



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS POSISI KERJA BAGIAN PENGELASAN DI BENGKEL  
PERBAIKAN BODI KENDARAAN RODA EMPAT DENGAN  
MENGUNAKAN *VIRTUAL ENVIRONMENT MODELLING***

**SKRIPSI**

**PRASTIWA AGENG PRATAMA  
0906603732**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JANUARI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**ANALISIS POSISI KERJA BAGIAN PENGELASAN DI BENGKEL  
PERBAIKAN BODI KENDARAAN RODA EMPAT DENGAN  
MENGUNAKAN *VIRTUAL ENVIRONMENT MODELLING***

**SKRIPSI**

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

**PRASTIWA AGENG PRATAMA  
0906603732**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JANUARI 2012**


## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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



**Nama : Prastiwa Ageng Pratama**

**NPM : 0906603732**

**Tanda Tangan :** 

**Tanggal : 4 Januari 2012**






## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Prastiwa Ageng Pratama  
NPM : 0906603732  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Analisis Posisi Kerja Bagian Pengelasan Di Bengkel Perbaikan Bodi Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan *Virtual Environment Modelling*

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. (  )  
Pembimbing : Dwinta Utari, ST., MT., M.Sc. (  )  
Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE. (  )  
Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si. (  )  
Penguji : Ir. Dendi P. Ishak, MSIE. (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 4 Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik semesta alam dan penguasa atas segalanya yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA dan junjungan Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **“Analisis Posisi Kerja Bagian Pengelasan Di Bengkel Perbaikan Bodi Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan *Virtual Environment Modelling*”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan dan dorongan dari semua pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada :

1. Ibu, Bapak dan saudaraku yang selalu memberikan semangat, curahan kasih sayang, inspirasi hidup, bantuan dan do'a yang tulus.
2. Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE. selaku Dosen Pembimbing atas dukungan, masukan, motivasi dan bimbingannya dalam penyelesaian skripsi.
3. Bapak Ir. Muhammad Dachyar, MSc., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Seluruh staf pengajar dan karyawan dan karyawan di Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
5. Teman-teman '09, para asisten laboratorium ergonomi dan staf serta sahabat yang selalu memberikan dukungan, dorongan dan semangat.
6. Teman-teman bengkel Deal Workshop yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi.
7. Teman-teman bengkel L.A. Custom, DJM dan yang lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas kesediaan waktunya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini tidak lepas dari kekurangan, maka kritik dan saran sangat penulis harapkan, semoga sebuah karya ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya.

Depok, Januari 2012

Penulis

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

---

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

Nama : Prastiwa Ageng Pratama

NPM : 0906603732

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 :

**“Analisis Posisi Kerja Bagian Pengelasan Di Bengkel Perbaikan Bodi  
Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan *Virtual Environment  
Modelling*”**

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 : 4 Januari 2012

Yang menyatakan



( Prastiwa Ageng Pratama )

## ABSTRAK

Nama : Prastiwa Ageng Pratama  
NPM : 0906603732  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Tesis : Analisis Posisi Kerja Bagian Pengelasan Di Bengkel Perbaikan Bodi Kendaraan Roda Empat Dengan Menggunakan *Virtual Environment Modelling*

Penelitian ini mengkaji tentang analisis postur pekerja bagian pengelasan pada bengkel kendaraan roda empat di bengkel Deal Workshop. Analisis yang diperhitungkan adalah kondisi posisi kerja pekerja dan ketinggian benda kerja. Objek yang akan diteliti adalah pekerja bagian pengelasan yang melakukan proses pengelasan titik pada bagian *rocker panel*. Tujuan dari penelitian ini memperoleh posisi kerja saat ini dan mencari posisi kerja yang ergonomis dengan menggunakan *virtual environment modelling*. Hasil penelitian menunjukkan pose yang ergonomis adalah dengan posisi punggung tidak membengkok ke samping dan hanya membungkuk  $15^\circ$ , dan leher tidak membengkok ke samping. Dengan postur seperti ini didapat nilai RULA adalah 4 dan nilai OWAS adalah 1.

Kata kunci:

Postur, Ergonomis, RULA, OWAS, *Virtual Environment Modelling*.

## ABSTRACT

Name : Prastiwa Ageng Pratama  
NPM : 0906603732  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Analysis of Working Position In Welding Section At Four Wheel Body Repair By Using Virtual Environment Modelling

This study about the analysis of the posture of worker in the welding section in four-wheel vehicle workshop in the Deal Workshop. Analysis that counts is the condition of working condition and height of the workpiece. Object to be examined are the worker who perform welding process of spot welding on the rocker panel. The purpose of this study to obtain the position of the current work and looking for an ergonomic working position by using a virtual environment modelling. The result showed that ergonomic pose with your spine is not bent to the side and bent only  $15^\circ$ , and the neck does not bend to the side. With this posture, RULA obtained values