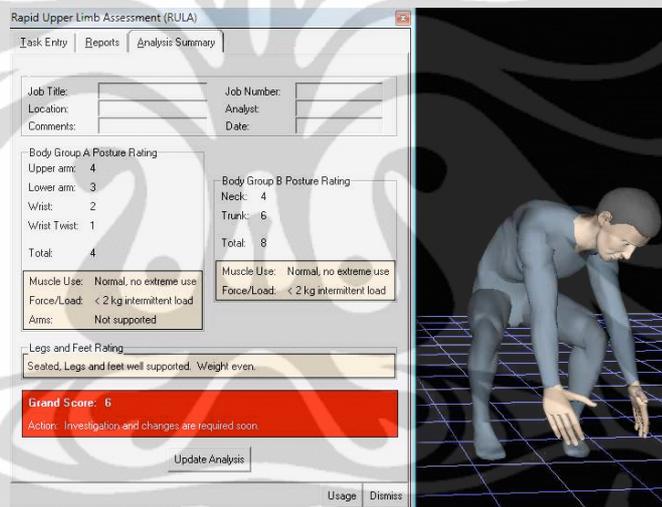
(Sumber: Stanton, Neville et.al. 2005. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Florida: CRC Press.)

Pada akhir perhitungan RULA, akan diperoleh sebuah skor total yang berkisar antara 1 hingga 7. Skor ini kemudian dikonversikan menjadi level tindakan perbaikan postur. Terdapat 4 level tindakan dalam RULA yang klasifikasinya dapat dilihat pada tabel 2.7 di bawah ini. Dalam *software* Jack 6.1, kita juga dapat melakukan analisis RULA bahkan melihat pada bagian manakah letak risiko muskuloskeletal yang terbesar apakah pada leher, lengan, atau punggung. Tampilan hasil analisis RULA pada Jack 6.1 dapat dilihat pada gambar 2.24 di bawah ini.

Tabel 2.7 Penjelasan Empat Level Tindakan RULA

Level Tindakan	Skor RULA	Deskripsi
Tindakan level 1	1 atau 2	Postur yang diamati bisa diterima jika tidak dilakukan secara terus-menerus pada jangka waktu yang lama
Tindakan level 2	3 atau 4	Dibutuhkan investigasi lebih lanjut dan perubahan postur kerja sebaiknya dilakukan
Tindakan level 3	5 atau 6	Dibutuhkan investigasi dan perubahan postur secepatnya
Tindakan level 4	7	Dibutuhkan investigasi dan perubahan segera terhadap postur kerja

(Sumber: Stanton, Neville et.al. 2005. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Florida: CRC Press.) “telah diolah kembali”



Gambar 2.24 Tampilan Hasil *Rapid Upper Limb Assessment* pada Jack 6.1

(Sumber: *Software Jack 6.1*)

2.8.7 Perhitungan skor PEI

PEI merupakan integrasi dari hasil penilaian menggunakan metode LBA, OWAS, dan RULA yang dirangkum dalam 3 variabel adimensional I_1 , I_2 , dan I_3 . Variabel I_1 menunjukkan evaluasi dari nilai LBA dengan batas *compression strength* yang mengikuti standar NIOSH (3400 N). Variabel I_2 dan I_3 menunjukkan index OWAS dan RULA. Indeks OWAS dibagi dengan nilai kritisnya yaitu 4, sedangkan indeks RULA dibagi dengan indeks kritisnya pula yaitu 7. Berikut ini adalah persamaan dari PEI,

$$PEI = I_1 + I_2 + m_r \cdot I_3 \dots \dots \dots (2.6)$$

,dengan $I_1 = \frac{\text{Nilai LBA}}{3400 N}$; $I_2 = \frac{\text{Skor OWAS}}{4}$; $I_3 = \frac{\text{Skor RULA}}{7}$; $m_r = \text{multiplication factor} =$

1,42. Definisi PEI dan hasil penggunaan dari LBA, OWAS, dan RULA bergantung kepada beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- a. Prinsip faktor risiko untuk pekerjaan yang membutuhkan pengangkutan beban meliputi pengulangan kerja, frekuensi, postur, usaha, dan waktu pemulihan (*recovery time*)
- b. Faktor yang paling mempengaruhi evaluasi dari pelaksanaan kerja adalah postur yang ekstrem khususnya di bagian tubuh atas, serta aktivitas kerja yang membutuhkan usaha cukup tinggi.

Variabel-variabel yang mendefinisikan PEI bergantung kepada tingkat ketidaknyamanan dari postur kerja yang diteliti dimana semakin tidak nyaman postur tersebut, semakin besar nilai dari I_1 , I_2 , dan I_3 . Sehingga PEI menunjukkan kualitas dari sebuah postur kerja. Makin kecil nilainya maka makin baik posturnya, dan begitu pula sebaliknya. Untuk menjamin kesesuaian kerja dengan standar keselamatan dan kesehatan, postur dengan nilai indeks I_1 melebihi atau sama dengan 1 dianggap tidak berlaku. Postur seperti ini memiliki *compression strength* pada ruas L4 dan L5 tulang belakang yang melebihi standar NIOSH yaitu 3400 N. Keempat *tools* penilaian yang digunakan dalam perhitungan nilai PEI merupakan *tools* penilaian ergonomi pada *task analysis toolkit* yang terdapat di dalam *software* Jack yaitu SSP, LBA, OWAS, dan RULA. Di bawah ini adalah diagram alir yang menggambarkan ketujuh langkah di atas. Dalam melakukan perhitungan indeks ini, biasanya dilakukan pengujian terhadap beberapa konfigurasi yang telah dibuat sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mencari konfigurasi mana yang paling baik diantara semua alternatif postur serta interaksi dengan lingkungan yang ada.

2.9 Profesi Dokter Gigi

Dokter gigi merupakan suatu profesi yang memberikan pelayanan kesehatan khusus pada bagian gigi dan mulut. Profesi ini memiliki peran penting dalam menciptakan masyarakat yang sehat karena penyakit di area dan mulut dapat memberikan dampak ke seluruh tubuh, selain itu mulut merupakan tempat masuknya makanan sehingga perlu dijaga kesehatannya. Hingga tahun 2007,

secara global ditemukan bahwa terdapat peningkatan jumlah dokter gigi perempuan yang menggeluti profesi kedokteran gigi, dimana perempuan memiliki risiko lebih besar untuk mengalami gangguan muskuloskeletal menurut Hokwerda, Wouters, de Ruijter, dan Zijlstra-Shaw (2005).

2.9.1 Pendidikan Kedokteran Gigi

Fakultas Kedokteran Gigi sebagai suatu sarana pendidikan calon dokter gigi di masa yang akan datang biasanya memiliki beberapa cabang ilmu pengetahuan. Pada Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia (FKG-UI), yang merupakan salah satu fakultas kedokteran gigi yang terkemuka, terdapat sebelas departemen yang meliputi Oral Biologi, Dental Material Kedokteran Gigi, Kedokteran Gigi Kesehatan Masyarakat dan Pencegahan, Radiologi Kedokteran Gigi, Kedokteran Gigi Konservasi, Periodontisia, Prosthodontisia, Penyakit Mulut (*Oral Medicine*), Bedah Mulut dan *Maxillofacial*, Kedokteran Gigi Paediatricia, dan Orthodontisia

Program pendidikan sarjana di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia terdiri dari dua fase yaitu program akademik dengan gelar sarjana kedokteran gigi (SKG.) dan program profesi dengan gelar dokter gigi (drg.). Seorang mahasiswa yang ingin meraih gelar sarjana kedokteran gigi melewati 7 semester dengan 144 SKS. Jika ingin memperoleh gelar drg. maka mahasiswa harus mengambil program profesi dengan 26 SKS lewat pelatihan klinik terintegrasi. Pada program ini, mahasiswa dilatih untuk dapat merencanakan dan melaksanakan pengobatan pasien secara komprehensif dengan standar kompetensi dokter gigi Indonesia. Evaluasi dilakukan secara periodik selama masa pembelajaran untuk melihat integrasi akademis dan kemampuan klinis dalam fase ini. Para mahasiswa menangani pasien yang sebenarnya di klinik integrasi di Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) Salemba. Sejauh ini terdapat 3 klinik integrasi di RSGM Salemba dimana para mahasiswa sarjana berlatih selama rata-rata 1,5 hingga 2 tahun. Sebagai calon dokter gigi walaupun mereka belum terlalu lama menjalani profesinya, menurut Hokwerda, Wouters, de Ruijter, dan Zijlstra-Shaw (2005) ditemukan 70% mahasiswa yang mengalami nyeri pada bagian tubuh tertentu karena praktik. Hal serupa juga terjadi di Indonesia yang ditemukan oleh Darwita et.al (2011), dimana sekitar 80% mahasiswa di FKG-UI yang sedang

Universitas Indonesia

menjalani praktik kerja mengalami keluhan gangguan muskuloskeletal. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi mengenai sisi ergonomi pada praktik dokter gigi baik mulai dari masa pembelajaran mereka di fakultas kedokteran gigi.

2.9.2 Penanganan Pasien pada Praktik Dokter Gigi

Menurut Sanders dan Michalak-Turcotte (2004), seorang dokter gigi memiliki berbagai tugas dalam pekerjaan profesionalnya. Tugas tersebut meliputi pelaksanaan layanan kesehatan gigi preventif, melakukan penjadwalan penanganan pasien, serta perawatan gigi lainnya seperti pembersihan karang gigi, restorasi gigi, hingga pencabutan gigi yang bermasalah (Sanders, 2004, p.449). Seorang dokter gigi biasanya memiliki suatu area kerja universal yang meliputi sebuah kursi untuk tempat duduk dokter gigi dan sebuah *dental unit*. *Dental unit* (DU) pada dasarnya adalah suatu tempat duduk bagi pasien yang memungkinkan dokter gigi untuk mengatur ketinggian serta derajat kemiringan dari sandaran kursi tersebut. Hal ini dilakukan untuk memberikan kemudahan bagi dokter gigi tanpa mengganggu pasien yang ditangani. Sebuah DU biasanya memiliki suatu lampu kerja kemudian dilengkapi dengan sumber tenaga dan air yang nantinya dapat dihubungkan dengan instrumen kerja seperti *scaler*, bor gigi, ataupun penyedot ludah. Sebuah meja kerja juga tersedia untuk menaruh berbagai instrument lain yang biasanya banyak digunakan saat bedah mulut. Wastafel juga tersedia untuk memfasilitasi pasien saat membersihkan mulutnya selama penanganan. Sebuah pedal juga terintegrasi dengan DU yang biasanya berfungsi untuk mengoperasikan fungsi mekanik dari DU yang meliputi pengaturan tinggi-rendah kursi lewat sistem hidrolik, aktivasi kompresor untuk *scaler*, maupun aktivasi mikromotor untuk bor gigi. Seluruh deskripsi tersebut dapat dilihat pada contoh area kerja dokter gigi yang ditunjukkan gambar 2.25 di bawah ini.



Gambar 2.25 Area Kerja Dokter Gigi

(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Secara umum, terdapat dua postur utama dokter gigi dalam menangani pasiennya yaitu postur berdiri dan duduk. Postur berdiri dilakukan saat melakukan kegiatan preparasi gigi (penambalan) maupun bedah (baik bedah major maupun ekstraksi). Sedangkan, postur duduk dilakukan pada sebagian besar pekerjaan dokter gigi meliputi pembersihan karang gigi (*scaling*), pengeboran gigi, perawatan saluran akar, hingga pemeriksaan berkala. Pekerjaan seorang dokter gigi melibatkan keahlian serta ketepatan dalam pengambilan keputusan, sehingga diperlukan koordinasi gerak dan penglihatan yang baik. Oleh karena itu, faktor penglihatan menjadi penting dalam pekerjaan ini yang biasanya mengakibatkan munculnya postur janggal. Berdasarkan pedoman yang dibuat oleh Hokwerda, Wouters, de Ruijter, dan Zijlstra-Shaw (2005) di Eropa, untuk mencapai suatu posisi kerja yang ergonomis pada posisi duduk perlu dilakukan pengaturan tinggi DU dan kursi dokter gigi yang berdasarkan antropometri penggunaannya. Sandaran DU yang disarankan oleh mereka pada posisi duduk adalah 30° , sedangkan untuk posisi berdiri adalah 60° . Namun, pada dasarnya seorang pasien dapat direbahkan pada *dental unit* asalkan hidung pasien tidak berada di bawah lututnya sendiri.

2.9.3 Area Mulut yang Ditangani

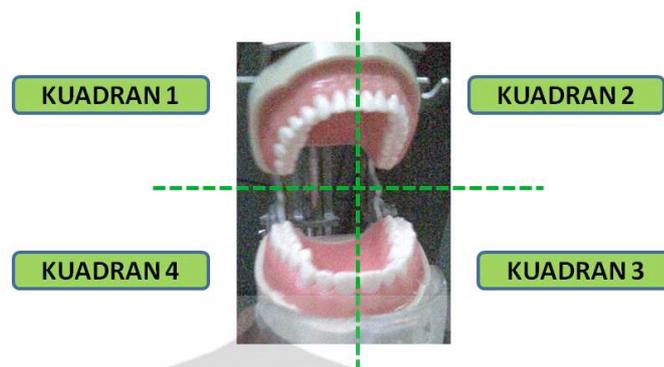
Para dokter gigi memiliki berbagai istilah medis untuk menyebutkan bagian tertentu dari mulut. Hal ini dilakukan untuk mencapai kesepakatan bersama antara seluruh dokter gigi di dunia. Seperti yang kita ketahui, manusia memiliki 3 jenis gigi yaitu gigi seri, gigi taring, dan gigi geraham. Gigi geraham sendiri dibagi kembali menjadi geraham depan (*premolar*) dan geraham belakang

Universitas Indonesia

(*molar*). Secara umum, bagian mulut dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu *maxillary* dan *mandibular*. *Maxillary* adalah bagian rahang atas, sedangkan *mandibular* adalah bagian rahang bawah. Selanjutnya, mulut memiliki sumbu tengah yang berada diantara dua gigi seri paling depan. Bagian yang mendekati sumbu tengah disebut sebagai *mesial*, sedangkan bagian yang menjauhi sumbu tengah disebut sebagai *distal*. Selain itu, terdapat istilah khusus untuk menyebutkan bagian sela diantara dua gigi yaitu *interdentin*.

Gigi depan terdiri dari kumpulan gigi seri hingga gigi taring yang biasa disebut sebagai area *anterior*. Sedangkan, gigi bagian belakang terdiri dari kumpulan gigi geraham depan hingga geraham belakang yang biasa disebut sebagai area *posterior*. Bagian gigi kemudian dibagi kembali menjadi bagian muka yang menghadap ke luar mulut dan bagian belakang yang menghadap ke rongga mulut. Bagian muka gigi untuk gigi depan disebut sebagai *labial*, sedangkan untuk bagian muka gigi belakang biasa disebut sebagai *buccal*. Bagian belakang gigi untuk rahang bawah yang menghadap ke lidah disebut sebagai *lingual*. Sedangkan, untuk bagian belakang gigi untuk rahang atas yang menghadap ke langit-langit mulut disebut sebagai *palatal*. Berbeda dengan bagian belakang, gigi bagian muka tidak memiliki nama yang berbeda untuk menyebut gigi depan maupun belakang.

Secara sederhana, mulut manusia juga dapat dibagi berdasarkan bagian imajiner yang disebut sebagai kuadran. Mulut manusia bisa dibagi menjadi empat bagian kuadran. Kuadran pertama merupakan bagian gigi yang berada di sebelah kanan. Perbatasan kuadran berada di bagian tengah mulut diantara dua gigi seri terdepan. Selanjutnya penyebutan kuadran dilakukan secara berurutan mengikuti arah jarum jam yang dapat dilihat secara jelas pada gambar 2.26. Salah satu contoh penggunaan kuadran dalam penelitian sebagai acuan posisi ditunjukkan oleh Yousef dan Al-Zain pada tahun 2009.

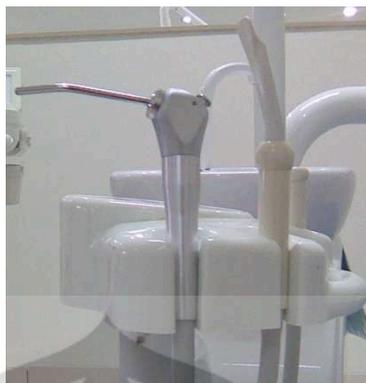


Gambar 2.26 Pembagian Area Mulut dengan Pendekatan Kuadran

(Sumber: Dokumentasi Penulis)

2.9.4 Pembersihan Karang Gigi (*Scaling*)

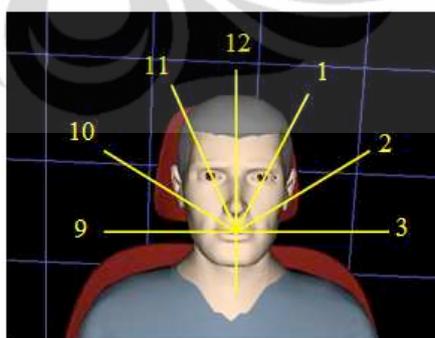
Pembersihan karang gigi (*scaling*) merupakan salah satu tindakan yang penting dalam penanganan periodontal. *Scaling* memiliki tujuan utama untuk mengembalikan jaringan gusi kembali sehat dengan membersihkan plak, kalkulus, serta sementum yang terkontaminasi. Menurut Cohen & Sherwood (1990), *scaling* adalah prosedur penanganan yang berfungsi untuk mengeluarkan deposit kasar maupun halus dari permukaan korona gigi hingga epitelium. (Genco, Goldman, dan Cohen, 1990, p.400). *Scaling* juga diperlukan untuk mengeluarkan kalkulus dari permukaan enamel. Pengertian kalkulus sendiri dalam kedokteran gigi adalah sisa makanan yang telah termineralisasi pada gigi. Dalam melakukan tindakan ini diperlukan alat-alat seperti *sickle scaler*, *hoe*, *file*, *currete*, hingga instrumen canggih yang menggunakan teknologi ultrasonik, semprotan air, hingga penyedot ludah. Gambar alat pembersih karang gigi berteknologi ultrasonik serta penyedot ludah yang sering digunakan oleh para dokter gigi dapat dilihat pada gambar 2.27 di bawah ini.



Gambar 2.27 Pembersih Karang Gigi (*Scaler*) dan Penyedot Ludah

(Sumber: Dokumentasi Penulis)

Menurut Cohen & Sherwood (1990), dalam tindakan *scaling* pasien yang sedang ditangani duduk di kursi sedemikian hingga mulut pasien berada pada level yang sejajar dengan siku dokter gigi. Lengan dokter gigi juga berada pada posisi yang paralel dengan lantai. Saat melakukan *scaling*, dokter gigi diharuskan berada pada posisi yang paling nyaman dengan punggung yang tegak. Jika terpaksa dilakukan saat posisi berdiri, kedua kaki harus menapak pada lantai dengan beban yang terdistribusi merata. Posisi yang disarankan dalam melakukan tindakan *scaling* dilakukan berdasarkan sistem jarum jam. Dimana pada sistem orientasi posisi ini, pasien dianggap sebagai poros jam. Kepala pasien berada pada posisi pukul 12, sedangkan posisi pukul 6 adalah kaki pasien. Sehingga, sisi kanan pasien dianggap sebagai pukul 9 dan sisi kirinya adalah pukul 3. Ilustrasi dari konsep arah jarum jam tersebut dapat dilihat pada gambar 2.28 berikut ini.



Gambar 2.28 Konsep Arah Jarum Jam untuk Posisi Kerja Dokter Gigi

(Sumber: *Software Jack 6.1*) “telah diolah kembali”

Dengan berbekal orientasi tersebut, Cohen dan Sherwood (1990) menyarankan posisi *scaling* yang baik pada tabel 2.8 berikut ini (Genco, Goldman, dan Cohen, 1990, p.404).

Universitas Indonesia

Tabel 2.8 Posisi *Scaling* yang Disarankan berdasarkan Area Mulut

Posisi	Area Mulut yang Ditangani	Akses Pandangan
Pukul 7:30	<i>Lingual Mandibular Anterior</i>	Langsung / Tak Langsung
	<i>Labial Maxillary Anterior</i>	Langsung
	<i>Palatal Maxillary Anterior</i>	Tak Langsung
Pukul 9-10	<i>Buccal Mandibular Posterior Kanan</i>	Langsung
	<i>Lingual Mandibular Posterior Kanan</i>	Langsung / Tak Langsung
	<i>Buccal Mandibular Posterior Kiri</i>	Langsung / Tak Langsung
	<i>Lingual Mandibular Posterior Kiri</i>	Langsung
	<i>Buccal Maxillary Posterior Kanan</i>	Langsung
	<i>Palatal Maxillary Posterior Kanan</i>	Langsung / Tak Langsung
	<i>Buccal Maxillary Posterior Kiri</i>	Langsung / Tak Langsung
	<i>Palatal Maxillary Posterior Kiri</i>	Langsung / Tak Langsung
Pukul 11-12	<i>Labial Mandibular Anterior</i>	Langsung
	<i>Labial Maxillary Anterior</i>	Langsung
	<i>Palatal Maxillary Posterior Kiri</i>	Langsung / Tak Langsung
	<i>Lingual Mandibular Posterior Kanan</i>	Langsung / Tak Langsung

(Sumber: Genco, Robert J., Goldman, Henry M. dan Cohen, D. Walter. 1990. *Contemporary Periodontics*. Philadelphia: The C.V. Mosby Company.)

BAB 3

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

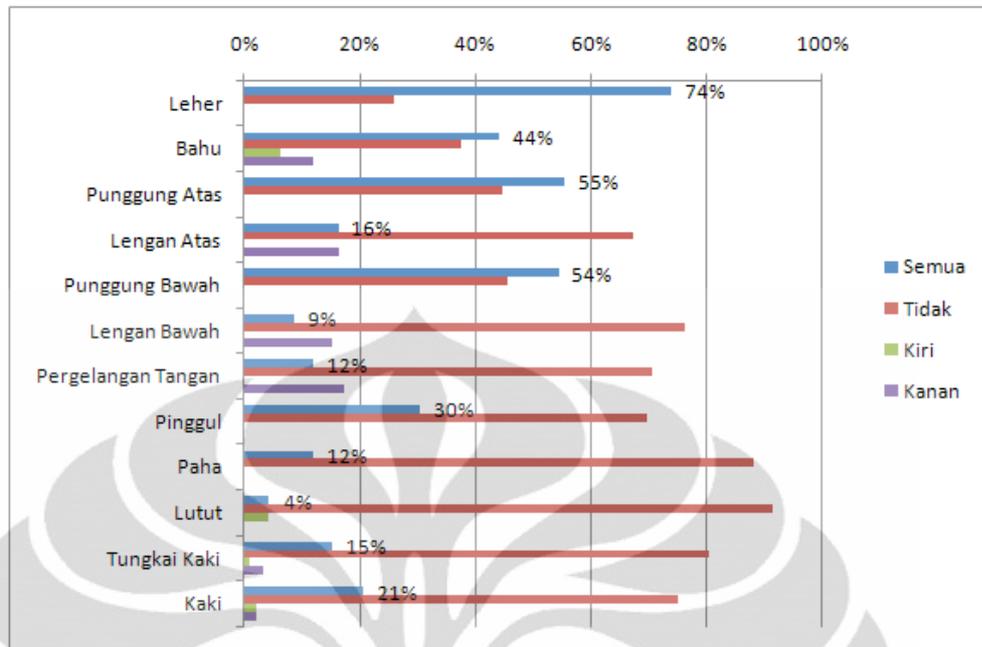
3.1 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai proses pengumpulan data-data yang mendukung penelitian mulai dari studi awal (*preliminary study*) hingga tahap pengumpulan data primer dan sekunder.

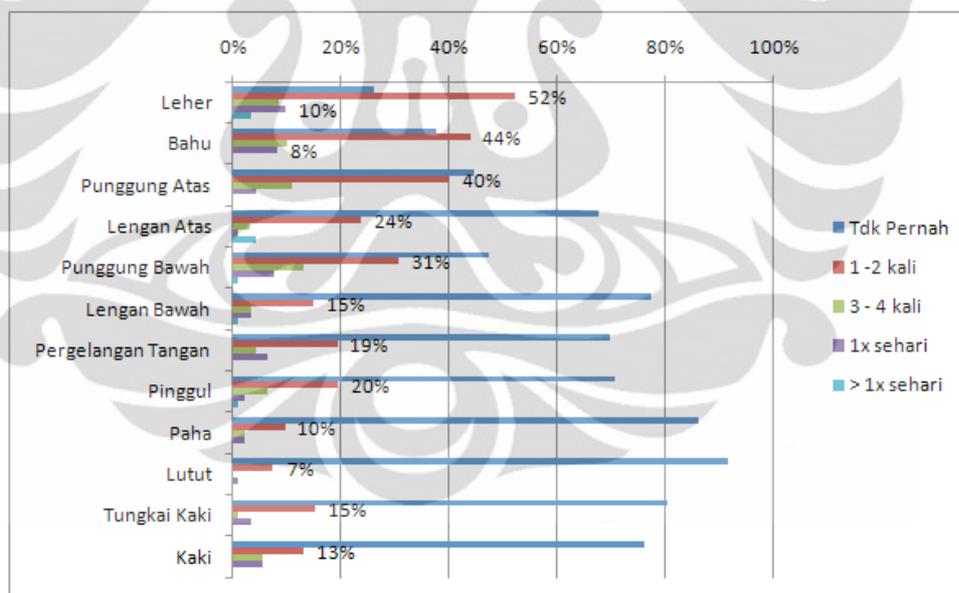
3.1.1 Identifikasi Keluhan Dokter Gigi

Langkah pertama dalam proses pengumpulan data adalah mengetahui terlebih dahulu mengenai keluhan para dokter gigi mengenai gangguan muskuloskeletal yang telah dilaporkan sebelumnya. Untuk mengetahui keluhan tersebut digunakan *Nordic Body Discomfort Questionnaire* yang dapat dilihat formatnya pada bagian Lampiran 1. Penyebaran kuesioner dilakukan kepada 92 responden di klinik Integrasi 1, 2, dan 3 Rumah Sakit Gigi dan Mulut (RSGM) FKG-UI. Berdasarkan kuesioner *Nordic* tersebut diketahui bahwa keluhan yang paling sering terjadi adalah keluhan pada leher yang dikemukakan oleh 74% responden. Keluhan berikutnya yang relatif banyak dialami oleh para dokter gigi dirasakan pada bagian punggung bawah, punggung atas, serta bahu. Grafik munculnya keluhan muskuloskeletal tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.

Selanjutnya menggunakan kuesioner *Nordic*, dapat diketahui pula frekuensi timbulnya keluhan muskuloskeletal yang terjadi dalam kurun waktu satu minggu terakhir. Dari data yang dikumpulkan diketahui bahwa leher mengalami frekuensi keluhan sebanyak 1-2 kali dalam seminggu yang dirasakan oleh 52% responden. Bagian tubuh lain yang sering dikeluhkan seperti punggung bawah, punggung atas, serta bahu juga memiliki frekuensi 1-2 kali dalam seminggu yang dialami oleh jumlah responden yang relatif banyak dibandingkan bagian tubuh lainnya. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah leher merupakan bagian tubuh yang memiliki persentase frekuensi terbesar untuk keluhan yang terjadi sekali dalam sehari. Persentase frekuensi ini dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.1 Persentase Responden yang Mengalami Keluhan Gejala Gangguan Muskuloskeletal pada Bagian Tubuh Tertentu



Gambar 3.2 Persentase Frekuensi Keluhan Gejala Gangguan Muskuloskeletal pada Bagian Tubuh Tertentu

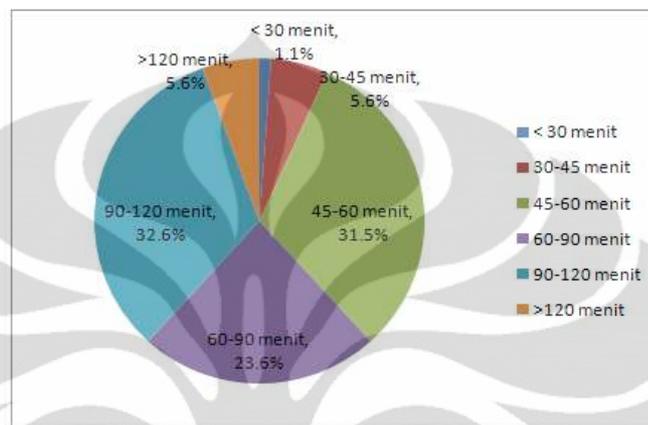
3.1.2 Observasi Aktivitas di Klinik

Observasi lapangan diperlukan untuk mengetahui berbagai keseharian yang dilakukan oleh para dokter gigi untuk memberikan gambaran faktor apa saja yang dapat berkontribusi terhadap risiko munculnya gangguan muskuloskeletal. Dari pengamatan yang dilakukan, para mahasiswa kedokteran gigi di RSGM

FKG-UI menempati tiga klinik integrasi yaitu klinik 1, 2, dan 3. Klinik 1 diperuntukkan untuk mahasiswa angkatan termuda yang sedang menjalani pendidikan profesi, sedangkan klinik 2 dan 3 diperuntukkan untuk mahasiswa yang terpaut 1 dan 2 tahun kelulusannya. Saat ini angkatan yang sedang menjalani masa praktik adalah angkatan 2007, 2006, 2005 dan beberapa angkatan 2004. Klinik integrasi beroperasi dari pukul 08.00 – 14.00 dengan waktu istirahat bagi pekerja tetap pada pukul 12.00 – 13.00. Dalam klinik integrasi terdapat para mahasiswa klinik, resepsionis klinik, penyelia klinik (*supervisor*), dan terkadang dosen yang memberikan bimbingan secara langsung. Karena keterbatasan jumlah *dental unit* (kursi pasien) maka biasanya satu *dental unit* dipakai oleh 2 mahasiswa yang memiliki shift pagi dan siang. Shift pagi dimulai dari pukul 08.00 – 11.00, sedangkan shift siang dimulai dari pukul 11.00 – 14.00. Oleh karena itu, dalam sehari rata-rata para mahasiswa klinik menghabiskan waktu 3 jam dalam sehari untuk praktik. Selain menjalani masa pendidikan profesinya dengan praktik, para mahasiswa juga melakukan berbagai kegiatan diskusi serta pembuatan laporan akademik. Untuk setiap tindakan medis yang dilakukan oleh para mahasiswa, diperlukan justifikasi oleh para dosen untuk menghindari kesalahan praktik (malpraktik) dalam klinik. Oleh karena itu, dalam tiap harinya terdapat waktu yang dihabiskan untuk menemui dosen yang tidak selalu berada di klinik Integrasi namun di ruang lain FKG-UI.

Para mahasiswa klinik menjalani pendidikan profesinya dengan melakukan berbagai macam tindakan medis meliputi perawatan berkala, radiologi gigi, pembersihan karang gigi (*scaling*), pencabutan gigi, serta konservasi gigi. Walaupun begitu, suatu permasalahan medis yang memiliki kompleksitas tinggi tidak diperbolehkan untuk ditangani para mahasiswa klinik sehingga justifikasi dosen perlu dilakukan. Pada bab sebelumnya diperkenalkan dua posisi yang biasa digunakan oleh para dokter gigi saat bekerja yaitu posisi duduk dan berdiri. Dalam klinik, ditemukan bahwa sebagian besar waktu yang kerja yang digunakan berada pada posisi duduk. Sebanyak 75,3% responden menyatakan bahwa lebih dari 75% waktu yang mereka habiskan di ruang klinik saat praktik dihabiskan dalam posisi duduk. Hal lain yang cukup menarik adalah bahwa dalam menangani satu pasien, mereka ternyata menghabiskan waktu yang cukup lama. Dari kuesioner yang kami

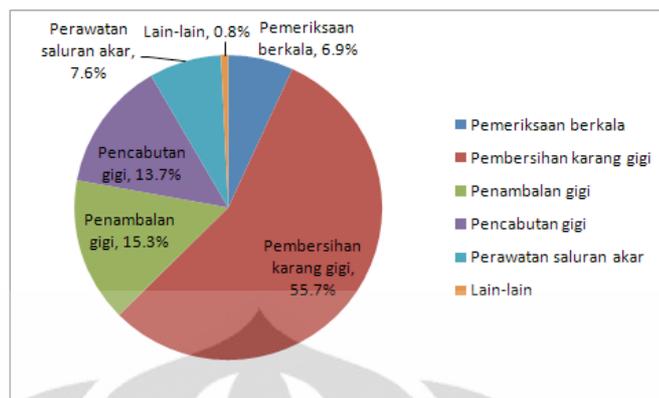
sebar, sekitar 32,6% responden menyatakan menghabiskan waktu sekitar 90-120 menit untuk menangani satu pasien saja. Sedangkan 31,5% menyatakan bisa menangani pasien hanya dalam waktu 45-60 menit saja dan 23,6% responden menyatakan dapat menangani pasien antara 60-90 menit. Hal ini ditunjukkan oleh gambar 3.3 di bawah ini.



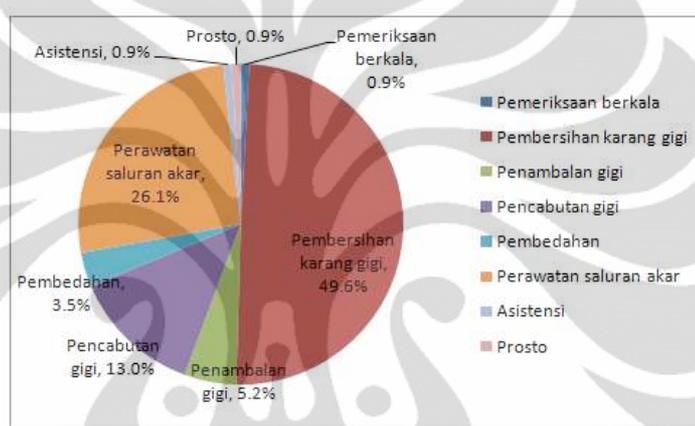
Gambar 3.3 Waktu yang Dibutuhkan untuk Menangani Pasien di Klinik

Dari berbagai tindakan yang dilakukan oleh mereka dalam klinik, ternyata 55,7% responden menyatakan bahwa *scaling* merupakan aktivitas yang paling sering dilakukan oleh mereka. Terlebih lagi sebanyak 49% responden juga menyatakan bahwa tindakan *scaling* merupakan tindakan yang paling membebani secara fisik. Suatu tindakan dianggap membebani oleh mereka jika setelah melakukan tindakan tersebut muncul rasa nyeri dan tidak nyaman pada bagian tubuh tertentu yang terlibat dalam gerakan pendukung tindakan tersebut. Pada gambar 3.4 di bawah ini dapat dilihat persentase kegiatan yang dianggap sering dilakukan pada masa klinik, kemudian pada gambar 3.5 dapat dilihat persentase kegiatan yang dianggap membebani secara fisik oleh para mahasiswa klinik.

Postur janggal merupakan hal yang umum ditemui pada klinik Integrasi selama para dokter gigi ini menangani pasiennya. Wawancara terhadap para mahasiswa menunjukkan bahwa mereka telah menyadari bahwa postur mereka dalam bekerja tidaklah sehat, namun kurangnya pengetahuan untuk memposisikan badan secara baik membuat mereka selalu bekerja dengan postur janggal. Walaupun, rekomendasi postur baik bisa ditemukan dalam beberapa buku teks



Gambar 3.4 Tindakan yang Paling Sering Dilakukan Selama Klinik



Gambar 3.5 Tindakan yang Paling Membebani Secara Fisik yang Dilakukan Selama Klinik

kedokteran gigi namun selama masa pembelajaran tingkat sarjana hal ini tidak ditekankan secara khusus. Seorang dosen di FKG-UI juga mengakui bahwa belum ada standar khusus yang mengatur bagaimana seharusnya para mahasiswa klinik melakukan praktiknya secara ergonomis di FKG-UI. Berdasarkan kuesioner yang disebar, ditemukan bahwa saat bekerja 51% mahasiswa berada pada postur punggung yang membungkuk ke depan, samping, atau belakang. Kemudian sebanyak 32,4% mahasiswa mengaku menjalani postur membungkuk dan memutar dalam waktu bersamaan saat bekerja. Hal ini tentu saja tidak direkomendasikan secara ergonomis. Contoh postur janggal yang terjadi di klinik selama observasi pada posisi duduk terutama untuk tindakan *scaling* dapat dilihat pada gambar 3.6 di bawah ini. Selama masa observasi di klinik ditemukan pula bahwa para mahasiswa sering menggunakan posisi kerja jam 9 atau jam 11.



Gambar 3.6 Contoh Postur Janggal yang Terjadi Saat Praktik

3.1.3 Area Kerja

Lingkungan di sekitar *dental unit* merupakan area kerja dimana dokter gigi menghabiskan sebagian besar waktunya dalam menangani pasien. Dalam penelitian ini, para mahasiswa pendidikan profesi di klinik Integrasi 1, 2, dan 3 menggunakan *dental unit* pabrikan Foshan Anie dengan model AL-398AA. Perangkat ini membutuhkan tegangan sebesar 230V dengan frekuensi sebesar 50 Hz serta input sebesar 800 VA. Fasilitas yang tersedia pada *dental unit* tersebut telah dijelaskan sebelumnya pada subbab 2.9.2.

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2, *dental unit* memiliki kemampuan untuk diatur tinggi serta derajat kemiringannya. Untuk *dental unit* ini tinggi terendahnya dapat tercapai pada ketinggian 44,2 cm dari lantai dengan acuan bagian ujung belakang dudukan pasien (nilai h). Sedangkan, pada posisi tertinggi nilai h adalah 66,8 cm. Untuk sandaran punggung pasien, kemiringan (nilai θ) minimal yang bisa dicapai adalah -4° dengan acuan garis khayal pada 0° yang juga ditarik dari bagian paling ujung dudukan pasien, sedangkan sudut maksimalnya adalah 81° dari garis acuan. Sandaran pasien (nilai p) itu sendiri memiliki panjang 71,5 cm dengan panjang sandaran kepala (nilai s) sebesar 17,5 cm dan untuk lebarnya adalah 18,1 cm. Lebar dari sandaran punggung pada titik terlebarnya adalah 57,5 cm. Untuk lebar dudukan pasien (nilai d), ukurannya adalah 42,3 cm dengan panjang mencapai 48cm. Kemiringan sudut yg dibentuk oleh dudukan dengan garis khayal 0° adalah 14° . Terakhir, dimensi dari sandaran kaki (nilai k) adalah 66 x 42,3 cm. Gambaran yang lebih jelas dari dimensi *dental unit* ini dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Dental Unit di Klinik Integrasi dan Kode Dimensinya

Bagian lain dalam area kerja seorang dokter gigi adalah kursi kerja mereka. Pada klinik Integrasi FKG-UI, kursi yang digunakan biasa dikenal sebagai kursi asisten dokter gigi (*dental assistant chair*) namun bisa digunakan pula oleh dokter gigi yang bekerja. Model dari kursi tersebut menyerupai kursi Duncan yang dikembangkan di Australia dimana memiliki kemampuan untuk diatur ketinggiannya serta memiliki sandaran punggung setinggi pinggang dan roda di bagian bawah untuk mempermudah mobilisasi. Kursi ini memiliki tinggi minimal 45,8 cm dan tinggi maksimal 59 cm. Perhitungan tinggi dilakukan dengan acuan lantai hingga bagian atas dari dudukan kursi tersebut. Untuk memberikan gambaran yang baik, dapat dilihat kursi dokter gigi tersebut pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Kursi Dokter Gigi di Klinik Integrasi

3.1.3 Data Anthropometri

Dalam penelitian ini, data anthropometri yang digunakan adalah data anthropometri Indonesia yang berasal dari penelitian oleh Chuan, Hartono, dan Kumar (2010) dan dapat dilihat pada Lampiran 3. Data yang diambil meliputi

sampel yang berusia 18-45 tahun dengan jumlah total 377 responden dengan 245 pria dan 132 wanita. Data anthropometri yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk dimasukkan ke dalam pengolahan di *motion capture* serta Jack 6.1. Data anthropometri yang digunakan meliputi tinggi badan, panjang lengan, jarak siku ke jari, jarak bokong ke popliteal, tinggi siku duduk, dan panjang popliteal. Pertimbangan pemilihan bagian tubuh yang hendak diukur dilakukan berdasarkan kebutuhan input di *software* Jack 6.1, perhitungan jangkauan kerja, dan ukuran postur duduk yang penting serta bisa digunakan untuk perancangan kursi di masa datang.

Pendekatan penelitian ini adalah perancangan desain untuk ekstrem, berbasis rentang dimensi tubuh sehingga data anthropometri yang digunakan adalah persentil dari sampel yang telah diambil. Pada kasus ini, data yang digunakan adalah persentil 5 dan 95 dari sampel. Persentil 5 yang diambil berasal dari sampel wanita, sedangkan persentil 95 diambil dari sampel pria. Data anthropometri Indonesia yang digunakan untuk input pada tahap pengolahan data berikutnya dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini. Data ukuran tubuh yang dipakai adalah data anthropometri Indonesia untuk memberikan hasil yang lebih umum (*general*). Artinya pedoman yang diusulkan tidak hanya dapat diterapkan pada populasi mahasiswa/i FKG pada saat penelitian dilaksanakan, tetapi juga masyarakat Indonesia secara umum. Data anthropometri Indonesia juga dapat mewakili dimensi tubuh mahasiswa/i FKG-UI karena dimensi tubuh mereka masih berada dalam rentang persentil 5 dan 95 dari data Indonesia.

Tabel 3.1 Data Anthropometri Indonesia untuk Persentil 5 dan 95

Bagian Tubuh	Persentil	
	5	95
Tinggi Badan	150	183
Panjang Lengan	62	84
Jarak Siku ke Jari	37	56
Jarak Bokong-Popliteal	37	54
Tinggi Siku Duduk	19	30
Panjang Popliteal	38	49

3.1.4 *Motion Capture*

Langkah selanjutnya untuk memberikan hasil evaluasi yang riil terhadap tindakan pembersihan karang gigi (*scaling*) adalah pengambilan data

menggunakan metode penangkapan gerak (*motion capture*). Berdasarkan acuan data antropometri yang telah didapatkan sebelumnya, dicarilah 2 orang responden yang memiliki dimensi tubuh pada mendekati persentil 5 wanita dan persentil 95 pria dari FKG-UI. Gerakan responden tersebut nantinya akan direkam untuk kemudian dievaluasi dalam *software* Jack.

3.1.4.1 Persiapan Awal

Sebelum melakukan pengambilan data menggunakan perangkat *motion capture*, dilakukan persiapan terlebih dahulu agar area pengambilan data di laboratorium dapat merepresentasikan keadaan di klinik. Dalam pengambilan data digunakan manekin pembelajaran FKG-UI yang dipasang di atas meja untuk menggantikan pasien serta *dental unit*. Manekin tersebut dapat diatur kemiringannya serta ketinggiannya, sehingga membebaskan responden untuk memilih posisi yang tepat layaknya dengan *dental unit*. Bentuk manekin tersebut dapat dilihat pada gambar 3.9 di bawah ini. Selanjutnya, kursi dokter gigi pada pengambilan data ini digantikan pula oleh kursi serupa yang memiliki kemampuan serupa untuk ditinggikan dan direndahkan sesuai keinginan penggunanya. Berbagai instrumen kedokteran gigi juga digunakan untuk mensimulasikan gerakan pembersihan karang gigi secara otentik di laboratorium.



Gambar 3.9 Manekin yang Digunakan pada Pengambilan Data

3.1.4.2 Kalibrasi Sistem

Setelah persiapan fisik dari area pengambilan data telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan kalibrasi sistem. Hal ini dilakukan agar data yang diambil memiliki tingkat ketelitian yang baik. Terdapat 4 langkah utama dalam melakukan kalibrasi sistem. Langkah pertama adalah memastikan

seluruh sistem pendukung telah menyala dan terhubung. Sistem pendukung yang dinyalakan dan terhubung meliputi 8 kamera MX, *Force Plate*, komputer *workstation* dan *dongle* lisensi *software* ke komputer operasi. Tahap selanjutnya adalah melakukan prosedur *masking*. *Masking* dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada benda selain *marker* yang akan terekam saat pengambilan data untuk memperkecil galat yang dapat terjadi karena kamera teralihkan oleh benda lain yang memantulkan cahaya.

Tahap selanjutnya adalah kalibrasi kamera MX untuk menentukan besar area pengambilan data yang akan ditangkap oleh kamera. Untuk melakukan itu diperlukan tongkat *3-marker wand* (240 mm) yang diayunkan mengelilingi seluruh kamera MX. Semakin besar ayunan serta area yang dikelilingi oleh pelaku kalibrasi maka akan semakin luas pula area yang nantinya akan ditangkap oleh kamera MX. Tongkat tersebut diayunkan terus-menerus hingga tiap kamera MX telah mendapatkan sampel *frame per second* yang cukup untuk mendefinisikan ruang rekam. Gambaran kalibrasi ruang ini dapat dilihat pada gambar 3.10 di bawah ini. Langkah terakhir dalam kalibrasi sistem adalah menentukan titik acuan



Gambar 3.10 Kalibrasi Ruang Penangkapan Gerak pada *Motion Capture*

dari ruang yang telah didefinisikan sebelumnya lewat prosedur *Set Volume Origin*. Pada tahap ini digunakan perangkat lain yaitu ErgoCal L-Frame (14 mm) sebagai *marker* khusus yang akan dikenali kamera MX sebagai titik acuan pusat. *L-Frame* yang ada diletakkan di bagian tengah *Force Plate* seperti yang ditunjukkan gambar 3.11 kemudian tombol *Set Origin* pada *Vicon Nexus* ditekan untuk menyelesaikan proses kalibrasi sistem ini jika seluruh sistem telah terkalibrasi dengan baik.



Gambar 3.11 Peletakkan *L-Frame* pada *Force Plate* dalam Kalibrasi

3.1.4.3 Persiapan Subjek

Tahap selanjutnya dalam pengambilan data pada *motion capture* adalah persiapan subjek yang meliputi dua tahap yaitu penempelan *marker*, perekaman subjek pada posisi statis *T-pose*, serta pemberian label maya pada *marker*. Operator harus terlebih dahulu membuat suatu data baru dengan memasukkan informasi tinggi dan berat badan. Kemudian, pada pengambilan data ini akan digunakan *template* kerangka Jack-RT sehingga *marker* akan ditempelkan ke 53 titik tertentu pada tubuh subjek yang telah berpakaian ketat. Posisi *marker* pada tubuh subjek beserta nama titik labelnya dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut ini. Setelah subjek ditemplei *marker* sesuai posisinya, langkah selanjutnya adalah

Tabel 3.2 Posisi Penempatan *Marker* pada *Template* Jack-RT

No.	Label	Posisi
1	Sacrum	Pinggang belakang sejajar LPSIS & RPSIS
2	LASIS	Tonjolan depan tulang panggul kiri
3	RASIS	Tonjolan depan tulang panggul kanan
4	LPSIS	Tonjolan belakang tulang panggul kiri
5	RPSIS	Tonjolan belakang tulang panggul kanan
6	Bneck	Tonjolan pada leher bagian belakang
7	Clav	Cekungan pangkal tulang selangka dekat leher depan
8	Sternum	Tulang dada taju pedang
9	LBack	Tonjolan bawah tulang belikat kiri bagian belakang
10	Rback	Ujung tulang rusuk terakhir kanan bagian belakang
11	Rhead	Kanan kepala di atas telinga sedikit ke depan
12	Lhead	Kiri kepala di atas telinga
13	TopHead	Ubun-ubun
14	BackHead	Bagian tengah belakang kepala
15	FrontHead	Kening bagian atas depan kepala
16	LShoulder	Ujung tonjolan tulang selangka dekat bahu kiri
17	LElbow	Tonjolan siku kiri bagian luar
18	LPostElbow	Tonjolan siku kiri bagian dalam
19	LBicep	Bagian tengah otot bisep lengan atas kiri
20	LForearm	Bagian tengah lengan bawah kiri

Tabel 3.3 Posisi Penempatan *Marker* pada *Template Jack-RT* (sambungan)

No.	Label	Posisi
21	LUlna	Pergelangan tangan kiri searah kelingking
22	LRadius	Pergelangan tangan kiri searah ibu jari
23	LThumb	Pangkal ibu jari tangan kiri
24	LMHand	Tengah metakarpal tangan kiri
25	LPinky	Pangkal kelingking tangan kiri
26	RShoulder	Ujung tonjolan tulang selangka dekat bahu kanan
27	RElbow	Tonjolan siku kanan bagian luar
28	RPostElbow	Tonjolan siku kanan bagian dalam
29	RBicep	Bagian tengah otot bisep lengan atas kanan
30	Rforearm	Bagian tengah lengan bawah kanan
31	RUlna	Pergelangan tangan kanan searah kelingking
32	RRadius	Pergelangan tangan kanan searah ibu jari
33	RThumb	Pangkal ibu jari tangan kanan
34	RMHand	Tengah metakarpal tangan kanan
35	RPinky	Pangkal kelingking tangan kanan
36	LHip	Pangkal paha kiri
37	LThigh	Paha kiri bagian depan
38	LPostThigh	Paha kiri bagian belakang
39	LKnee	Sisi samping lutut kiri
40	LShank	Tulang kering kaki kiri
41	LAnkle	Mata kaki kiri
42	LHeel	Tumit kiri
43	LToe	Pangkal ibu jari kaki kiri
44	LLatFoot	Bagian tonjolan samping tapak kaki kiri
45	RHip	Pangkal paha kanan
46	RThigh	Paha kanan bagian depan
47	RPostThigh	Paha kanan bagian belakang
48	RKnee	Sisi samping lutut kanan
49	RShank	Tulang kering kaki kanan
50	RAnkle	Mata kaki kanan
51	RHeel	Tumit kanan
52	RToe	Pangkal ibu jari kaki kanan
53	RLatFoot	Bagian tonjolan samping tapak kaki kanan

perekaman *T-pose*. Subjek berdiri di tengah area perekaman gerak dengan postur tangan direntangkan pada posisi berdiri menyerupai huruf T seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12 selama 5 detik. Kemudian, operator akan melakukan langkah selanjutnya yaitu pemberian label pada *marker* yang telah ditangkap kamera saat *T-pose*. Setelah 53 *marker* telah diberi label, maka dilakukan rekonstruksi bentuk kerangka pada Vicon Nexus. Apabila tidak ada galat dalam rekonstruksi maka tahap kalibrasi subjek telah selesai.



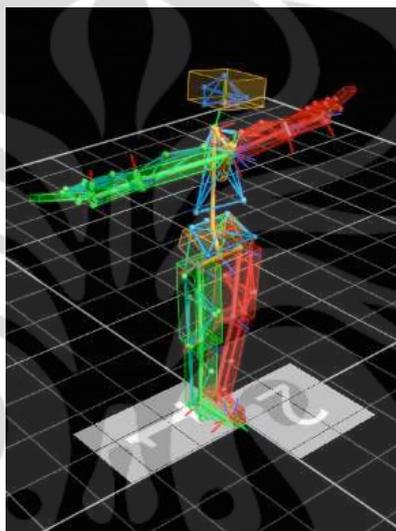
Gambar 3.12 Posisi T-*pose* saat Kalibrasi Subjek

3.1.4.4 Perekaman Gerakan dan Pembersihan Data

Setelah tahap kalibrasi subjek, Vicon Nexus telah mengenali subjek yang akan direkam gerakannya sehingga akan terlihat suatu kerangka yang bergerak secara *real-time* pada layar. Perekaman dapat dilakukan dengan menekan tab *Capture* kemudian menekan tombol *Start*. Pada saat itu, 8 kamera MX akan merekam gerakan secara *real-time*. Data dari *Force Plate* juga akan terekam dalam satu data yang sama. Pada penelitian ini, subjek akan melakukan gerakan pembersihan karang gigi pada posisi duduk. Para responden diinstruksikan untuk membersihkan seluruh kuadran gigi satu serta dibebaskan untuk memilih posisi kerja dengan orientasi jarum jam secara bebas. Sebelumnya, subjek diperbolehkan untuk mengatur terlebih dahulu kursi dan manekin sesuai dengan posisi yang menurut mereka paling nyaman. Saat pengambilan data, para responden memilih titik terendah *dental unit* yaitu 44,2 cm. Kemudian untuk responden dengan persentil 5 mengatur kemiringan manekin hingga 25° terhadap garis khayal 0° . Sedangkan, responden dengan persentil 95 menggunakan kemiringan 36° .

Perekaman gerak *scaling* dilakukan yang diikuti oleh langkah selanjutnya dalam pengambilan data yaitu pembersihan data yang biasa disebut sebagai *gap filling*. Tahap ini sangat penting untuk dilakukan karena dalam praktiknya, kamera MX memiliki kemungkinan tidak menangkap beberapa *marker* yang pada *frame* tertentu luput dari area rekam kamera atau tertutupi bagian tubuh lainnya. Oleh karena itu, *marker* yang hilang harus dimunculkan kembali lewat proyeksi data *marker* tersebut pada waktu masih terlihat beberapa *frame* sebelumnya. Vicon

Nexus secara otomatis akan memproyeksikan kemungkinan gerak yang akan ditempuh oleh *marker* yang hilang dengan acuan *frame* sebelumnya. Pembersihan data biasanya merupakan bagian yang cukup memakan waktu seiring dengan bertambahnya kerumitan suatu gerakan. Agar dapat menjadi input bagi Jack, maka kerangka yang telah dibersihkan datanya harus diubah menjadi format *pipeline* Jack *Dynamic* hingga memiliki segmen tubuh kotak seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.13 di bawah ini.



Gambar 3.13 Kerangka *Pipeline* Subjek pada Vicon Nexus

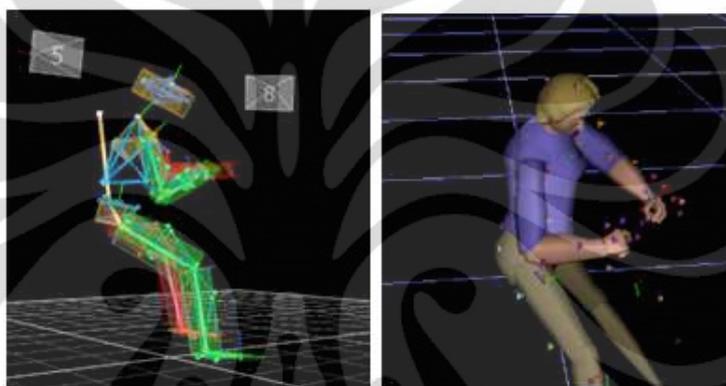
3.2 Pengolahan Data

Setelah data-data pendukung telah dikumpulkan, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut agar dapat dianalisis dan ditarik kesimpulannya. Pengolahan data dilakukan lewat pendekatan *virtual environment*.

3.2.1 Perhitungan *Posture Evaluation Index*

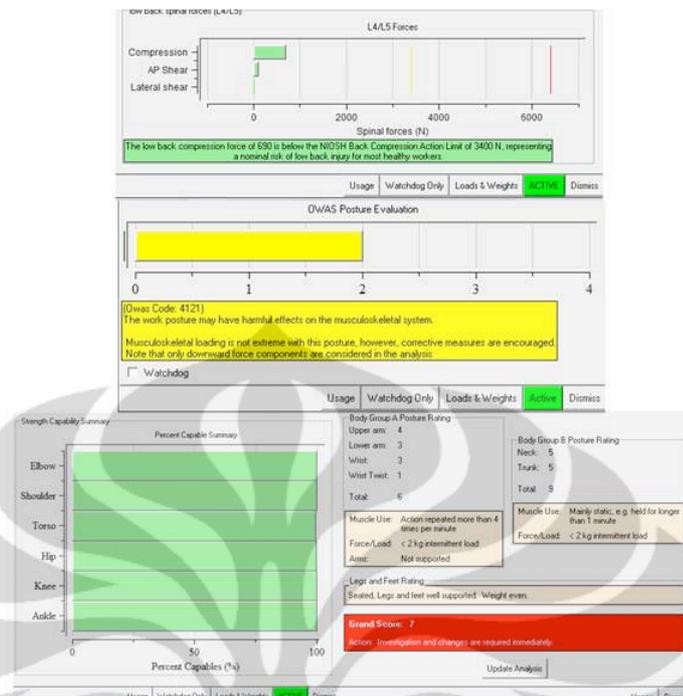
Postur janggal merupakan salah satu faktor yang memberikan nilai risiko muskuloskeletal cukup besar. Untuk melihat secara lebih menyeluruh maka diperlukan perhitungan indeks evaluasi postur (*posture evaluation index*). Agar indeks yang diperoleh lebih akurat, maka digunakanlah data dari hasil penangkapan gerak *motion capture*. Data yang diambil cukup representatif karena dalam pendekatan desain untuk ekstrem hanya diperlukan data pada batas atas dan batas bawah sampel. Selain itu, data yang diambil pada *motion capture* adalah data *real-time* sehingga merepresentasikan aktivitas *scaling* sehari-hari.

Data gerakan yang telah diambil pada *motion capture* kemudian akan direkonstruksi menjadi *pipeline* agar bisa terkoneksi dengan Jack 6.1. Apabila terkoneksi dengan baik, maka manekin model manusia yang berada di Jack akan bergerak sesuai dengan gerakan di *motion capture*. Informasi itulah yang nantinya akan diterjemahkan dalam analisis ergonomi yang meliputi *static strength prediction* (SSP), *lower back analysis* (LBA), *Ovako working posture analysis* (OWAS), dan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA). Pada gambar 3.14 dapat dilihat bagaimana hasil integrasi *pipeline* pada Vicon Nexus dengan manekin model manusia pada Jack 6.1. Menggunakan fasilitas ini, maka dapat diperoleh



Gambar 3.14 Integrasi *Pipeline* Gerakan Kerangka pada Vicon Nexus (kiri) dengan Manekin Model Manusia pada Jack 6.1 (kanan)

nilai indeks postur aktual persentil 5 dan 95. Dalam penelitian ini juga dilihat bagaimana nilai indeks postur pada tindakan *scaling* di kuadran yang berbeda-beda. Contoh tampilan hasil nilai LBA, OWAS, RULA, SSP, beserta informasi sudut segmen tubuh pada Jack dapat dilihat pada gambar 3.15 berikut ini. Berdasarkan angka tersebut dapat kita hitung indeks postur dengan rumus PEI.



Gambar 3.15 Contoh Tampilan Hasil SSP, LBA, OWAS, dan RULA

Berdasarkan perhitungan indeks PEI, persentil 5 memiliki indeks yang tidak jauh berbeda antar kuadran. Nilai terbesar berada pada kuadran 2 dan 3 yang berada pada sisi yang menjauhi dokter gigi di bagian kiri mulut. Nilai PEI beserta komponen penyusunnya dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut ini. Saat data diambil terlihat bahwa persentil 5 tidak dapat duduk dengan nyaman sehingga distribusi beratnya tidak merata dan menghasilkan postur duduk yang janggal.

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan PEI untuk Kondisi Aktual Persentil 5

Kuadran	LBA	OWAS	RULA	PEI
1	587	2	7	2.09
2	710	2	7	2.13
3	692	2	7	2.12
4	637	2	7	2.11

Pada persentil lainnya yaitu 95 ditemukan memiliki nilai LBA yang lebih besar karena pengaruh berat badan yang nilainya lebih besar. Namun, secara keseluruhan nilai PEI persentil 95 lebih kecil dibandingkan persentil 5. Nilai terbesar pada persentil 95 terletak pada kuadran 3. Walaupun terlihat adanya peningkatan pada nilai OWAS, namun nilai RULA persentil 95 cenderung tetap. Hasil perhitungan PEI beserta komponennya pada persentil 95 dapat dilihat pada tabel 3.4 di bawah ini. Selain nilai LBA, OWAS, dan RULA *software* Jack juga

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan PEI untuk Kondisi Aktual Persentil 95

Kuadran	LBA	OWAS	RULA	PEI
1	1166	2	4	1.65
2	1266	2	4	1.68
3	1692	3	4	2.06
4	1609	3	4	2.03

dapat memberikan informasi mengenai besar sudut segmen tubuh tertentu. Hal ini sangat berguna karena ketiga nilai penyusun PEI dipengaruhi pula oleh sudut tersebut. Sudut segmen tubuh persentil 5 ditunjukkan oleh tabel 3.5, sedangkan sudut milik persentil 95 ditunjukkan oleh tabel 3.6. Tabel tersebut menunjukkan sudut tubuh yang diambil pada aktivitas penanganan kuadran 1 hingga 4 serta memiliki keterkaitan dengan posisi di saat nilai PEI diambil.

Tabel 3.6 Sudut Aktual Segmen Tubuh Persentil 5

	Kuadran 1		Kuadran 2		Kuadran 3		Kuadran 4	
	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	-6.6		-2.7		-5.9		-5.3	
Lateral Kepala	0.6		-0.2		0.8		0.9	
Rotasi Kepala	-6		2.5		-8		-8	
Fleksi Lengan Atas	-25.5	53.8	1.6	48.7	-3.7	51.8	-20.2	53.6
Elevasi Lengan Atas	19.6	22.1	36	24.4	37.1	12.1	18.5	24.6
Sudut Siku	19.7	-16.4	5.6	-12.4	4.2	-30.6	6.1	4.1
Abduksi Pergelangan Tangan	37	13.9	23.9	21.3	27.7	33.8	37.2	16.2
Fleksi Pergelangan Tangan	18.2	10.2	-3.3	33.3	18.3	20.1	7.4	23.5
Fleksi Punggung	17.1		16.9		18.5		16.4	
Punggung Menyamping	16.4		20.1		21.6		22	
Rotasi Punggung	37.1		37.7		38.1		38.3	
Leg Splay	13.2	30	15	29	13.2	25.1	13.9	30
Sudut Lutut	157.2	153.1	153.6	155.6	157.6	154.5	156.2	155.2

Tabel 3.7 Sudut Aktual Segmen Tubuh Persentil 95

	Kuadran 1		Kuadran 2		Kuadran 3		Kuadran 4	
	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	0		-2.1		-1.4		-1.3	
Lateral Kepala	0.5		0.1		0.1		0.3	
Rotasi Kepala	-6.7		-0.7		-1.7		-3.1	
Fleksi Lengan Atas	22.7	-34	15.1	26.2	36	-44.9	28.7	-45.8
Elevasi Lengan Atas	-4.5	59.5	11.2	9.3	-11.8	64.1	-4.2	63.3
Sudut Siku	-15.4	14.8	-11.9	15.4	-9.2	24.6	-7.4	24.2
Abduksi Pergelangan Tangan	23.8	15.3	10.3	13	-14.6	6.7	24.1	8.5
Fleksi Pergelangan Tangan	30.8	18.3	22.3	-32.9	15.8	30.1	37.2	30
Fleksi Punggung	6.3		4.2		13.6		12.6	
Punggung Menyamping	1.5		-0.4		0		0.4	
Rotasi Punggung	0.1		0.4		4.1		3.1	
Leg Splay	-5.4	66	-5.4	65.8	-4.3	64.9	-4.2	64.9
Sudut Lutut	82.9	73.2	82.6	72.7	82.8	72.5	82.8	72.4

3.2.2 Pendekatan *Virtual Environment* dalam Uji Konfigurasi

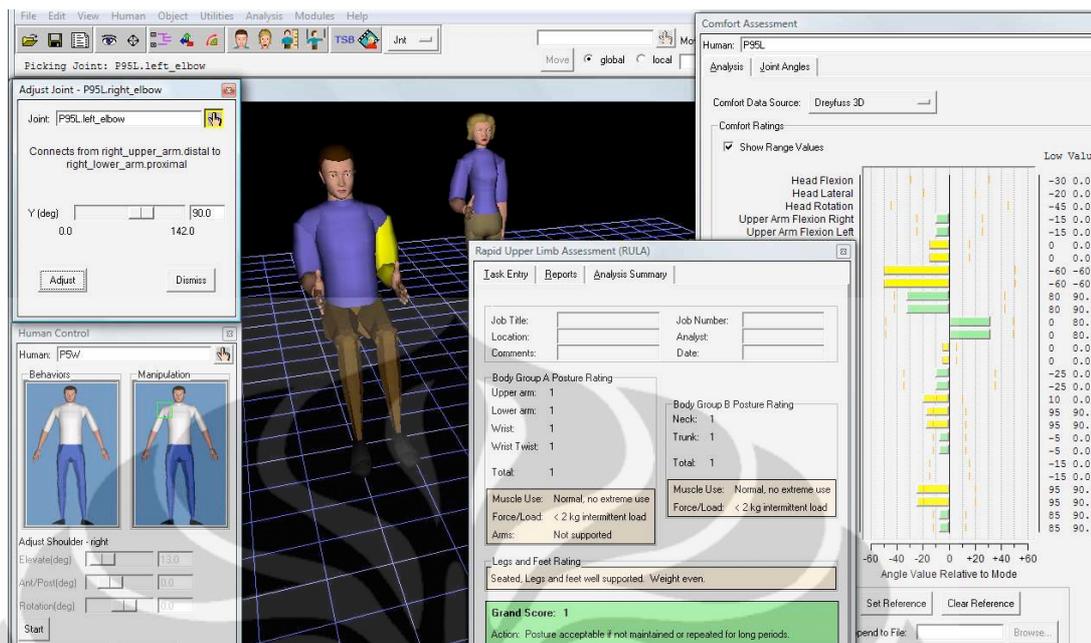
Pada subbab sebelumnya telah dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai PEI serta sudut aktual dari persentil 5 dan 95. Nilai PEI aktual memberikan gambaran mengenai risiko muskuloskeletal dari tindakan pembersihan karang gigi oleh mahasiswa/i klinik saat ini. Dalam rangka memberikan rekomendasi panduan kerja untuk tindakan pembersihan karang gigi, maka diperlukan analisis lebih lanjut untuk mencari kondisi kerja yang dapat memperkecil risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal. Kondisi kerja tersebut melibatkan integrasi antara postur dokter gigi yang baik serta keadaan lingkungan kerja yang mendukung. Oleh karena itu dirancang berbagai konfigurasi kerja dalam suatu *virtual environment*, sehingga untuk mencari kombinasi antara manusia dan lingkungan yang paling ergonomis serta dapat mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal.

3.2.2.1 Verifikasi Postur Duduk yang Ergonomis

Salah satu unsur dari aktivitas kerja yang baik adalah postur yang baik dari pekerja itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan suatu panduan yang jelas mengenai postur duduk yang baik, sehingga para pekerja (termasuk dokter gigi) dapat mengetahui batasan postur tubuh yang berisiko bagi kesehatan. Berbagai penelitian mengenai postur kerja yang ergonomis telah banyak dilakukan oleh para ahli di seluruh dunia seperti yang telah ditunjukkan pada bab 2. Namun, diperlukan verifikasi terhadap rekomendasi postur yang telah ada untuk

mengetahui kecocokannya terhadap orang Indonesia. Verifikasi tersebut dapat dilakukan menggunakan *virtual environment* dan model manusia pada Jack 6.1 yang direpresentasikan oleh persentil 5 dan 95. Secara prosedural, verifikasi ini menggunakan kedua manekin tersebut yang kemudian akan digerakkan dengan sudut tertentu menggunakan fasilitas *Adjust Joint* dan *Human Control*. Pengaruh perubahan sudut terhadap risiko gangguan muskuloskeletal serta bertambahnya ketidaknyamanan pada model manusia dapat dilihat dengan bantuan *Comfort Assessment* berbasis penelitian Henry Dreyfuss Associate dan perhitungan RULA. Gambaran pengerjaan verifikasi ini dapat dilihat pada gambar 3.16 di bawah ini. Validasi dengan SSP juga dilakukan untuk melihat kemampuan populasi. Hasil dari SSP menunjukkan hampir seluruh populasi mampu melakukan postur tersebut.

Pengujian diawali pada tubuh bagian lengan yang memiliki lima poin untuk diperiksa seperti ditunjukkan pada tabel 3.7 di bawah ini. Menurut ISO 1126, sebuah postur kerja duduk yang baik memiliki fleksi lengan tidak lebih dari 25°. Namun, pada dua literatur lain yang mendukung sistem Jack 6.1 sudut 10° sudah memberikan ketidaknyamanan saat bekerja dan dapat meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal. Rekomendasi menarik datang dari Grandjaen dan Pheasant yang menyatakan area kerja dapat berada 5-10 cm di atas posisi normal yaitu siku 90°. Rekomendasi area kerja 5 cm nampaknya sejalan dengan saran dari Dreyfuss dan McAttorney & Corlett yang terlihat dari hasil perhitungan sudut pada persentil 5 dan 95 penelitian ini. Terlihat bahwa posisi kerja 5 cm di atas siku memang memberikan nilai yang tidak jauh berbeda dengan nilai ambang 10°. Sehingga bisa disimpulkan postur yang baik adalah 10° dimana area kerja seharusnya berada 5 cm di atas siku. Batas atas dari postur ini adalah 25° yang disarankan oleh ISO namun dapat meningkatkan nilai RULA sebanyak 1 angka, sehingga sebisa mungkin diminimalisir.



Gambar 3.16 Pengerjaan Verifikasi Postur Ergonomis dengan Jack 6.1

Berikutnya adalah abduksi lengan atas yaitu gerakan lengan yang menjauhi bidang sagittal. Walaupun Dreyfuss menyarankan angka maksimal 35° , penelitian yang dilakukan Aarås menunjukkan angka yang jauh lebih kecil yaitu 10° . Menurutnya sudut tersebut cukup memberikan efek untuk mengangkat bahu yang nantinya dapat meningkatkan risiko cedera bahu. Pada *virtual environment* sendiri terlihat bahwa batas naiknya bahu berada pada sudut 13° . Sudut ini membentuk jarak siku dengan pinggang sekitar 8 cm pada persentil 95 serta jarak 6.4 cm pada persentil 5. Sehingga mengacu pada penilaian *virtual environment* yang berbasis RULA, nilai 13° bisa digunakan sebagai sudut ambang.

Dari tabel tersebut terlihat bahwa menurut Dreyfuss fleksi lengan atas bisa mencapai 35° sebelum rasa tidak nyaman muncul. Namun menurut Aarås nilai 15° sudah cukup menambah risiko. Berdasarkan RULA batas ambang fleksi adalah 20° , sehingga rentang nilai sudutnya meliputi 15° - 20° . Perbedaan jarak siku menjauhi bidang frontal antara sudut 15° dan 20° adalah sekitar 4 cm pada persentil 95 dan 3 cm pada persentil 5. Untuk pergelangan tangan RULA tidak menyarankan adanya abduksi, akan tetapi uji coba pada *virtual environment* menunjukkan kesamaan antara standar RULA dan Dreyfuss yaitu maksimal abduksi 10° . Fleksi pergelangan tangan ditetapkan dengan nilai terendah yaitu 15° pada RULA selain itu RULA juga memiliki batasan untuk seberapa besar

pergelangan tangan dapat dipuntir saat kerja untuk meminimalisir risiko muskuloskeletal yaitu maksimal 45°. Melebihi sudut itu, maka akan terjadi penambahan skor RULA yang berarti bertambahnya risiko muskuloskeletal.

Tabel 3.8 Rekomendasi Postur Duduk yang Ergonomis untuk Segmen Tubuh pada Area Lengan

Sudut Segmen Tubuh	Dasar Literatur Rekomendasi Sudut						
	ISO 1126	Henry Dreyfuss Associates	Grandjaen (1998) & Pheasant (1987,1991)		Aarås et.al (1988)	Keir et.al (1996), Kee & Karwoski (2001), Karwowski (2002)	McAttarney & Corlett (RULA)
Fleksi Lengan Bawah	max. 25°	max. 10°	5-10 cm di atas posisi normal siku 5 cm u/P5: 10.5° 5 cm u/P95: 8.3° 10 cm u/P5: 22.5° 10 cm u/P95: 18°				10° s/d -30°
Abduksi Lengan Atas		max. 35°			< 10°		< 13°
Fleksi Lengan Atas		max. 30°			< 15°		< 20°
Abduksi Pergelangan Tangan		max. 10°				max 20°	tidak disarankan (max. 10°)
Fleksi Pergelangan Tangan		max. 45°				max 35°	< 15°

Salah satu hal yang dapat menjadi pertimbangan penting dalam merancang postur lengan saat bekerja adalah menggunakan penyangga lengan (*arm support*). Berdasarkan percobaan pada virtual *environment*, kehadiran penyangga lengan dapat mengurangi risiko terjadinya gangguan muskuloskeletal walaupun lengan berada pada kondisi yang melebihi sudut ambang. Hal ini dapat terjadi karena lengan tidak lagi menggantung serta menanggung momen sendirian namun ditopang oleh suatu bidang yang mendistribusikan momen dan beban secara baik.

Selain, pengujian pada postur lengan dilakukan pula pengujian pada beberapa postur kepala, punggung, serta kaki yang dapat dilihat perbandingan rekomendasi literturnya pada tabel 3.8 berikut ini. Pengujian selanjutnya dimulai pada bagian kepala yang berhubungan langsung dengan postur leher. Pada ISO 1126, dinyatakan bahwa kepala bisa ditundukkan hingga 20-25°. Berdasarkan aspek kenyamanan dari Dreyfuss, standar tersebut tidak melebihi batas ambang 30° namun pada evaluasi RULA sudut tersebut telah menambahkan 2 nilai yang membuat risiko muskuloskeletal pada tubuh bagian atas semakin besar. Oleh karena itu, postur terbaik dapat dicapai dengan tidak melebihi sudut inklinasi 10°. Dalam hal rotasi leher, menurut Hünting et.al sudut 20° memberikan risiko

insiden medis untuk bahu dan leher pada pekerjaan statis yang lama. Sudut ambang pada RULA sendiri cukup kecil yaitu 5° yang menandakan bahwa postur yang baik harus meminimalisir gerak rotasi leher.

Punggung merupakan bagian yang sering mengalami gangguan muskuloskeletal selain bahu dan leher. Oleh karenanya, berbagai usaha untuk menciptakan postur punggung yang baik selalu dilakukan. Menurut McGill et.al manusia bisa memutar punggungnya hingga 15° , namun jika kita melakukan suatu postur kerja dengan putaran $>10^\circ$ maka menurut RULA akan meningkatkan risiko gangguan muskuloskeletal. Kemudian, untuk inklinasi punggung ke samping RULA menyarankan sudut ambang $<10^\circ$, lebih rendah dibandingkan nilai ambang Paquet et.al. Terakhir untuk sudut ambang punggung dalam hal membungkuk ke depan, ISO 1126 menyarankan sebisa mungkin untuk tetap tegak selama bekerja dalam postur statis yang lama. Hal ini bisa dilakukan dengan bantuan sandaran punggung yang menjaganya tetap tegak dan menyebarkan distribusi beban. Nilai lebih besar diutarakan Paquet et.al yaitu 20° namun untuk masalah risiko yang dapat muncul, RULA menyatakan bahwa sebisa mungkin untuk menjaga punggung tidak bungkuk melebihi 10° . Nilai melebihi itu akan menambahkan beberapa nilai risiko RULA.

Dari percobaan di *virtual environment* sendiri, ditemukan bahwa punggung yang dibengkokkan memberikan kenaikan nilai kompresi tulang belakang paling besar dibandingkan gerakan memutar atau inklinasi ke samping. Pada persentil 5 contohnya, fleksi sebesar 1° merubah nilai kompresi dari 398 N menjadi 410 N di saat gerakan memutar baru meningkatkan nilai kompresi setelah diputar 7° . Inklinasi ke samping juga hanya meningkatkan kompresi sebesar 2 N setelah dibengkokkan 1° . Berat badan, seperti yang telah kita ketahui, memberikan pengaruh sangat besar kepada nilai kompresi punggung bawah. Persentil 95 mengalami kenaikan yang relatif tinggi dari 758 N menjadi 779 N karena pembungkukan sebesar 1° . Kenaikan nilai ini lebih besar jika dibandingkan dengan perubahan nilai pada persentil 5. Untuk putaran punggung ditemukan pengaruh yang sama dimana terjadi kenaikan kompresi pada 7° yang akan bertambah secara nonlinier setelah perputaran semakin besar. Hal ini berlaku juga pada inklinasi lateral pada persentil 95. Walaupun tidak memberikan kenaikan

yang berarti pada nilai kompresi, nilai rotasi dan inklinasi lateral memberikan juga berkontribusi pada tegangan geser dari ruas tulang belakang manusia. Hasil pengolahan ini menunjukkan alasan yang kuat mengapa ISO menyarankan posisi duduk setegak mungkin.

Tabel 3.9 Rekomendasi Sudut Postur Duduk yang Ergonomis untuk Segmen Tubuh pada Area Punggung, Kepala, dan Area Kaki

Sudut Segmen Tubuh	Dasar Literatur Rekomendasi Sudut					
	ISO 1126	Henry Dreyfuss Associates	McAttamey & Corlett (RULA)	Hüting et.al (1981)	Paquet et.al (2001)	McGill et.al (1999)
Inklinasi Kepala	20-25°	max 30°	>10° menambahkan 1 nilai RULA >20° menambahkan 2 nilai RULA			
Rotasi Leher		max 45°	>5° menambahkan 1 nilai RULA	< 20°		
Rotasi Punggung			< 10°			< 15°
Punggung Membungkuk	Mendekati 0° (Postur Tegak)		> 10° menambahkan 1 nilai RULA > 20° menambahkan 2 nilai RULA		disarankan < 20° maksimal 45°	
<i>Sideward Inclination</i> Punggung			< 10°		< 20°	
Fleksi Lutut	disarankan 115°	95-135°				
Sudut Antar Paha (<i>Leg Splay</i>)	30-45°	max 40°				

Bagian tubuh terakhir yang akan diverifikasi adalah pada tubuh bagian bawah yang meliputi fleksi lutut dan *leg splay*. Menurut ISO 1126, fleksi lutut disarankan berada pada sudut 115°. Sudut spesifik ini disarankan karena pengaruhnya yang seimbang terhadap distribusi beban pada kaki serta inklinasi punggung saat duduk. Nilai ini masih berada dalam rentang sudut nyaman yang disarankan Dreyfuss yaitu 95-135°, sehingga nilai yang disarankan ISO dapat digunakan sebagai sudut pedoman yang baik. Rekomendasi terakhir adalah besar sudut antar paha (*leg splay*). Sudut ini dihitung antar kedua paha dimana posisi tulang keringnya tegak lurus terhadap lantai. ISO menyarankan sudut 30-45°, sedangkan menurut Dreyfuss sudut maksimal yang memberikan kenyamanan adalah 40°. Oleh karena itu rentang sudut *leg splay* dirubah menjadi 30-40°. Sudut ini direkomendasikan karena pengaruhnya terhadap postur panggul saat duduk sehingga menjaga distribusi pada pinggang, panggul, serta punggung tetap baik.

Berdasarkan verifikasi ulang terhadap berbagai rekomendasi literatur untuk postur duduk yang baik, postur ideal untuk persentil 5 dan 95 Indonesia dapat dilihat pada tabel 3.9 di bawah ini. Postur ideal ini akan digunakan dalam uji konfigurasi interaksi antara model manusia dengan area kerja dokter gigi. Satu hal yang perlu ditambahkan dalam postur duduk ini adalah perlunya *dynamic sitting* dalam bekerja. Seperti yang dijelaskan pada bab 2, *dynamic sitting* adalah postur duduk dimana pekerja sering merubah posisi duduknya. Hal ini dilakukan untuk mendistribusikan tekanan di area panggul sehingga mengurangi kelelahan atau rasa pegal saat duduk.

Tabel 3.10 Hasil Verifikasi Postur Kerja Duduk yang Ideal

	Rentang Nilai	Sudut Ideal	Keterangan
Fleksi Lengan Bawah	25° s/d -30°	< 10°	Sudut ini dapat tercapai oleh P5 & P95 jika area kerja berada maksimal 5 cm di atas posisi normal siku
Abduksi Lengan Atas	max. 35°	< 10°	Nilai ambang bisa melebihi 10° jika terdapat penyangga lengan (<i>Arm Rest</i>). Lengan sebaiknya berada sedekat mungkin dengan tubuh.
Fleksi Lengan Atas	max. 30°	< 15°	Nilai ambang bisa melebihi 15° jika terdapat penyangga lengan (<i>Arm Rest</i>). Lakukan jeda singkat setiap 20% dari waktu postur total (kerja).
Abduksi Pergelangan Tangan	max. 20°	< 10°	Sedapat mungkin abduksi pergelangan tangan dihindari
Fleksi Pergelangan Tangan	max. 45°	< 15°	
Inklinasi Kepala	max. 30°	< 10°	Gunakan gerakan mata untuk menambah daya pandang tanpa menundukkan kepala
Rotasi Leher	max. 45°	< 5°	Sedapat mungkin hindari gerakan rotasi leher
Rotasi Punggung	max. 15°	< 10°	Sedapat mungkin hindari gerakan rotasi < 10% waktu kerja

Tabel 3.11 Hasil Verifikasi Postur Kerja Duduk yang Ideal (sambungan)

	Rentang Nilai	Sudut Ideal	Keterangan
Punggung Membungkuk	max. 20°	< 10°, saat berdiri < 20°, saat duduk	Sedapat mungkin berposisi tegak, bisa dicapai dengan bantuan sandaran. Jangan membungkuk >60° melebihi 5% dari waktu kerja.
<i>Sideward Inclination</i> Punggung	max. 20°	< 10°	
Fleksi Lutut	95° s/d 135°	115°	Telapak kaki menapak pada lantai
Sudut Antara Paha (<i>Leg Splay</i>)	30-45°	30-40°	Sedapat mungkin tulang kering tegak lurus dengan lantai

Selain itu, sebaiknya pada pekerjaan yang menuntut aktivitas visual yang teliti mengikuti kaidah yang telah disarankan oleh Pheasant dan Grandjaen. Inklinasi kepala diminimalisir dengan memanfaatkan daya pandang mata yang mencapai 30° dari garis pandang horizontal. Area kerja sedapat mungkin diatur sedemikian rupa untuk berada pada jarak 50 cm dari mata. Khusus pada profesi dokter gigi, penggunaan kaca pembesar (*magnifying glass*) sangat disarankan untuk membantu penglihatan secara detail.

3.2.2.2 Konfigurasi Area Kerja pada *Virtual Environment*

Seperti yang telah tertulis sebelumnya bahwa untuk menciptakan suatu pekerjaan yang ergonomis serta memiliki risiko rendah terhadap gangguan muskuloskeletal, dibutuhkan dua hal yaitu postur kerja yang ergonomis dan interaksi dengan lingkungan kerja yang mendukung manusia. Pada subbab sebelumnya telah dibahas mengenai postur kerja yang baik, maka pada subbab ini akan dibahas mengenai area kerja yang ergonomis bagi operator dalam hal ini dokter gigi. Area kerja tidak hanya meliputi stasiun kerja berupa sebuah alat, namun juga mencakup interaksi antara manusia dan alat tersebut. Sehingga, bagaimana dokter gigi menempatkan diri dalam aktivitasnya di *dental unit* juga harus diperhatikan. Untuk mengetahui konfigurasi kerja yang terbaik, dilakukan simulasi pada *virtual environment* Jack 6.1. Dasar dari konfigurasi yang dibuat

mengacu pada kemampuan *dental unit*, postur duduk ideal, serta beberapa literatur pendukung.

Pada perancangan konfigurasi ini terdapat beberapa variabel yang dipertimbangkan. Variabel pertama adalah persentil dimana akan digunakan dua persentil yaitu persentil 5 dan 95 dari data antropometri Indonesia. Variabel kedua adalah kuadran gigi pasien. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, mulut pasien dapat dibagi menjadi 4 kuadran yaitu kuadran 1, kuadran 2, kuadran 3, dan kuadran 4. Variabel kuadran dimasukkan ke dalam uji konfigurasi karena berdasarkan publikasi Cohen dan Sherwood (1990), dalam menangani bagian mulut yang berbeda dibutuhkan posisi kerja yang berbeda pula. Alasan inilah yang membuat variabel ketiga diuji dalam *virtual environment*. Variabel ketiga yang diuji adalah posisi kerja dengan orientasi arah jarum jam. Variabel ini terbagi menjadi dua klasifikasi yaitu posisi kerja arah jam 9 dan arah jam 11 yang keduanya mengacu pada dokter gigi dengan tangan dominan tangan kanan. Kedua klasifikasi ini diambil karena keduanya adalah posisi yang sering digunakan para dokter gigi saat praktik. Posisi 7.30 tidak diambil karena penggunaannya yang jarang dan dapat memaksa dokter gigi untuk menjulurkan tangannya menjauh dari sumbu tubuh sehingga kurang ergonomis.

Variabel terakhir berhubungan dengan *dental unit* yang digunakan yaitu kemiringan sandaran *dental unit*. Terdapat dua sudut kemiringan yang akan diuji pada penelitian ini yaitu kemiringan 15° dan 30°. Sudut kemiringan 30° diambil karena menurut Hokwerda, Wouters, de Ruijter, dan Zijlstra-Shaw (2005) sudut tersebut adalah sudut kerja yang ergonomis bagi dokter gigi dan juga cukup nyaman bagi pasien. Sedangkan, sudut 15° diambil karena berpotensi memberikan jangkauan penglihatan yang luas bagi dokter gigi. Selain itu, sudut 15° juga tidak bermasalah bagi para pasien karena secara medis mereka diperbolehkan untuk berada pada posisi tidur di saat perawatan gigi apapun. Hokwerda, Wouters, de Ruijter, dan Zijlstra-Shaw (2005) mengatakan bahwa selama hidung pasien berada di bawah bidang yang dibentuk oleh ujung lututnya, maka pasien akan tetap merasa nyaman. Oleh karena itu, dipilih sudut 15° dengan acuan *dental unit* pada klinik Integrasi yang memiliki kemiringan panggul duduk 14°. Tinggi *dental unit* dan tinggi kursi dokter gigi tidak dimasukkan secara langsung dalam uji

konfigurasi. Hal ini dilakukan karena uji konfigurasi akan mengacu pada postur ideal, sehingga tinggi *dental unit* akan diatur sedemikian rupa untuk mencegah sudut fleksi dan abduksi yang besar pada bagian lengan. Begitu juga dengan kursi dokter gigi, tingginya akan diatur agar kedua kaki dapat menapak dengan baik ke lantai serta membentuk sudut seperti yang disarankan. Tentu saja, semuanya dilakukan dengan kemampuan dari dental unit dan kursi dokter gigi saat ini yang ada di klinik Integrasi 1,2, dan 3 RSGM FKG-UI.

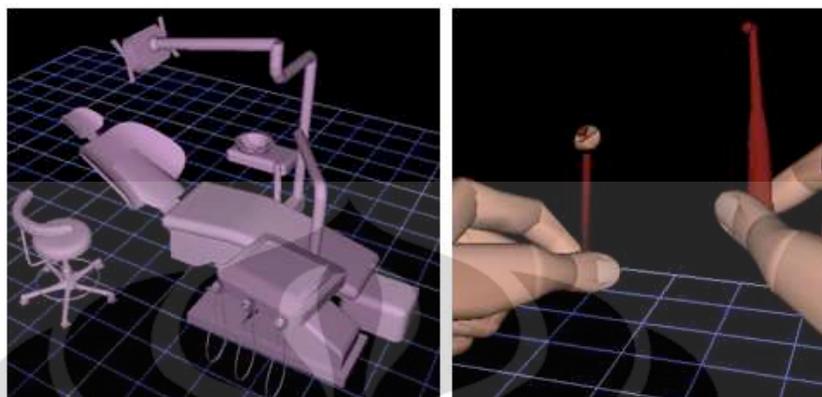
Secara keseluruhan terdapat 32 kombinasi konfigurasi yang akan diuji untuk mengetahui bagaimanakah cara paling ergonomis untuk melakukan tindakan pembersihan karang gigi yang ditunjukkan pada tabel 3.10 di bawah ini. Sebelum uji konfigurasi dilakukan, terlebih dahulu perlu dibuat *virtual environment*-nya. Untuk membuat simulasi pada Jack 6.1 menyerupai kondisi riil

Tabel 3.12 Konfigurasi yang Diuji dalam Penelitian

PERSENTIL 5				PERSENTIL 95			
Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi	Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
1	Jam 9	15°	1	17	Jam 9	15°	1
2	Jam 11	30°		18	Jam 11	30°	
3	Jam 9	30°		19	Jam 9	30°	
4	Jam 11	15°		20	Jam 11	15°	
5	Jam 9	15°	2	21	Jam 9	15°	2
6	Jam 11	30°		22	Jam 11	30°	
7	Jam 9	30°		23	Jam 9	30°	
8	Jam 11	15°		24	Jam 11	15°	
9	Jam 9	15°	3	25	Jam 9	15°	3
10	Jam 11	30°		26	Jam 11	30°	
11	Jam 9	30°		27	Jam 9	30°	
12	Jam 11	15°		28	Jam 11	15°	
13	Jam 9	15°	4	29	Jam 9	15°	4
14	Jam 11	30°		30	Jam 11	30°	
15	Jam 9	30°		31	Jam 9	30°	
16	Jam 11	15°		32	Jam 11	15°	

maka diperlukan 4 alat utama dalam melakukan tindakan pembersihan karang gigi yaitu *dental unit*, kursi dokter gigi, *scaler*, dan kaca mulut. Seluruh alat tersebut terlebih dahulu dibuat di *software* Google Sketchup kemudian diubah format datanya di NX 6.0. Langkah selanjutnya adalah merubah format .dwg dari NX 6.0 menjadi .stl sebagai format objek yang dapat dibaca oleh Jack 6.1. Khusus untuk *scaler* dan kaca mulut akan diberikan beban maya pada jari dokter gigi di Jack 6.1 sebesar 0,2 kg sesuai dengan berat sebenarnya menggunakan *Modules Load and*

Weights. Bentuk maya dari keempat alat kelengkapan praktik dokter gigi tersebut dapat dilihat pada gambar 3.17 di bawah ini.



Gambar 3.17 Alat Kedokteran Gigi untuk *Scaling* dalam *Virtual Environment*

Faktor lain yang perlu disimulasikan dalam *virtual environment* adalah daya pandang dokter gigi. Konfigurasi *scaling* yang baik tidak hanya memperhatikan nilai indeks postur yang kecil, tetapi juga kemampuan dokter gigi untuk melakukan tugasnya dengan baik. *Scaling* adalah pekerjaan yang memerlukan ketelitian serta ketepatan koordinasi gerak dan penglihatan. Oleh karena itu, kemampuan pandang model manusia di Jack 6.1 juga akan diperhatikan menggunakan fasilitas evaluasi penglihatan. Fasilitas tersebut meliputi *View Cones*, verifikasi *Eye View*, serta *Reflection Zone*. Fasilitas *view cones* digunakan untuk melihat ruang pandang manekin yang nantinya akan diverifikasi dengan *eye view*. Untuk daerah yang sulit dilihat oleh manekin diperlukan kaca mulut. Evaluasi ruang pandang pantulan kaca mulut akan dilihat menggunakan fasilitas *reflection zone* untuk memastikan daerah sasaran terlihat dengan baik oleh mata lewat kaca. Selanjutnya, hasil perhitungan dan analisis konfigurasi tertulis pada bab berikutnya yaitu bab 4.

BAB 4

ANALISIS

Pada bab sebelumnya, data yang diambil telah diolah dengan berbagai metode. Hasil pengolahan tersebut kemudian akan dibahas pada bab ini untuk memahami berbagai hal yang ditemukan dari penelitian yang dilakukan. Analisis pada bab ini dititikberatkan pada pembahasan evaluasi postur dari tindakan *scaling* pada posisi duduk.

4.1 Analisis Kondisi Aktual

Pada bab sebelumnya data gerakan *motion capture* telah diolah dalam suatu *virtual environment*. Dari data tersebut kita dapat mengetahui bagaimana kondisi postur dari praktik *scaling* yang dilakukan oleh para mahasiswa/i profesi kedokteran gigi di klinik Integrasi RSGMP FKG-UI. Dengan menggunakan *software* Jack 6.1, kita dapat mengetahui bagaimana indeks postur tindakan *scaling* tersebut. Berikut ini adalah pembahasan dari hasil pengolahan data kondisi aktual tindakan *scaling* berdasarkan pembagian persentil.

4.1.1 Kondisi Aktual Persentil 5

Seperti yang telah ditunjukkan pada bab 3 nilai indeks postur antarkuadran pada persentil 5 tidak terlalu berbeda. Pada kuadran 1 nilai PEI-nya adalah 2.09, untuk kuadran 2 sebesar 2.13, untuk kuadran 3 sebesar 2.12 dan untuk kuadran 4 sebesar 2.11 (tabel 3.3). Nilai OWAS dan RULA keempat kuadran tersebut adalah sama yaitu 2 untuk OWAS dan 7 untuk RULA. Pada seluruh kuadran tersebut terdapat persamaan pada perilaku duduk persentil 5, dimana dia tidak sepenuhnya duduk dengan nyaman. Persentil 5 memilih sudut *dental unit* 25° dengan ketinggian minimal namun dengan ketinggian kursi dokter gigi yang mendekati maksimal. Hal ini mungkin saja dilakukan untuk memberikan pandangan yang baik terhadap manekin, namun menimbulkan masalah pada distribusi berat tubuh. Pada kenyataannya, area kerja pada klinik Integrasi FKG-UI kurang bisa memfasilitasi persentil 5 secara ergonomis. Permasalahan persentil 5 yang tidak terfasilitasi oleh peralatan kedokteran gigi sendiri telah menjadi

masalah global yang belum diimplementasikan dengan baik pada klinik atau lembaga pendidikan kedokteran gigi.

Dilema ergonomi yang dialami oleh persentil 5 adalah jika mereka berusaha untuk duduk dengan posisi yang benar-benar nyaman dimana tulang panggul tidak mengalami deviasi sama sekali dan telapak kaki menapak tanah maka dibutuhkan tinggi kursi yang pendek. Nyatanya tinggi kursi yang dipakai melebihi tinggi popliteal mereka sehingga tentu saja akan terjadi deviasi panggul. Dalam waktu kerja yang relatif lama, hal ini akan menimbulkan ketidaknyamanan serta berisiko menimbulkan gangguan muskuloskeletal. Perlu diperhatikan bahwa pada saat melakukan *scaling* untuk semua kuadran, persentil 5 menggunakan posisi kerja arah jam 9 namun tidak didukung dengan postur yang baik. Berikut ini adalah analisis lebih detil dari tiap kuadran untuk kondisi aktual pada persentil 5.

4.1.1.1 Indeks Postur untuk Kuadran 1

Nilai indeks postur pada kuadran 1 merupakan nilai terendah pada rangkaian tindakan *scaling* yang dilakukan oleh persentil 5 dengan indeks sebesar 2,09. Postur kerja persentil 5 pada kuadran 1 dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini. Secara sekilas terlihat bahwa terdapat abduksi lengan atas dan fleksi punggung yang cukup signifikan. Agar dapat memahami postur kerja aktual persentil 5 dalam tindakan pada kuadran 1, berikut ini adalah rincian penyusun



Gambar 4.1 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 1

nilai indeks postur yang terdiri dari nilai LBA, OWAS, dan RULA pada tabel 4.1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa nilai LBA sebesar 587 N masih berada pada ambang batas normal, namun nilai OWAS menunjukkan adanya risiko tingkat 2 dimana risiko muskuloskeletal bisa muncul dengan postur seperti ini. Nilai

terbesar berada pada digit pertama yaitu punggung dengan kode 4 yang berarti responden membungkuk serta memutar punggungnya.

Tabel 4.1 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 1

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA						Nilai Total	Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		
OK	587	4121	2	2	3	3	1	5	5	7	2.09

Untuk nilai RULA, beban terbesar berada pada leher dan punggung yang memiliki nilai 5. Hal ini disebabkan bagian punggung mengalami fleksi, rotasi, dan pergerakan lateral secara bersamaan. Leher juga mengalami rotasi dan tundukan lateral namun yang sangat mempengaruhi adalah adanya ekstensi sehingga menambahkan beban yang tinggi serta menimbulkan risiko gangguan yang tinggi dengan nilai risiko 7 untuk *body group B*. Naiknya kedua lengan atas serta lengan bawah menambahkan beban pada bahu, sehingga tidak heran keluhan yang sering muncul berada pada area leher, bahu, dan punggung. Secara jangka panjang terlihat pula adanya potensi munculnya gangguan pada pergelangan tangan contohnya Sindrom Terowongan Karpal karena fleksi atau abduksi yang berlebihan. Walaupun berada pada posisi duduk, OWAS menunjukkan bahwa distribusi beban saat duduk tidak berjalan dengan baik sehingga dikategorikan sebagai postur berdiri. Hal inilah yang menambah ketidaknyamanan pada persentil 5 saat *scaling*.

4.1.1.2 Indeks Postur untuk Kuadran 2

Diantara nilai indeks postur pada kuadran lainnya, kuadran 2 menunjukkan nilai yang relatif paling besar yaitu 2,13. Postur kerja persentil 5 pada kuadran ini dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut ini. Adapun nilai rinci penyusun indeks postur dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini. Pada tabel tersebut terlihat adanya peningkatan nilai LBA walaupun masih berada pada batas normal. Nilai OWAS dengan kode yang ditunjukkan juga menyerupai dengan yang terlihat pada kuadran 1. Perbedaan lainnya terlihat pada nilai RULA, walaupun nilai totalnya tetap 7 namun terdapat peningkatan nilai pada lengan atas (*upper arm*) dari 2 pada kuadran 1 menjadi 4. Penambahan ini terjadi karena adanya fleksi pada lengan atas disertai dengan abduksi yang membuat bahu menjadi lebih terangkat. Fleksi

lengan terjadi karena perlunya persentil 5 menjangkau kuadran 2 yang terletak pada sisi muka yang berbeda. Namun, peningkatan lengan atas diikuti pula dengan berkurangnya nilai risiko pada leher. Walaupun terjadi ekstensi dan rotasi keduanya tidak melewati nilai ambang -5° dan 5° , sehingga dikategorikan sebagai faktor risiko 1. Ekstensi melebihi nilai -5° langsung meningkatkan nilai risiko leher menjadi tinggi.



Gambar 4.2 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 2

Tabel 4.2 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 2

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA						Nilai Total	Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		
OK	710	4121	2	4	2	3	1	1	5	7	2.13

4.1.1.3 Indeks Postur untuk Kuadran 3

Nilai indeks postur pada kuadran 3 tidak jauh berbeda dengan nilai pada kuadran 2. Kedua kuadran tersebut secara berturut-turut memberikan nilai indeks yang relatif besar. Salah satu alasannya adalah letaknya yang berada pada sisi mulut yang berjauhan dengan posisi dokter gigi sehingga memberikan kesulitan tambahan untuk menanganinya. Postur kerja persentil 5 pada kuadran 3 dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini. Untuk nilai rincian indeks postur dapat terlihat pada tabel 4.3 berikut. Dapat terlihat bahwa masih terdapat nilai risiko lengan atas yang tinggi yaitu 4 disebabkan oleh masih adanya abduksi serta fleksi lengan atas yang mengangkat bahu tanpa adanya penyangga siku. Penurunan nilai *Lower Back Analysis* kembali terjadi bersamaan dengan peningkatan nilai risiko leher menjadi 5. Pada posisi ini nampaknya persentil 5 kembali menundukkan

lehernya bersamaan dengan rotasi serta gerakan menengadahkan ke samping atau secara lateral.



Gambar 4.3 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 3

Tabel 4.3 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 3

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA							Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	Nilai Total	
OK	692	4121	2	4	3	3	1	5	5	7	2.12

4.1.1.4 Indeks Postur untuk Kuadran 4

Pada kuadran 4 terdapat beberapa perubahan pada komponen PEI. Nilai risiko postur lengan atas mengalami penurunan kembali menjadi 2 dari nilai sebelumnya yaitu 4. Perubahan postur lengan ini dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut ini. Pengurangan nilai PEI secara keseluruhan juga terjadi, hal ini disebabkan oleh berkurangnya nilai LBA dari 692 menjadi 637 yang dapat dilihat pada tabel 4.4. Dengan nilai risiko postur leher yang sama dengan nilai sebelumnya yaitu sebesar 5 pada postur kuadran 4. Namun secara keseluruhan, bersama dengan postur kuadran 1 maka postur kuadran 4 memiliki nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan postur kerja kuadran 2 dan 3 yang memaksa persentil 5 mengangkat lengan atasnya untuk menjangkau lebih jauh kuadran tersebut.



Gambar 4.4 Posisi Kerja Persentil 5 pada Kuadran 4

Tabel 4.4 Indeks Postur Persentil 5 pada Kuadran 4

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA						Nilai Total	Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		
OK	637	4121	2	2	3	2	1	5	5	7	2.11

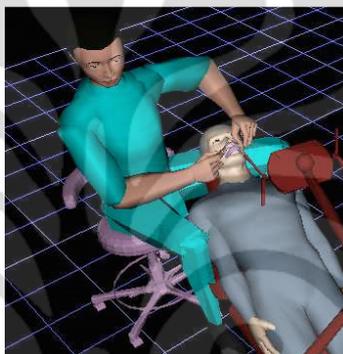
4.1.2 Kondisi Aktual Persentil 95

Kondisi postur kerja pada persentil 95 secara umum lebih baik dibandingkan dengan persentil 5. Salah satu alasannya adalah karena persentil 95 telah terfasilitasi dengan baik oleh kondisi area kerjanya. Namun, sepertinya persentil 95 juga belum dapat memaksimalkan keuntungan tersebut sehingga postur kerjanya masih memberikan risiko terhadap gangguan muskuloskeletal. Dalam simulasi, persentil 95 memilih sudut dental unit sebesar 36° dengan ketinggian minimum baik untuk kursi dokter gigi maupun *dental unit*-nya. Persentil 95 menunjukkan adanya perbedaan nilai PEI antarkuadran yang disebabkan oleh perubahan postur saat simulasi. Saat simulasi, persentil 95 memilih melakukan tindakan *scaling* pada posisi kerja arah jam 10. Berikut ini adalah penjelasan indeks postur untuk masing-masing kuadran.

4.1.2.1 Indeks Postur untuk Kuadran 1

Sama seperti yang ditunjukkan oleh persentil 5, kuadran 1 pada persentil 95 juga memberikan nilai indeks postur yang terendah dibandingkan kuadran lainnya. Hal sama yang juga terjadi adalah tidak baiknya distribusi beban pada tubuh bagian bawah sehingga berpotensi menimbulkan ketidaknyamanan serta gangguan di masa datang. Postur kerja dari persentil 95 untuk kuadran 1 dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut ini. Untuk nilai rincian dari PEI dapat dilihat pada

tabel 4.5 di bawah ini. Pada persentil 95 ditemukan nilai LBA yang relatif lebih besar dibandingkan persentil 5. Perbedaan nilai ini terjadi karena nilai LBA dipengaruhi pula oleh berat badan, karena persentil 95 memiliki berat badan yang lebih besar dibandingkan persentil 5 maka nilai LBA-nya akan lebih besar pula. Dengan nilai sebesar 1166 N, kompresi tulang belakang yang dialami oleh persentil 95 masih dalam batas normal. Walaupun memiliki nilai LBA yang besar tidak ditemukan aktivitas fleksi, rotasi, dan pembungkukan lateral pada daerah punggung yang dapat meningkatkan risiko muskuloskeletal menurut RULA.



Gambar 4.5 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 1

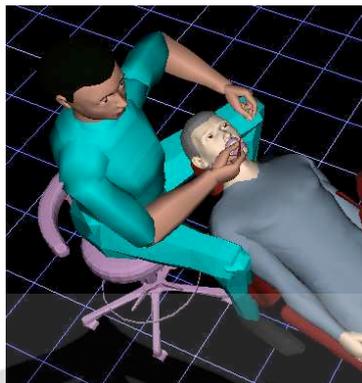
Tabel 4.5 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 1

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA							Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	Nilai Total	
OK	1166	1141	2	3	3	3	1	2	1	4	1.65

Untuk nilai OWAS, terjadi hal yang sama seperti pada persentil 5 yaitu kurang baiknya distribusi berat tubuh. Nilai RULA juga kembali menunjukkan adanya fleksi serta abduksi dari bagian lengan dan pergelangan tangan. Perbedaan yang membuat nilai RULA persentil 95 lebih kecil adalah tidak ditemukannya fleksi yang berlebihan pada punggung, walaupun terdapat risiko pada leher yang disebabkan oleh rotasi kepala.

4.1.2.2 Indeks Postur untuk Kuadran 2

Nilai indeks kuadran 2 dengan kuadran 1 untuk persentil 95 tidak mengalami banyak perbedaan. Postur kerja persentil 95 dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 2

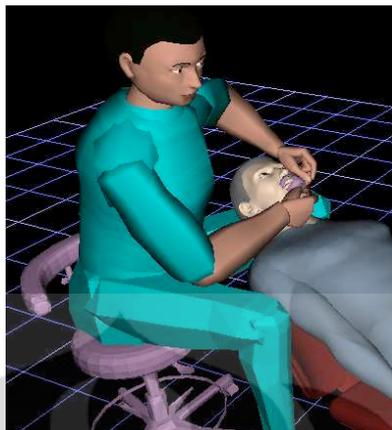
Secara konsisten persentil 95 mempertahankan posisinya untuk melakukan *scaling* pada kuadran 2. Perubahan hanya terjadi pada nilai LBA yang sedikit bertambah karena diperlukan punggung yang lebih membungkuk untuk melihat ke kuadran 2. Namun, persentil 95 dapat membuatnya agar tidak melebihi ambang batas dan menjaga nilai risiko punggung tetap pada angka 1. Nilai risiko leher bahkan berkurang pada saat menangani kuadran 2. Hal ini juga terjadi pada persentil 5 sebelumnya. Nilai risiko lengan tetap tinggi karena masih ditemukannya fleksi dan abduksi, sehingga tidak mengurangi risiko pada bahu. Nilai dari indeks postur kuadran 2 untuk persentil 95 dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 2

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA						Nilai Total	Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		
OK	1266	1141	2	3	3	2	1	1	1	4	1.68

4.1.2.3 Indeks Postur untuk Kuadran 3

Seperti yang terjadi pada persentil 5, penanganan kuadran 3 meningkatkan nilai PEI hingga menjadi kuadran yang memberikan nilai indeks postur tertinggi diantara kuadran lainnya. Postur kerja persentil 95 pada kuadran 3 dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut ini. Perubahan nilai terjadi pada nilai OWAS yang diakibatkan oleh bertambahnya derajat fleksi punggung sehingga selain menambah nilai risiko tersebut pada RULA juga merubah risiko pada OWAS. Meningkatnya derajat fleksi punggung juga diperkuat dengan bertambahnya nilai LBA menjadi 1692 N dari nilai sebelumnya yaitu 1266 N.



Gambar 4.7 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 3

Walaupun begitu, tidak ditemukan risiko berbahaya yang disebabkan oleh kompresi ruas tulang belakang. Tidak ditemukan perubahan postur yang positif untuk kuadran ini dibandingkan dengan kuadran sebelumnya. Persentil 95 masih memiliki risiko muskuloskeletal yang sama dengan kuadran sebelumnya bahkan bertambah pada bagian punggung. Lengan masih secara konsisten menjadi bagian tubuh yang memiliki risiko muskuloskeletal dan ketidaknyamanan yang relatif tinggi yaitu nilai 3. Nilai indeks postur tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut ini.

Tabel 4.7 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 3

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA						Nilai Total	Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		
OK	1692	2141	3	3	3	2	1	1	2	4	2.06

4.1.2.4 Indeks Postur untuk Kuadran 4

Nilai indeks postur persentil 95 pada kuadran 4 tidak terlalu berbeda dengan nilai pada kuadran 3 yang terlihat dari postur kerjanya pada gambar 4.8. Dari tabel 4.8 juga terlihat bahwa nilainya dengan kuadran 3 tidak terlalu berbeda. Perubahan hanya terjadi pada kompresi tulang belakang yang berkurang dari 1692 N menjadi 1609 N pada kuadran 4 yang secara alami terjadi karena berkurangnya fleksi punggung. Namun reduksi nilai itu tidak cukup untuk mengurangi risiko gangguan punggung menurut OWAS dan RULA. Nilai risiko bagian tubuh lain tetap konsisten dan tidak mengalami perubahan.



Gambar 4.8 Posisi Kerja Persentil 95 pada Kuadran 4

Tabel 4.8 Indeks Postur Persentil 95 pada Kuadran 4

Static Strength Prediction	Lower Back Analysis	OWAS		RULA						Nilai Total	Nilai PEI
		Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		
OK	1609	2141	3	3	3	2	1	1	2	4	2.03

4.1.3 Gambaran Kondisi Aktual

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya, ditemukan beberapa hal yang menggambarkan kondisi aktual tindakan *scaling* pada posisi duduk saat ini. Pada kedua persentil tidak ditemukan adanya inisiatif untuk melakukan perubahan posisi kerja arah jarum jam sehingga tidak terjadi perubahan yang signifikan pada nilai PEI tiap kuadran. Hal ini bisa disebabkan oleh kurangnya pengetahuan mereka akan posisi kerja yang baik.

Selanjutnya lewat kuesioner Nordic diketahui bahwa para mahasiswa/i klinik mengalami gejala gangguan muskuloskeletal pada bagian leher, bahu, punggung atas, dan punggung bawah. Gejala ini sejalan dengan apa yang terjadi pada analisis risiko postur aktual dimana secara konsisten bagian tubuh yang selalu memiliki nilai risiko yang relatif besar adalah lengan atas, leher, dan punggung. Hal ini diperburuk dengan tidak terdistribusinya beban tubuh akibat posisi duduk yang kurang tepat. Permasalahan distribusi beban lebih besar dialami oleh persentil 5 yang kurang terfasilitasi oleh area kerjanya.

Pada simulasi tersebut ditemukan bahwa kuadran pada sisi yang berseberangan memberikan nilai indeks postur besar, sehingga bisa diartikan tindakan *scaling* pada kuadran 2 dan 3 berpotensi memberikan risiko gangguan muskuloskeletal yang besar jika tindakan tersebut dilakukan terus-menerus tanpa

Universitas Indonesia

posisi yang ergonomis. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu panduan yang dapat memberikan gambaran kepada para dokter gigi dalam melakukan tindakan *scaling* secara ergonomis untuk mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal.

4.2 Analisis Konfigurasi

Sebagai salah satu langkah untuk membuat panduan tindakan *scaling* yang ergonomis diperlukan pemahaman lebih lanjut mengenai beberapa variabel dalam aktivitas *scaling* itu sendiri dari sisi ergonomi. Pada bab 3 telah ditelaah mengenai postur ideal yang dapat mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal pada pekerja. Faktor berikutnya yang harus ditelaah adalah interaksi manusia dengan area kerja itu sendiri, sehingga pada subbab berikutnya akan dibahas mengenai beberapa konfigurasi yang telah diuji untuk tindakan *scaling* tertentu. Adapun kombinasi variabel yang diuji dalam tiap konfigurasi meliputi persentil, kuadran gigi yang ditangani, kemiringan *dental unit*, dan posisi kerja dengan acuan arah jarum jam. Khusus untuk analisis RULA, pada tiap simulasi digunakan penggunaan otot repetitif pada bagian lengan dan pergelangan tangan serta aktivitas otot statis untuk leher dan punggung. Jika memungkinkan, fitur penyangga siku (*arm support*) dapat digunakan. Kombinasi pengaturan RULA dapat dilihat pada gambar 4.9.

4.2.1 Analisis Konfigurasi untuk Persentil 5

Pada persentil 5 telah diuji 16 konfigurasi yang merupakan kombinasi dari variabel-variabel yang telah disebutkan sebelumnya. Pengujian konfigurasi ini dilakukan dengan acuan postur ideal yang telah dijabarkan pada bab 3. Sehingga, sedapat mungkin konfigurasi dibuat agar sudut-sudut bagian tubuh mendekati nilai idealnya. Namun, simpangan yang jauh dapat terjadi karena tidak memungkinkannya penerapan sudut ideal tersebut pada situasi tersebut. Berdasarkan itulah, tinggi *dental unit* serta kursi dokter gigi diatur untuk memberikan kemudahan dalam melakukan tindakan *scaling* yang ergonomis.

Gambar 4.9 Pengaturan RULA dalam Uji Konfigurasi

4.2.1.1 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 1

Konfigurasi pertama diuji untuk mencari interaksi terbaik antara manusia dengan area kerja dalam melakukan *scaling* pada kuadran 1. Tabel 4.9 berikut ini menunjukkan konfigurasi yang diuji pada kuadran 1 persentil 5. Konfigurasi 2 dan 3 yang dilakukan dengan kemiringan sandaran dental unit 30° dilakukan dengan mengatur ketinggian dental unit (h) pada titik minimum dan tinggi kursi dokter gigi hingga 54,26 cm. Untuk konfigurasi 1 dan 4, tinggi kursi dokter diatur hingga titik tertingginya namun *dental unit* diatur pada posisi minimumnya. Dari keempat konfigurasi tersebut didapatkan hasil bahwa konfigurasi 1 memberikan nilai indeks postur yang paling rendah sebesar 0,77 Nilai rincian indeks postur dari keempat konfigurasi yang diuji dapat dilihat pada tabel 4.10. Konfigurasi 1 memberikan nilai 2 pada RULA, sedangkan konfigurasi lainnya menghasilkan nilai total 3. Nilai risiko yang berhasil diatasi oleh konfigurasi 1 adalah risiko lengan bawah yang ditandai dengan besarnya sudut siku serta posisi lengan

bawah. RULA akan menambahkan satu poin risiko lengan bawah jika lengan tersebut bekerja melewati batas tengah dari tubuh yang artinya postur tersebut asimetris. Konfigurasi 1 berhasil memberikan posisi kerja yang simetris tanpa mengorbankan kemudahan gerak.

Tabel 4.9 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk *Scaling* Kuadran 1

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
1	Jam 9	15°	1
2	Jam 11	30°	
3	Jam 9	30°	
4	Jam 11	15°	

Tabel 4.10 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 1

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA							PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	Nilai Total		
1	OK	402	1111	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0.77
2	OK	263	1111	1	2	3	1	1	1	1	1	3	0.94
3	OK	270	1111	1	1	2	1	1	1	1	1	3	0.94
4	OK	407	1111	1	1	2	1	1	1	1	1	3	0.98

Postur persentil 5 pada konfigurasi 1 dapat dilihat pada gambar 4.10. Secara ideal, postur ini dapat dilakukan dengan rincian sudut segmen tubuh seperti ditunjukkan oleh tabel 4.11. Seluruh besar sudut segmen tubuh tidak melewati ambang batas sehingga tidak memberikan risiko terhadap gangguan muskuloskeletal. Postur simulasi ini dilakukan dengan sudut pandang mata 30°, selain itu terdapat sedikit perubahan pada bagian kaki dimana sudut lutut menjadi 135°. Karena kursi dokter gigi yang ada kurang ergonomis, maka sudut 115° dikategorikan sebagai sudut yang membuat distribusi beban kurang merata saat duduk. Hal ini terjadi karena dokter gigi berusaha untuk berada sedekat mungkin dengan pasien. Dimensi kursi yang ada kurang memfasilitasi mereka, sehingga menyebabkan dokter gigi harus duduk pada bagian tepi dudukan. Sikap duduk yang kurang sempurna ini menyebabkan distribusi beban saat duduk menjadi kurang baik.



Gambar 4.10 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 1

Tabel 4.11 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 1

PERSENTIL 5 KONFIGURASI 1	Kuadran 1	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0	
Fleksi Lengan Atas	10.2	5.4
Elevasi Lengan Atas	7.4	5.3
Sudut Siku	-8.7	-3.1
Abduksi Pergelangan Tangan	-1.7	-7.4
Fleksi Pergelangan Tangan	4.1	-4.1
Fleksi Punggung	0	
Punggung Menyamping	0	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	135	135

4.2.1.2 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 2

Pada kuadran 2 kembali diuji empat konfigurasi yang ditunjukkan oleh tabel 4.12. Ketinggian kursi dan *dental unit* yang digunakan pada kuadran ini sama dengan kuadran 1 untuk masing-masing konfigurasi dengan kemiringan sandaran 15° dan 30°. Untuk kuadran 2 nilai postur terbaik terdapat pada konfigurasi 8 dengan posisi kerja jam 11 dan kemiringan sandaran *dental unit* sebesar 15°. Nilai indeks postur dari konfigurasi yang diuji pada kuadran 2 untuk persentil 5 dapat dilihat pada tabel 4.13. Konfigurasi lainnya memiliki nilai indeks yang berbeda terutama pada RULA.

Tabel 4.12 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk *Scaling* Kuadran 2

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
5	Jam 9	15°	2
6	Jam 11	30°	
7	Jam 9	30°	
8	Jam 11	15°	

Tabel 4.13 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 2

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA							PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	Nilai Total		
5	OK	412	1111	1	1	2	1	1	1	1	1	3	0.98
6	OK	393	1111	1	1	3	3	1	1	1	1	3	0.97
7	OK	416	1111	1	4	2	1	1	1	1	1	4	1.18
8	OK	411	1111	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0.78

Nilai RULA terbesar terletak pada konfigurasi 7 yaitu nilai risiko 4, sehingga posisi kerja ini sangat tidak direkomendasikan. Yang membuat konfigurasi memiliki indeks yang kurang baik adalah terlalu diangkatnya lengan atas dokter gigi, hal ini dapat dimengerti karena dari posisi jam 9, kuadran 2 berada pada sisi yang menjauhi badan dokter gigi. Nilai lengan bawah juga menyebabkan konfigurasi lainnya memiliki risiko yang lebih tinggi dibandingkan konfigurasi 8. Postur kerja ideal pada posisi terbaik dapat dilihat pada gambar 4.11, sedangkan sudut tubuhnya dapat dilihat pada tabel 4.14. Untuk konfigurasi dengan sudut kemiringan sandaran 30°, tinggi kursi dinaikkan hingga 54,26 cm untuk memperoleh posisi yang nyaman saat *scaling* dengan *dental unit* pada tinggi terendah. Sedangkan untuk konfigurasi dengan kemiringan sandaran 15°, kursi dokter gigi diatur pada ketinggian 55 cm sedangkan, *dental unit* diatur pada ketinggian mendekati minimum 48,87 cm.



Gambar 4.11 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 8

Posisi jam 11 yang dikombinasikan dengan sudut sandaran 15° memberikan nilai yang lebih baik karena selain memberikan sudut pandang yang lebih baik pada bagian *buccal posterior* kuadran 2, juga membuat elevasi dan fleksi lengan atas menjadi lebih kecil karena tidak diperlukan posisi lengan dan tangan yang berusaha meraih sisi gigi tersebut karena terhalang kepala pasien. Konfigurasi 5 memiliki nilai yang mendekati nilai risiko 2 pada RULA, namun kepala pasien mengakibatkan lengan bawah harus sedikit dinaikkan untuk mencapai *buccal posterior* kuadran 2.

Tabel 4.14 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 8

PERSENTIL 5 KONFIGURASI 8	Kuadran 2	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0	
Fleksi Lengan Atas	0.1	8.6
Elevasi Lengan Atas	1.3	4.2
Sudut Siku	8.7	1.3
Abduksi Pergelangan Tangan	8.3	9.7
Fleksi Pergelangan Tangan	0.4	-6.9
Fleksi Punggung	4	
Punggung Menyamping	0	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	135	135

4.2.1.3 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 3

Kuadran 3 pada kondisi aktual memberikan nilai PEI yang cukup besar pada persentil 5. Pada tabel 4.15 ditunjukkan konfigurasi yang diuji pada kuadran 3 untuk mengetahui strategi terbaik dalam melakukan tindakan *scaling*. Lewat simulasi pada virtual environment ditemukan nilai indeks postur yang ditunjukkan oleh tabel 4.16 untuk keempat konfigurasi yang diuji. Konfigurasi 12 memiliki nilai indeks postur yang paling rendah diantara konfigurasi lainnya.

Tabel 4.15 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk *Scaling* Kuadran 3

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
9	Jam 9	15°	3
10	Jam 11	30°	
11	Jam 9	30°	
12	Jam 11	15°	

Tabel 4.16 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 3

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA						PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		Nilai Total
9	OK	390	1111	1	1	2	1	1	1	1	3	0.97
10	OK	331	1111	1	2	2	2	1	1	1	3	0.96
11	OK	379	1211	1	4	2	1	1	1	1	4	1.17
12	OK	344	1111	1	1	1	1	1	1	1	2	0.76

Nilai LBA dari keempat konfigurasi ini seluruhnya jauh berada di bawah nilai ambang 3400 N. Kuadran 3 memberikan nilai indeks postur yang cukup tinggi karena biasanya para dokter gigi berusaha menjangkau area kuadran yang berada di sisi berlainan dan sulit terlihat. Selain mendorong terjadinya fleksi pada punggung maupun leher, lengan pun biasanya terangkat karena posisi menjangkau tersebut. Posisi kerja dari konfigurasi 12 dapat dilihat pada gambar 4.12, sedangkan nilai sudut bagian tubuhnya terlihat pada tabel 4.17. Konfigurasi 8 dan 12 pada kuadran 2 dan 3 secara berturut-turut menunjukkan bahwa untuk penanganan di sisi bagian kiri pasien penggunaan posisi 11 lebih baik.



Gambar 4.12 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 12

Tabel 4.17 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 12

PERSENTIL 5 KONFIGURASI 12	Kuadran 3	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0	
Fleksi Lengan Atas	11.1	8.1
Elevasi Lengan Atas	5.5	-7.7
Sudut Siku	-1.2	-15.5
Abduksi Pergelangan Tangan	8.3	1
Fleksi Pergelangan Tangan	2.7	-5.3
Fleksi Punggung	-4	
Punggung Menyamping	0	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	135	135

4.2.1.4 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 4

Rangkaian konfigurasi terakhir yang akan diuji ada pada kuadran 4. Tabel 4.18 menunjukkan empat konfigurasi yang akan diuji dalam *virtual environment*. Simulasi tersebut menunjukkan bahwa terdapat persamaan nilai antara posisi *scaling* kuadran 4 pada arah jam 9 dan jam 11 pada kedua kondisi sudut sandaran *dental unit* yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.19.

Hasil pengujian konfigurasi tersebut menunjukkan bahwa pada sudut sandaran *dental unit* 15° nilai risiko gangguan muskuloskeletal terkecil berada posisi arah jam 9. Konfigurasi 14 dan 15 memiliki nilai RULA sebesar 3 karena bentuk sandaran yang melandai memaksa lengan bawah terutama lengan kiri

untuk agak naik menjangkau kuadran 4 padahal *dental unit* sudah berada pada tinggi minimum. Untuk konfigurasi 13 dan 16 *dental unit* berada pada tinggi minimum sedangkan kursi dokter gigi ditinggikan hingga 55 cm. Pada sandaran 30° hal ini tidak perlu dilakukan karena sudah terdapat ruang untuk paha dan jika ditinggikan lagi maka akan terjadi elevasi lengan atas dan bahu.

Tabel 4.18 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk *Scaling* Kuadran 4

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
13	Jam 9	15°	4
14	Jam 11	30°	
15	Jam 9	30°	
16	Jam 11	15°	

Tabel 4.19 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 5 untuk Kuadran 4

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA						PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		Nilai Total
13	OK	375	1111	1	1	1	1	1	1	1	2	0.79
14	OK	250	1111	1	1	3	2	1	1	1	3	0.93
15	OK	251	1111	1	1	3	1	1	1	1	3	0.93
16	OK	357	1111	1	1	2	2	1	1	1	3	0.96

Konfigurasi 13 memiliki nilai indeks postur yang paling baik di antara konfigurasi lainnya. Konfigurasi ini dapat dilihat postur kerjanya pada gambar 4.13 serta sudut segmen tubuhnya pada tabel 4.20. Pada posisi jam 11 terlihat bahwa lengan kiri persentil 5 berada di atas muka pasien, sehingga tentu saja dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi pasien. Posisi jam 9 di sisi lain tidak membuat lengan dokter gigi berada di atas muka pasien sehingga relatif lebih nyaman bagi pasien. Kemudian, dari sudut segmen tubuh konfigurasi 13 terlihat bahwa seluruh nilainya berada di bawah ambang batas. Oleh karena itu secara ergonomis konfigurasi tersebut tidak memberikan risiko gangguan yang berarti pada dokter gigi.



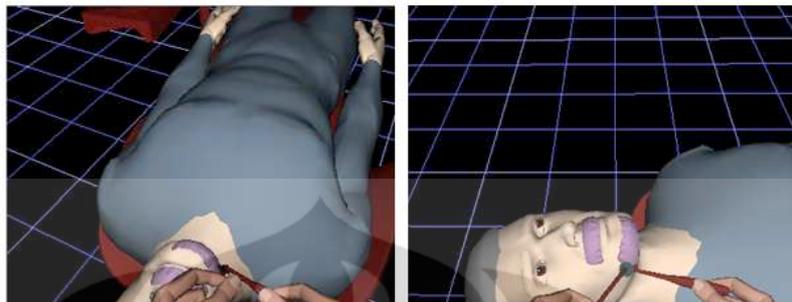
Gambar 4.13 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 13

Tabel 4.20 Sudut Bagian Tubuh Persentil 5 pada Konfigurasi 13

PERSENTIL 5 KUADRAN 4	Konfigurasi 13	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0	
Fleksi Lengan Atas	4.9	4.7
Elevasi Lengan Atas	-6	-9.2
Sudut Siku	-18	-15.4
Abduksi Pergelangan Tangan	9.7	2.1
Fleksi Pergelangan Tangan	-3.9	-12.4
Fleksi Punggung	0	
Punggung Menyamping	0	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	135	135

Hal yang menarik pada kuadran 4 adalah aspek sudut pandangan mata. Pada konfigurasi yang diuji, model manusia menggunakan sudut pandangan mata 30° . Pada gambar 4.14 dapat dilihat area pandang dua contoh konfigurasi menggunakan fitur *eye view* pada Jack 6.1. Dari segi kenyamanan penglihatan bagi dokter gigi, pada posisi arah jam 11 area pandangnya relatif kecil dan juga dapat terhalang oleh tangan kiri yang memegang kaca mulut untuk menjadi penyangga mukosa (kulit pipi) saat *scaling*. Area pandang dari posisi arah jam 9 terlihat cukup baik, selain itu kuadran 4 dapat terlihat dengan baik dari sisi tersebut. Dari segi kenyamanan pasien, posisi arah jam 9 memungkinkan dokter gigi melakukan pekerjaannya tanpa membuat lengan atau tangannya melintang

di atas muka pasien. Oleh karena itu, ketidaknyamanan ini dapat diminimalisir dengan menggunakan posisi yang tepat.



Gambar 4.14 Area Pandangan Mata pada Konfigurasi 13 (Kiri) dan Konfigurasi 16 (Kanan) dalam *Virtual Environment*

4.2.2 Analisis Konfigurasi untuk Persentil 95

Untuk membandingkan konfigurasi yang telah dilakukan pada persentil 5 sebagai batas ekstrem bawah sampel, maka dilakukan pula analisis terhadap konfigurasi yang sudah diuji terhadap persentil 95 sebagai batas ekstrem atas sampel dalam *virtual environment*. Acuan simulasi masih berlandaskan postur ideal dari berbagai literature yang dibahas pada bab 2. Perbedaan yang terdapat pada persentil 95 dibandingkan dengan persentil 5 selain dimensi tubuhnya adalah nilai sudut lutut. Pada persentil 95 sudut siku yang disarankan ISO 1126 sebesar 115° dapat diterapkan dengan baik. Sudut pandangan mata yang digunakan pada persentil 95 sama dengan persentil 5 yaitu 30° ke arah bawah.

4.2.2.1 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 1

Pada pengujian untuk kuadran 1 terdapat empat konfigurasi yang akan diuji dan dapat dilihat kombinasi variabelnya pada tabel 4.21. Dari pengujian yang dilakukan, nilai indeks postur tiap konfigurasi pada kuadran ini ditunjukkan oleh tabel 4.22. Konfigurasi dengan nilai indeks terkecil adalah konfigurasi 17 sebesar 0,85. Seperti yang terjadi pada persentil 5, posisi arah jam 9 pada sudut sandaran 15° meminimalisir fleksi siku sehingga mengurangi nilai risiko gangguan muskuloskeletal pada lengan bawah. Pada konfigurasi 18 bahkan terjadi peningkatan nilai risiko untuk lengan atas karena pada posisi arah jam 11 dengan kondisi sandaran yang naik 30° memaksa lengan atas dan bawah ikut naik untuk dapat melakukan *scaling* pada kuadran 1 secara tepat sasaran.

Tabel 4.21 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk *Scaling* Kuadran 1

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
17	Jam 9	15°	1
18	Jam 11	30°	
19	Jam 9	30°	
20	Jam 11	15°	

Tabel 4.22 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 1

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA						PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		Nilai Total
17	OK	669	1111	1	1	1	1	1	1	1	2	0.85
18	OK	666	1111	1	1	1	2	1	1	1	3	1.05
19	OK	573	1111	1	1	3	1	2	1	1	3	1.03
20	OK	627	1111	1	1	2	1	1	1	1	3	1.04

Catatan lain pada konfigurasi 18 adalah tidak bagusnya area pandang akibat terhalang oleh lengan yang terlalu naik akibat sandaran yang melandai. Pada gambar 4.15 dapat dilihat postur konfigurasi 17, sedangkan tabel 4.23 menunjukkan sudut bagian tubuhnya.

**Gambar 4.15** Posisi Kerja dengan Konfigurasi 17**Tabel 4.23** Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 17

PERSENTIL 95 KONFIGURASI 17	Kuadran 1	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0.4	
Fleksi Lengan Atas	-3.5	-2.5
Elevasi Lengan Atas	0	1.3
Sudut Siku	-9.9	-8.3
Abduksi Pergelangan Tangan	9	8.1

Tabel 4.24 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 17 (sambungan)

PERSENTIL 95 KONFIGURASI 17	Kuadran 1	
	Kanan	Kiri
Fleksi Pergelangan Tangan	9.6	9.6
Fleksi Punggung	10	
Punggung Menyamping	0.3	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	115	115

4.2.2.2 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 2

Pada kuadran 2 diuji empat konfigurasi yang ditunjukkan oleh tabel 4.24 berikut ini. Hasil pengujian berupa indeks postur ditunjukkan pula pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk *Scaling* Kuadran 2

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
21	Jam 9	15°	2
22	Jam 11	30°	
23	Jam 9	30°	
24	Jam 11	15°	

Tabel 4.26 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 2

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA						PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		Nilai Total
21	OK	992	1111	1	1	2	1	1	1	1	3	1.15
22	OK	960	1111	1	1	3	1	1	1	1	3	1.15
23	OK	993	1111	1	1	3	2	1	1	1	3	1.15
24	OK	939	1111	1	1	1	1	1	1	1	2	0.93

Untuk kuadran 2 nilai indeks postur terkecil berada pada konfigurasi 24 yaitu *scaling* dengan posisi arah jam 11 dan sudut sandaran 15°. Pada konfigurasi 24 untuk persentil 95 ini, tinggi kursi dokter gigi harus diatur pada tinggi 47,39 cm di saat *dental unit* diatur hingga ketinggian 49,35 cm. Pada posisi ini area mulut yang ditangani terletak tidak terlampau jauh dari siku, sehingga meminimalisir terangkatnya lengan dalam postur statis. Postur kerja konfigurasi 24 dapat dilihat pada gambar 4.16, sedangkan besar sudut bagian tubuhnya ditunjukkan oleh tabel 4.26.



Gambar 4.16 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 24

Tabel 4.27 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 24

PERSENTIL 95 KONFIGURASI 24	Kuadran 2	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0.4	
Fleksi Lengan Atas	3	-7.3
Elevasi Lengan Atas	2.9	11.6
Sudut Siku	7.2	9.1
Abduksi Pergelangan Tangan	10	9
Fleksi Pergelangan Tangan	1.8	-2.8
Fleksi Punggung	16	
Punggung Menyamping	0.3	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	115	115

4.2.2.3 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 3

Sama halnya seperti persentil 5, kuadran 3 juga merupakan bagian gigi yang memberikan nilai indeks postur terbesar saat ditangani oleh persentil 95. Konfigurasi yang diuji pada kuadran 3 ditunjukkan oleh tabel 4.27 berikut ini. Berdasarkan pengujian tersebut nilai indeks postur tiap konfigurasi ditunjukkan pada tabel 4.28. Simulasi menunjukkan bahwa nilai PEI terkecil diberikan oleh konfigurasi 28 pada posisi jam 11. Artinya dari simulasi pada kedua persentil menunjukkan bahwa posisi arah jam 11 baik untuk digunakan dalam menangani sisi gigi yang berjauhan dengan badan dokter gigi.

Tabel 4.28 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk *Scaling* Kuadran 3

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
25	Jam 9	15°	3
26	Jam 11	30°	
27	Jam 9	30°	
28	Jam 11	15°	

Tabel 4.29 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 3

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA							PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk	Nilai Total		
25	OK	980	1111	1	1	2	1	1	1	1	1	3	1.15
26	OK	960	1111	1	1	2	1	1	1	1	1	3	1.14
27	OK	1236	1111	1	2	3	1	2	1	1	1	4	1.42
28	OK	850	1111	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0.91

Permasalahan utama yang terjadi pada konfigurasi lain tetap berada pada area lengan. Tinggi kursi dokter gigi beserta *dental unit* untuk konfigurasi 28 diatur sama persis dengan tinggi pada konfigurasi 24. Seperti yang ditunjukkan pada persentil 5, konfigurasi dengan arah posisi kerja jam 9 dengan sudut sandaran 30° memberikan nilai indeks postur yang paling besar. Penyebab utamanya adalah adanya elevasi dan fleksi lengan atas diikuti oleh fleksi lengan bawah yang semakin besar dan kemungkinan ditambah dengan posisi lengan yang menyilang terhadap sumbu frontal. Postur kerja konfigurasi 28 serta besar sudut ideal pada konfigurasi tersebut secara berturut-turut dapat dilihat pada gambar 4.17 dan tabel 4.29 di bawah ini.

Pada sudut fleksi punggung terlihat bahwa nilai fleksi mencapai 17° namun tetap tidak menimbulkan risiko gangguan muskuloskeletal. Hal serupa juga ditemui pada konfigurasi 24, hal ini mungkin disebabkan perhitungan RULA yang akan mengevaluasi suatu postur memiliki nilai risiko 1 jika tulang punggung ditopang dengan baik oleh posturnya. Postur duduk secara relatif, lebih baik dibandingkan dengan postur berdiri dalam waktu lama. Distribusi beban yang baik saat duduk menjadi alasan hal ini terjadi didukung dengan perilaku duduk yang tepat. Hal inilah yang tidak terlihat pada kondisi aktual dimana nilai OWAS dan RULA mengindikasikan adanya risiko punggung akibat postur yang kurang tepat.



Gambar 4.17 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 28

Tabel 4.30 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 28

PERSENTIL 95 KONFIGURASI 28	Kuadran 3	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0.2	
Fleksi Lengan Atas	-5.7	-6.1
Elevasi Lengan Atas	6.5	0
Sudut Siku	8.9	6.5
Abduksi Pergelangan Tangan	-7.4	-6.3
Fleksi Pergelangan Tangan	-4.8	-12.2
Fleksi Punggung	17	
Punggung Menyamping	0.3	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	115	115

4.2.2.4 Konfigurasi untuk *Scaling* Kuadran 4

Kuadran 4 pada persentil 95 merupakan rangkaian konfigurasi terakhir yang diuji dalam *virtual environment*. Tabel 4.30 menunjukkan susunan konfigurasi yang diuji, kemudian hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.31 berupa indeks postur beserta nilai penyusunnya. Berbeda dengan hasil pada persentil 5 dimana nilai indeks posturnya saling berdekatan, pada persentil 95 konfigurasi dengan nilai indeks postur terbaik mutlak diperoleh oleh konfigurasi 29. Pada konfigurasi ini digunakan tinggi kursi dokter gigi pada 55 cm dengan tinggi *dental unit* minimum sehingga tidak jauh berbeda dengan saat

persentil 95 melakukan *scaling* pada posisi arah jam 11 untuk kuadran sebelumnya.

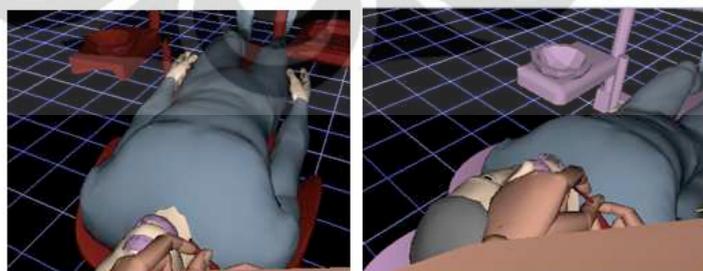
Tabel 4.31 Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk *Scaling* Kuadran 4

Nomor Konfigurasi	Posisi Kerja	Kemiringan Sandaran	Kuadran Gigi
29	Jam 9	15°	4
30	Jam 11	30°	
31	Jam 9	30°	
32	Jam 11	15°	

Tabel 4.32 Indeks Postur Konfigurasi yang Diuji pada Persentil 95 untuk Kuadran 4

Konfig.	SSP	LBA	OWAS		RULA						PEI	
			Kode	Nilai	Upper Arm	Lower Arm	Wrist	Wrist Twist	Neck	Trunk		Nilai Total
29	OK	626	1111	1	1	1	1	1	1	1	2	0.84
30	OK	615	1111	1	1	3	1	2	1	1	3	1.04
31	OK	574	1111	1	1	1	2	1	1	1	3	1.03
32	OK	624	1111	1	1	2	1	1	1	1	3	1.04

Pada dua konfigurasi lain yang diuji ditemukan adanya ketidaknyamanan bagi dokter gigi dalam memandang area sasaran yang hendak ditangani dengan *scaling*. Konfigurasi 30 dan 32 yang keduanya merupakan posisi kerja pada arah jam 11 menunjukkan bahwa pada posisi tersebut pandangan akan terhalang oleh lengan dokter gigi itu sendiri seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.18 ini. Pada konfigurasi ini juga hanya ditemukan beberapa kasus dengan risiko gangguan muskuloskeletal yaitu pada konfigurasi 32 dengan nilai risiko 3 serta ditemukan



Gambar 4.18 Area Pandangan Mata pada Konfigurasi 30 (Kiri) dan Konfigurasi 32 (Kanan) dalam *Virtual Environment*

pula pada konfigurasi 30 dan 31 yang risikonya berpusat pada area tangan yang terabduksi atau mengalami fleksi. Postur kerja terbaik pada konfigurasi 29 ditunjukkan oleh gambar 4.19 berikut ini yang diikuti penjabaran sudut tubuh yang ditunjukkan oleh tabel 4.32.



Gambar 4.19 Posisi Kerja dengan Konfigurasi 29

Tabel 4.33 Sudut Bagian Tubuh Persentil 95 pada Konfigurasi 29

PERSENTIL 95 KONFIGURASI 29	Kuadran 4	
	Kanan	Kiri
Fleksi Kepala	10	
Lateral Kepala	0	
Rotasi Kepala	0.2	
Fleksi Lengan Atas	-3	1.6
Elevasi Lengan Atas	0	4.8
Sudut Siku	-6.1	-8.4
Abduksi Pergelangan Tangan	8.3	6.6
Fleksi Pergelangan Tangan	-6.9	5.5
Fleksi Punggung	8	
Punggung Menyamping	0.3	
Rotasi Punggung	0	
Leg Splay	15	15
Sudut Lutut	115	115

4.3 Praktik *Scaling* yang Ergonomis pada Posisi Duduk

Profesi dokter gigi secara global memiliki masalah dalam mengatasi gangguan muskuloskeletal karena pekerjaannya yang melibatkan postur statis pada waktu yang lama (*prolonged static posture*). Studi literatur, evaluasi kondisi aktual, serta pengujian konfigurasi terbaik dalam tindakan *scaling* telah dilakukan untuk mencari kombinasi postur kerja yang ergonomis untuk dokter gigi. Pada subbab ini akan dibahas mengenai posisi duduk dalam tindakan *scaling* yang ergonomis dibandingkan dengan kondisi aktual serta usulan pedoman kerja

tindakan *scaling* pada posisi duduk terutama untuk mahasiswa tingkat profesi di universitas.

4.3.1 Perbandingan dengan Kondisi Aktual

Perlu diakui, jika mengacu pada berbagai literatur yang telah dirangkum sebelumnya maka kondisi aktual tindakan *scaling* memiliki postur kerja yang tidak ergonomis. Kondisi ini terjadi karena postur janggal yang dilakukan oleh dokter gigi itu sendiri, serta kurang baiknya interaksi antara dokter gigi dengan area kerjanya. Tidak heran, ditemukan keluhan gejala gangguan muskuloskeletal pada mahasiswa tingkat profesi terutama pada bagian leher, bahu, dan punggung. Untuk melihat perbedaan yang terjadi antara kondisi aktual yang diusulkan lewat uji konfigurasi dan studi literatur berikut ini adalah pembahasan untuk tiap kuadrannya pada setiap persentil.

4.3.1.1 Penanganan Kuadran 1 oleh Persentil 5

Berdasarkan studi literatur, nilai sudut konfigurasi 1 telah berada pada rentang batas ideal. Di sisi lain, sudut pada kondisi aktual memiliki deviasi dari batas ideal pada hampir seluruh bagian tubuh. Khusus untuk fleksi kepala, ditemukan bahwa ekstensi leher melebihi -5° memberikan risiko yang lebih besar pada leher, bersama dengan rotasi dan pergerakan lateral mengakibatkan nilai risiko terakumulasi secara besar. Begitu juga pada bagian lengan dimana terjadi elevasi dan fleksi yang besar. Postur punggung pada kondisi aktual juga menunjukkan rotasi yang sangat besar mengakibatkan tambahan risiko yang terakumulasi dengan fleksi dan pembungkuan lateral. Kondisi ini diperparah dengan distribusi beban pada kaki yang kurang baik terlihat pada besarnya *leg spaly* serta sudut lutut yang kecil mengakibatkan deviasi pada panggul dan posisi duduk yang tidak nyaman. Tercapainya konfigurasi 1 menunjukkan postur ideal dapat diterapkan pada area kerja yang telah ada dengan penekanan pada bagian kaki untuk distribusi beban yang baik. Kondisi aktual juga menegaskan gejala gangguan yang terjadi pada area leher, bahu dan punggung atas.

4.3.1.2 Penanganan Kuadran 2 oleh Persentil 5

Kuadran 2 adalah salah satu kuadran yang berada pada sisi bersebrangan dengan tubuh dokter gigi. Pada kondisi aktual terlihat bahwa elevasi lengan atas

mencapai nilai 36° yang melebihi batas maksimal literatur. Hal serupa terjadi pada fleksi lengan atas kiri yang mencapai 48.7° karena posisinya pada arah jam 9 dengan sudut sandaran 24° mengakibatkan tangan yang memegang kaca mulut harus berusaha meraih mukosa kuadran 2. Kondisi punggung juga tidak lebih baik dengan kuadran 1. Di sisi lain fleksi kepala tetap mengalami ekstensi namun pada batas yang dapat ditoleransi. Hal ini disebabkan gerakan punggung yang makin ekstrem pada gerakan lateral untuk gerakan melongok area kuadran yang agak terhalang jika dilihat dari posisi duduk dokter gigi. Nilai risiko punggung sebenarnya berisiko untuk berkurang dengan membaiknya distribusi akibat *leg splay* yang berada pada rentang ideal. Sayangnya, sudut lututnya terlalu besar sehingga kurang bisa mengurangi risiko postural yang terjadi. Kondisi aktual yang diberikan literatur pada dasarnya dapat diterapkan dengan tercapainya konfigurasi 8 yang berada pada batas rentang sudut ideal.

4.3.1.3 Penanganan Kuadran 3 oleh Persentil 5

Kuadran 3 merupakan bagian dengan nilai indeks postur cukup besar hal ini ditunjukkan oleh kondisi aktual dan juga nilai konfigurasi simulasi yang lebih besar relatif dengan nilainya pada konfigurasi lain. Tentu saja nilai pada kondisi aktual terutama di bagian lengan menunjukkan nilai-nilai yang melebihi ambang batas. Fleksi pada lengan atas kiri mencapai $51,8^\circ$ dan elevasi lengan atas kanan mencapai $37,1^\circ$. Abduksi yang besar pada pergelangan tangan juga terjadi pada kondisi aktual, seluruh nilai sudut ini dipicu oleh posisi duduk yang kurang nyaman serta posisi kerja pada jam 9 yang mempersulit persentil mencapai bagian *buccal posterior mandibularis*. Walaupun nilai *leg splay* relatif baik, namun sudut lutut tetaplah besar. Hal ini diikuti oleh postur punggung yang berisiko. Konfigurasi 12 yang menunjukkan postur ideal hasil simulasi menunjukkan walaupun memiliki nilai yang relatif lebih tinggi dibandingkan kuadran lainnya.

4.3.1.4 Penanganan Kuadran 4 oleh Persentil 5

Pada kuadran 4, ditemukan kondisi aktual yang berada diatas nilai ambang seperti yang ditemukan pada kuadran lainnya. Kondisi yang berisiko ditemukan pada lengan atas dan pergelangan tangan. Walaupun tindakan dilakukan pada

posisi arah jam 9, namun perpindahan gerakan dari kuadran 3 menyebabkan persentil 5 masih menggunakan sudut tubuh yang mendekati nilai kuadran 3.

4.3.1.5 Penanganan Kuadran 1 oleh Persentil 95

Pada persentil 95 ditemukan nilai risiko punggung yang lebih rendah dibandingkan pada persentil 5 karena posturnya yang tidak terlalu ekstrim dan janggal. Nilai kondisi aktual pun masih berada di bawah sudut ideal. Untuk postur leher terdapat gerakan rotasi kepala yang menambah risiko pada bagian tubuh tersebut. Sudut lengan masih menjadi masalah yang sama dengan persentil 5 karena nilai risikonya relatif besar. *Leg splay* pada kondisi aktual lebih dari sudut ideal, begitu juga sudut lutut yang terlalu kecil sehingga dikategorikan sebagai posisi berdiri dengan lutut yang dibengkokkan berdasarkan distribusi bebannya. Berdasarkan simulasi, postur ideal dapat dicapai dengan batasan dimensi area kerja yang ada.

4.3.1.6 Penanganan Kuadran 2 oleh Persentil 95

Pada kuadran 2, persentil 95 berhasil mempertahankan risiko punggungnya pada nilai yang rendah begitu juga dengan nilai risiko lehernya. Nilai yang melebihi batas masih terletak pada bagian lengan dan kaki. Posisinya yang berada pada arah jam 10 membantu persentil 95 untuk mempertahankan fleksi punggung serta lehernya. Namun, nilai elevasi lengan yang besar tetap terjadi pada lengan kiri. Untuk konfigurasi 24 itu sendiri, nilai abduksi pergelangan tangan berada pada nilai ambang namun masih dapat ditolerir. Jika dibandingkan dengan posisi arah jam 10, posisi arah jam 11 memiliki nilai abduksi pergelangan tangan yang lebih kecil. Sehingga memberikan risiko yang lebih rendah dibandingkan aktual. Perbandingan nilai tersebut dapat dilihat pada tabel 4.38 berikut ini.

4.3.1.7 Penanganan Kuadran 3 oleh Persentil 95

Dalam kuadran 3, terdapat peningkatan pada nilai risiko punggung. Terjadi peningkatan drastis dari 4.2° menjadi 13.6° walaupun tidak terjadi perubahan yang signifikan pada leher. Walaupun menurut standar RULA pada posisi duduk nilai fleksi punggung dapat mencapai 20° , namun karena tidak meratanya distribusi beban saat duduk maka nilai 10° sudah menjadi ambang sudut postur.

Kontribusi *leg splay* serta sudut lutut pada distribusi beban mempengaruhi apakah bagian tubuh atas ditopang dengan baik oleh bantalan duduk yang ada. Pada kondisi aktual, postur duduk yang ada tidak menopang tubuh bagian atas dengan baik sehingga dengan lutut yang tertekuk menambah risiko pada punggung. Kuadran 3 memberikan nilai indeks postur yang paling berisiko bisa dilihat bahwa lengan atas mengalami deviasi yang berpotensi menimbulkan risiko gangguan muskuloskeletal karena nilai sudutnya yang besar relatif terhadap sudut pada kuadran lain.

4.3.1.8 Penanganan Kuadran 4 oleh Persentil 95

Kondisi kuadran 4 secara aktual tidak terlampau berbeda dengan nilai pada kuadran 3, namun terjadi pengurangan nilai fleksi dan rotasi punggung sehingga sedikit merubah nilai LBA. Distribusi beban pada kaki serta bagian lengan masih mengalami deviasi yang melampaui ambang sudut ideal. Yang perlu diperhatikan adalah adanya peningkatan deviasi sudut pergelangan tangan sebanyak kurang lebih 10°. Perilaku postur yang sama seperti persentil 5 terlihat pada persentil 95. Terlihat dari sudut tubuhnya, bahwa persentil 95 nampaknya hanya merubah posisi tangannya tanpa merubah banyak pada postur punggung, kaki atau leher. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh posisi kerjanya yang tetap berada pada arah jam 10.

4.3.2 Panduan Postur Duduk yang Ergonomis pada Tindakan *Scaling*

Dari seluruh analisis berdasarkan *virtual environment* bisa dilihat bahwa postur duduk yang ergonomis mengacu pada berbagai batas literatur dapat diterapkan pada tindakan *scaling* dengan kondisi area kerja yang ada melingkupi area *dental unit* dan kursi dokter giginya. Gejala gangguan muskuloskeletal yang terjadi pada area leher, bahu, dan punggung disebabkan oleh postur yang melebihi sudut batas ideal terutama pada bagian lengan yang secara konsisiten memiliki nilai sudut melebihi ambang. Adapun postur duduk yang sangat ideal dapat mengikuti nilai-nilai yang ditampilkan pada tabel 3.9 beserta hasil analisis konfigurasi mengenai posisi kerja serta pengaturan area kerja.

Sebagai sarana edukasi yang merupakan tindakan preventif dalam mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal pada dokter gigi, maka dibuatlah

panduan tindakan *scaling* yang ergonomis pada mahasiswa tingkat profesi FKG-UI di klinik Integrasi RSGMP. Panduan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman bagi para mahasiswa yang nantinya akan menjalani profesi sebagai dokter gigi di masa depan. Panduan yang akan dibuat akan mengikuti format prosedur standar di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia yang didalamnya terdiri dari empat komponen utama yang ditunjukkan pada gambar 4.20 yaitu judul, hasil yang diharapkan, tolok ukur serta prosedur.

JUDUL PROSEDUR	
Hasil yang Diharapkan	_____

Tolok Ukur	_____

Prosedur	
1.	_____
2.	_____
3.	_____

Gambar 4.20 Format Prosedur pada Fakultas Kedokteran Gigi UI

Judul prosedur yang akan dibuat adalah Postur Kerja yang Ergonomis untuk Tindakan *Scaling* pada Posisi Duduk. Hasil yang diharapkan dari panduan ini adalah berkurangnya risiko gangguan muskuloskeletal pada dokter gigi dalam jangka panjang. Sedangkan, tolak ukur dari panduan ini adalah berkurangnya frekuensi dilakukannya postur janggal dan berkurangnya gejala gangguan muskuloskeletal yang dapat muncul seperti nyeri otot. Adapun prosedur yang akan diusulkan terdiri dari poin-poin berikut ini.

1. Posisi Tubuh terhadap Area Kerja
 - a. Lakukan persiapan *dental unit* dan instrumen pendukung *scaling*
 - b. Aturilah *dental unit* sesuai dengan kuadran yang akan dibersihkan karang giginya menggunakan pedoman berikut,
 - i. Untuk kuadran 1 dan 4 gunakan posisi kerja arah jam 9 dengan spesifikasi area kerja berikut ini,

Persentil 5: Sudut sandaran *dental unit* 15°

Tinggi *dental unit* 44,8 cm (mendekati titik terendah DU)

Tinggi kursi dokter gigi 58,97 cm (mendekati titik tertinggi)

Persentil 95: Sudut sandaran *dental unit* 15°

Tinggi *dental unit* 46,75 cm (mendekati titik terendah DU)

Tinggi kursi dokter gigi 46,7 cm (mendekati titik terendahnya)

ii. Untuk kuadran 2 dan 3, gunakan posisi kerja arah jam 11 dengan spesifikasi area kerja berikut ini,

Persentil 5: Sudut sandaran *dental unit* 15°

Tinggi *dental unit* 45,69 cm (mendekati titik terendah DU)

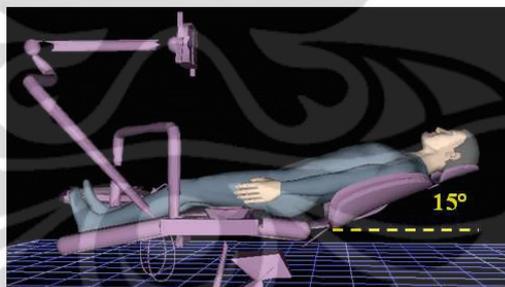
Tinggi kursi dokter gigi 55,83 cm (± 4 cm sebelum titik tertingginya)

Persentil 95: Sudut sandaran *dental unit* 15°

Tinggi *dental unit* 51.02 cm (± 9 cm di atas titik terendah DU)

Tinggi kursi dokter gigi 48,9 cm (± 4 cm di atas titik terendahnya)

Gambaran pengaturan derajat sandaran *dental unit* dapat dilihat pada gambar 4.21 berikut ini.



Gambar 4.21 Pengaturan Derajat Sandaran *Dental Unit* pada Sudut 15°

Catatan: Ukuran pedoman yang dijabarkan pada poin (b) di atas didasari oleh data Anthropometri Indonesia oleh Chuan, Hartono, dan Kumar (2010) serta dimensi *dental unit* dan kursi dokter gigi yang dipakai pada klinik Integrasi RSGMP FKG-UI tahun 2011.

c. Posisikan *tray dental unit* pada area yang dapat dijangkau oleh lengan tanpa melakukan banyak usaha untuk mencapainya.

2. Postur Kerja Ergonomis Dokter Gigi

a. Implementasikan postur yang simetris (ditunjukkan pada gambar 4.22),

- i. Sedapat mungkin hindari gerakan yang menyebabkan lengan bawah bergerak melewati garis tengah simetri tubuh (sumbu vertikal tubuh)
 - ii. Duduklah dengan posisi senyaman mungkin dengan area mulut yang ditangani berada pada kisaran garis tengah simetri tubuh (sumbu vertikal tubuh).
- b. Kedua kaki harus sedapat mungkin merenggang dengan sudut 30-45°
- c. Sedapat mungkin lakukan *scaling* dengan posisi punggung tegak



Gambar 4.22 Postur yang Simetris

(Sumber: Anghel, Mirella et.al., *Musculoskeletal Disorders (MSDs) – Consequences of Prolonged Static Postures*, Journal of Experimental Medical & Surgical Research Year XIV; No. 4/2007: p.167 – 172)

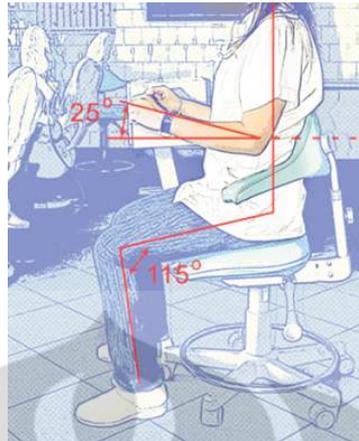
- i. Gunakan sandaran punggung untuk menjaga postur tetap tegak
 - ii. Sedapat mungkin menjaga punggung untuk tidak membungkuk melebihi 20° dari sumbu vertikal punggung
 - iii. Demi mengurangi risiko gangguan muskuloekeltal pada punggung, tidak disarankan untuk membungkuk melebihi 60° lebih dari 5% waktu total kerja.
 - iv. Sedapat mungkin tidak membengkokan punggung ke samping lebih dari 10° saat bekerja.
 - v. Jika terdapat gerakan memutar punggung melebihi 10 derajat, maka hindari postur tersebut dilakukan lebih dari 10% waktu kerja
- d. Sedapat mungkin hindari aktivitas memutar leher dan menundukkan kepala melebihi 10° dengan menggerakkan bola mata.

- e. Lengan harus berada sedekat mungkin dengan tubuh
 - i. Hindari gerakan mengangkat lengan atas ke samping (abduksi) melebihi 10°
 - ii. Hindari gerakan menggerakkan lengan atas ke arah depan melebihi 15°
 - iii. Penggunaan penyangga lengan untuk mengurangi risiko muskuloskeletal pada bahu saat mengangkat atau menggerakkan lengan melebihi sudut yang telah di sebutkan pada poin e (i) dan e (ii) seperti pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Penggunaan Penyangga Siku saat *Scaling*

- f. Lengan bawah harus sedapat mungkin berada pada posisi horizontal
 - i. Usahakan untuk bekerja dengan sudut siku kurang dari 10° dimana area kerja berada ± 5 cm di atas posisi normal siku (dengan posisi 0° pada siku yang bersudut 90°).
 - ii. Jika terpaksa lengan bawah dapat diangkat hingga 25° sebagai sudut batas atasnya (dapat dilihat pada gambar 4.21)
- g. Sedapat mungkin hindari postur pergelangan tangan yang dibengkokkan karena aktivitas menjangkau dan meraih sesuatu pada posisi yang sulit melebihi 10° .
- h. Sudut lutut yang dibentuk oleh tulang kering dan paha sebaiknya berada pada rentang 95° - 135° dengan sudut ideal 115° (dapat dilihat pada gambar 4.24)
- i. Telapak kaki harus menyentuh lantai untuk mendistribusikan beban tubuh.



Gambar 4.24 Sudut Maksimal Lutut dan Sudut Siku yang Disarankan

(Sumber: Anghel, Mirella et.al., *Musculoskeletal Disorders (MSDs) – Consequences of Prolonged Static Postures*, Journal of Experimental Medical & Surgical Research Year XIV; No. 4/2007: p.167 – 172) “telah diolah kembali”

j. Perilaku Duduk

- a. Lakukanlah jeda minimal setiap 20% dari waktu kerja untuk mengistirahatkan lengan yang banyak berada pada postur statis atau gerakan repetitif selama *scaling*.
- b. Lakukanlah perubahan posisi sesering mungkin antarjeda dalam batasan sudut yang diperbolehkan untuk mengurangi pembebanan berlebih pada satu bagian tubuh tertentu terutama pada area paha dan panggul, contohnya dengan menggerakkan panggul ketika pasien sedang berkumur.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa gangguan muskuloskeletal merupakan masalah global dalam bidang profesi kedokteran gigi. Gejala gangguan ini tidak hanya ditemukan pada dokter gigi senior tetapi juga ditemukan pada mahasiswa/i yang sedang menjalani pendidikan keprofesian di rumah sakit. Hasil kuesioner Nordic menunjukkan bahwa gejala gangguan yang sering dialami oleh mahasiswa/i kedokteran gigi berada pada bagian tubuh leher, bahu, punggung atas, dan punggung bawah.

Posisi duduk merupakan posisi praktik yang paling sering dilakukan oleh para dokter gigi. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa pembersihan karang gigi (*scaling*) merupakan tindakan yang paling sering dilakukan selama praktik di klinik. Terlebih lagi, diakui bahwa *scaling* dianggap sebagai tindakan yang paling membebani secara fisik karena adanya unsur postur statis dalam waktu yang lama (*prolonged static posture*) serta postur janggal saat menangani pasien. Dengan bantuan *motion capture* dan *software* Jack, evaluasi terhadap postur aktual dilakukan. Hasilnya, tindakan *scaling* memiliki nilai indeks postur dengan risiko munculnya gangguan muskuloskeletal terutama pada bagian atas tubuh seperti lengan, punggung, dan leher.

Hasil analisis postur menunjukkan terdapat risiko munculnya gangguan muskuloskeletal yang besar saat dokter gigi menangani kuadran 3 gigi pasien. Hal ini disebabkan oleh postur janggal yang dapat muncul saat dokter gigi berusaha menjangkau kuadran tersebut yang berada pada sisi yang berlawanan dari tubuh dokter gigi. Untuk itulah dilakukan simulasi pada *virtual environment* untuk mengetahui bagaimana strategi untuk mengurangi risiko muskuloskeletal yang dapat timbul akibat postur janggal pada tindakan *scaling*.

Simulasi pada *virtual environment* menunjukkan bahwa postur ideal yang berada di bawah nilai sudut ambang berbagai literatur dapat diterapkan. Postur ideal merupakan postur dimana dokter gigi melakukan *scaling* tanpa melakukan postur janggal yang meliputi pembungkukan punggung, penundukkan leher, serta

pengangkatan lengan dengan sudut yang ekstrem dan deviasi yang melebihi sudut ambang. Terdapat dua faktor yang mempengaruhi timbulnya postur janggal yaitu interaksi antara dokter gigi dengan area kerjanya serta sudut tubuh orang itu sendiri. Deviasi sudut tubuh dapat dikurangi dengan adanya pemahaman mengenai postur kerja yang baik saat *scaling*. Sedangkan, untuk interaksi dengan area kerja ditemukan beberapa konfigurasi yang dapat mengurangi risiko muskuloskeletal pada tindakan *scaling*.

Simulasi pada *virtual environment* menunjukkan, penanganan kuadran 1 dan 4 gigi sebaiknya dilakukan dari posisi arah jam 9 dengan sudut kemiringan sandaran *dental unit* 15° dimana pasien hampir merebahkan dirinya. Kemudian, untuk persentil 5 tinggi *dental unit* diatur pada ketinggian 44,8 cm serta kursi dokter gigi diatur pada ketinggian 58,97 cm. Sedangkan, untuk persentil 95 tinggi *dental unit* diatur pada 46,75 cm serta kursi dokter gigi diatur pada 46,7 cm. Selanjutnya, penanganan *scaling* untuk kuadran 2 dan 3 sebaiknya dilakukan dari posisi arah jam 11 dengan sudut sandaran *dental unit* 15° . Untuk persentil 5 ketinggian *dental unit* diatur pada 45,69 cm serta kursi dokter gigi pada 55,83 cm. Sedangkan, untuk persentil 95 ketinggian *dental unit* diatur pada 51,02 cm dengan tinggi kursi dokter gigi 48,9 cm. Pengaturan ketinggian tersebut disesuaikan sehingga tidak terjadi pengangkatan lengan yang terlalu tinggi akibat sulit menjangkau area kerja. Rekomendasi yang diberikan dituangkan dalam suatu panduan kerja yang dapat dibaca dan diterapkan oleh para dokter gigi yang melakukan praktik dalam kesehariannya. Jika memungkinkan penggunaan kaca pembesar yang cocok (*magnifying glass*) dapat membantu tingkat ketelitian kerja dokter gigi tanpa menimbulkan postur janggal.

5.2 Saran

Masalah gangguan muskuloskeletal pada dokter gigi adalah masalah yang memerlukan peran serta berbagai pihak agar dapat terselesaikan secara menyeluruh. Pihak penyelenggara pendidikan kedokteran gigi dapat memberikan pengajaran secara lebih detil dan aplikatif tentang postur kerja yang ergonomis saat *scaling*. Diharapkan pihak supervisor klinik, dosen, serta departmen Kedokteran Gigi Preventif dan Kesehatan Masyarakat dapat melakukan penyuluhan mengenai pentingnya melakukan tindakan *scaling* dalam postur yang

ergonomis. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan kesadaran para dokter gigi sendiri dalam mengaplikasikan postur yang berada di bawah nilai sudut ambang dalam praktiknya.

Dari sisi interaksi dokter gigi terhadap area kerjanya, diperlukan adanya kerja sama dengan pihak perancang serta pembuat alat-alat dan instrumen kedokteran gigi terutama kursi dokter gigi dan *dental unit*. Kursi dokter gigi yang ada, memiliki dimensi yang kurang menunjang para dokter gigi untuk melakukan praktiknya dalam posisi yang ergonomis. Oleh karena itu, data antropometri yang telah dikumpulkan pada penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk membuat produk yang mendukung terciptanya postur ergonomis pada dokter gigi di saat praktik. Implementasi data antropometri pada desain kursi dokter gigi contohnya dapat digunakan untuk menentukan tinggi kursi dokter gigi serta *dental unit* yang tepat berdasarkan tinggi popliteal dokter gigi yang diambil dari *database* antropometri Indonesia. Pihak perancang atau produsen juga dapat membuat suatu alat yang mempermudah terciptanya postur ideal seperti alat yang dapat memberi tahu dokter gigi apabila postur janggal telah terjadi selama praktik. Dengan begitu, evaluasi pribadi dapat dilakukan terhadap setiap individu dan membiasakan diri mereka untuk menjaga posturnya selama praktik dalam batas-batas sudut yang ergonomis.

DAFTAR REFERENSI

- Anghel, Mirella, Argeşanu, Veronica, Talpoş-Niculescu, Cristina, Lungeanu, Diana. (2007) Musculoskeletal Disorders (MSDs) – Consequences of Prolonged Static Postures, *Journal of Experimental Medical & Surgical Research Year XIV*, 4, 167 – 172.
- Bartlett, Roger. (2007). *Introduction to Sports Biomechanics: Analysing Human Movement Patterns Second Edition*. New York: Taylor & Francis e-Library.
- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics: Third Edition*. London: Taylor & Francis Group.
- Blanchonette, Peter. (2010). *Jack Human Modelling Tool: A Review*. Victoria: Air Operations Division Defence Science and Technology Organizations.
- Caputo, F., Di Gironimo, G., Marzano, A. (2006). Ergonomic Optimization of a Manufacturing System Work Cell in a Virtual Environment. *Acta Polytechnica*, Vol.46 No.5/2006.
- Chuan, Tan Kay, Hartono, Markus, dan Kumar, Naresh. (2010). Anthropometry of the Singaporean and Indonesian Populations. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 757-766.
- Crawford, L. et.al., (2005). Work Environment and Occupational Health of Dental Hygienists: A Qualitative Assesment. *Journal of Occupational Environment Medicine*, 47, 623 – 632.
- Darwita, Risqa Rina, Effendi, Fikry, Moch., Boy Nurtjahyo, dan Muslim, Erlinda. (2011). *Faktor Risiko Gangguan Muskuloskeletal pada Dokter Gigi di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia*. Jakarta: Departemen Ilmu Kesehatan Gigi Masyarakat dan Kedokteran Gigi Pencegahan.
- Delleman, Nico J., Haslegrave, Christine M., dan Chaffin, Don B. (2004). *Working Postures and Movements: Tools for Evaluation and Engineering*. Florida: CRC Press.
- De Palma, A.F. (1983). *Biomechanics of the Shoulder in Surgery of the Shoulder 3rd Edition*. Philadelphia: J.B. Lippincot.
- Direktorat Bina Kesehatan Kerja, Direktorat Bina Kesehatan Masyarakat, Departemen Kesehatan RI, *Strategi Nasional Kesehatan Kerja di Indonesia*, Departemen Kesehatan, Jakarta, (2007), Katalog 613.63 Ind.
- Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia. (2006). *Standar Prosedur Operasional Rumah Sakit Gigi dan Mulut Pendidikan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Indonesia*. Jakarta: Author.

- Genco, Robert J., Goldman, Henry M. dan Cohen, D. Walter. (1990). *Contemporary Periodontics*. Philadelphia: The C.V. Mosby Company.
- Hayes, M.J. et.al. (2009). A Systematic Review of Musculoskeletal Disorders among Dental Professionals, *International Journal of Dental Hygiene*, 7, 159 – 165.
- Hedge, A., Morimoto, S., dan McCrobie, D. (1999). Effects of Keyboard Tray Geometry on Upper Body Posture and Comfort, *Ergonomics*, 42 (10), 1339-1349.
- Helander, Martin. (2006). *A Guide to Human Factors and Ergonomics: Second Edition*. Danvers: CRC Press.
- Henry Dreyfuss Associates. (1993). *The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design*. Whitney Library of Design.
- Hokwerda, Oene, Wouters, Joseph, de Ruijter, Rolf, dan Zijlstra-Shaw, Sandra. (2005). *Ergonomic Requirements for Dental Equipment: Guidelines and Recommendations for Designing, Constructing and Selecting Dental Equipment*. Bensheim: European Society of Dental Ergonomics.
- Ismail, A.R. et.al. (2009). *Assesment of Postural Loading among the Assembly Operators: A Case Study at Malaysian Automotive Industry*. EuroJournals Publishing Inc.
- Kalawsky, R. (1993). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Gambridge: Addison-Wesley Publishing Company.
- Karwowski, Waldemar. (2001). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors: Volume 1*. London: Taylor & Francis Inc.
- Kvanli, Alan H., Pavur, Robert J., dan Keeling, Kellie B. (2003). *Introduction to Business Statistics: A Microsoft Excel Integrated Approach Sixth Edition*. Ohio: South-Western Thomson Learning.
- Leggat, P.A. et.al. (2007). Occupational Health Problems in Modern Dentistry, *Industrial Health*, 45, 611 – 621.
- Lehto, Tero U. et.al. (1991). Musculoskeletal Symptoms of Dentists Assesed by A Multidisciplinary Approach, *Community of Dental Oral Epidemiology*, 19, 38 – 44.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia, (2007) *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 432/MENKES/SK/IV/2007*. Jakarta: Departemen Kesehatan.

- Morse, T. et.al. (2007). Musculoskeletal Disorders of the Neck and Shoulder in Dental Hygienists and Dental Hygiene Students, *Journal of Dental Hygiene*, 81 (1).
- Niebel, Benjamin, dan Freivalds, Andris. (2003). *Methods, Standards, and Work Design: Eleventh Edition*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Nordin, Margareta dan Frankel, Victor H. (2001). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System: Third Edition*. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins.
- Parent, Rick et.al. (2010). *Computer Animation Complete All-in-One: Learn Motion Capture, Characteristic, Point-Based, and Maya Winning Techniques*. Burlington: Elsevier Inc.
- Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics, and the Design of Work*. Philadelphia: Taylor & Francis Inc.
- Sanders, Martha J. (2004). *Ergonomics and the Management of Musculoskeletal Disorders: Second Edition*. Missouri: Butterworth-Heinemann.
- Siemens PLM Software Inc. (2008). *Jack User Manual Version 6.0*. California: Author.
- Stanton, Neville et.al. 2005. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Florida: CRC Press.
- The Henry J. Kaiser Family Foundation. (2006, Mei). *Comparing Projected Growth in Health Care Expenditures and the Economy*. Health Care Marketplace Project. 2 Mei 2006. <http://www.kff.org/insurance/snapshot/chcm050206oth2.cfm>.
- Wilson, J.R., Brown, D.J. Cobb, S.V. D’Cruz, M.D. dan Eastgate, R.M. (1995). Manufacturing Operations in Virtual Environments. *Presence, Teleoperators and Virtual Environments*, 4, 306–317.
- Yee, T. et.al. (2005). Work Environment of Dental Hygienists, *Journal of Occupational Environment Medicine*, 47, 633 – 639.
- Yousef, Mohammed K. dan Al-Zain, Afnan O. (2009). Posture Evaluation of Dental Students *Journal of King Abdulaziz University Medical Science Vol.16, 2*, 51-68.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner Nordic *Body Discomfort*

Setelah mengisi kuesioner sebelumnya, mohon mengisi diagram di bawah ini sesuai dengan bagian tubuh yang dirasa mengalami nyeri, sakit, atau tidak nyaman akibat aktivitas praktik Anda sebagai dokter gigi. Terima Kasih.

	Pada seminggu terakhir seberapa sering Anda merasakan nyeri, sakit, dan ketidaknyamanan akibat kerja pada:				Bagaimanakah intensitas dari rasa nyeri, sakit, maupun ketidaknyamanan, yang Anda rasakan?			Apakah rasa nyeri, sakit, dan ketidaknyamanan tersebut mengganggu kemampuan Anda dalam bekerja?		
	Tidak pernah	1 – 2 kali	3 – 4 kali	Sekali > 1 kali dalam sehari	Ringan	Sedang	Sangat tidak nyaman	Tidak sama sekali	Agak Mengganggu	Sangat Mengganggu
Leher	<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"/>
Bahu (Kanan)	<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"/>
Bahu (Kiri)	<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"/>
Punggung Atas	<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"/>
Lengan (Kanan)	<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"/>
Lengan (Kiri)	<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"/>
Punggung Bawah	<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"/>
Lengan (Kanan)	<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"/>
Lengan (Kiri)	<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"/>
Pergelangan (Kanan)	<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"/>
Tangan (Kiri)	<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"/>
Pinggul / Pantat	<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"/>
Paha (Kanan)	<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"/>
Paha (Kiri)	<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"/>
Lutut (Kanan)	<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"/>
Lutut (Kiri)	<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"/>
Tungkai (Kanan)	<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"/>
Kaki (Kiri)	<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"/>
Kaki (Kanan)	<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"/>
Kaki (Kiri)	<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"/>

Lampiran 2 Kuesioner Identifikasi Awal Klinik Integrasi FKG-UI

Selamat pagi/siang/sore, saya adalah mahasiswa Universitas Indonesia yang sedang melakukan tugas akhir. Saya ingin meneliti mengenai keluhan kesehatan akibat kerja pada profesi dokter gigi. Oleh karena itu, saya memohon kesediaan Anda untuk membantu mengisi beberapa pertanyaan pada kuesioner ini. Pilihlah jawaban yang paling sesuai dengan kondisi dan pendapat Anda. Saya menjamin kerahasiaan dari informasi yang Anda berikan dan hanya akan menggunakan informasi ini untuk kepentingan penelitian akademis. Atas informasi, waktu, dan perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Jenis Kelamin: Pria / Wanita (lingkari salah satu)

Tinggi:.....cm

Angkatan:.....

Berat:.....kg

Usia:tahun

1. Sudah berapa lama Anda praktik di klinik ini?

- a) < 6 bulan c) 12 – 18 bulan
b) 6-12 bulan d) 18 – 24 bulan

2. Berapa pasien rata-rata yang Anda kerjakan dalam sehari?

- a) < 5 pasien c) 10 – 15 pasien
b) 5 – 10 pasien d) > 15 pasien

3. Dalam sehari, rata-rata berapa jam waktu yang Anda gunakan untuk praktik di klinik RSGM-P FKG Universitas Indonesia?jam

4. Berapa lama rata-rata waktu yang Anda butuhkan pada satu pasien untuk melakukan tindakan perawatan gigi?

- a) < 30 menit c) 45 – 60 menit e) 90 – 120 menit
b) 30 – 45 menit d) 60 – 90 menit f) Lain-lain.....

5. Anda adalah seorang dokter gigi yang memiliki tangan dominan:

- a) Tangan kanan (right-handed) b) Tangan kiri / kidal (left-handed) c) Kedua tangan

6. Tindakan praktik apa yang PALING sering Anda lakukanselama masa praktik di klinik ini?

- a) Pemeriksaan gigi berkala d) Pencabutan gigi g) Lain-lain.....
b) Pembersihan karang gigi e) Operasi / pembedahan
c) Penambalan gigi (termasuk bor) f) Perawatan saluran akar

7. Tindakan praktik apa yang Anda rasa membebani secara fisik dan menimbulkan rasa nyeri, sakit, atau kaku pada bagian tubuh tertentu?

- a) Pemeriksaan gigi berkala d) Pencabutan gigi g) Lain-lain.....
b) Pembersihan karang gigi e) Operasi / pembedahan
c) Penambalan gigi (termasuk bor) f) Perawatan saluran akar

Universitas Indonesia

Lampiran 3 Data Persentil Anthropometri Indonesia

Dimension	Male citizens				Female citizens			
	5th	50th	95th	SD	5th	50th	95th	SD
1. Stature	162	172	183	6.23	150	159	169	5.76
2. Eye height	151	160	172	6.3	139	148	158	6.12
3. Shoulder height	134	143	155	6.41	123	132	141	5.91
4. Elbow height	99	107	114	5.12	91	99	108	6.4
5. Hip height	83	95	105	6.76	78	88	97	5.91
6. Knuckle height	68	75	82	4.75	63	70	78	4.37
7. Fingertip height	58	64	71	4.82	54	60	65	3.67
8. Sitting height	80	89	96	5.24	78	83	90	4.7
9. Sitting eye height	69	76	84	4.58	67	73	80	5.83
10. Sitting shoulder height	52	59	67	6.27	51	56	63	4.94
11. Sitting elbow height	19	24	30	4.74	19	25	32	5.19
12. Thigh thickness	12	16	22	3.59	11	15	19	3.22
13. Buttock-knee length	48	56	64	4.89	45	53	60	4.81
14. Buttock-popliteal length	40	46	54	4.82	37	43	51	4.21
15. Knee height	46	54	62	5.21	43	50	60	5.27
16. Popliteal height	38	44	49	3.78	38	44	50	3.92
17. Shoulder breadth (bideltoid)	36	45	52	4.66	37	43	53	5.43
18. Shoulder breadth (biacromial)	31	37	43	3.61	33	38	44	3.56
19. Hip breadth	28	35	43	4.41	29	35	45	7.22
20. Chest (bust) depth	16	21	27	3.5	17	21	28	3.38
21. Abdominal depth	15	21	29	4.46	14	18	25	3.44
22. Shoulder-elbow length	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
23. Elbow-fingertip length	42	47	56	4.55	37	43	50	4.27
24. Upper limb length	68	76	84	6.39	62	70	77	4.69
25. Shoulder-grip length	56	65	73	6.29	54	60	68	4.3
26. Head length	17	20	24	2.21	15	18	22	3.95
27. Head breadth	15	18	22	2.06	14	17	21	2.48
28. Hand length	17	19	22	1.64	16	18	20	1.72
29. Hand breadth	7	9	11	1.09	6	8	10	4.85
30. Foot length	22	25	29	2.58	21	23	26	2.63
31. Foot breadth	8	10	12	3.96	7	9	11	2.2
32. Span	158	172	186	8.5	146	156	170	7.61
33. Elbow span	78	86	96	5.97	73	79	89	5.38
34. Vertical grip reach (standing)	192	206	221	10.54	174	186	204	9.1
35. Vertical grip reach (sitting)	112	122	136	7.9	101	113	124	7.2
36. Forward grip reach	64	73	81	5.89	61	67	76	4.39
37. Body weight (kg)	50	63	89.25	13.19	39.80	53	80	11.68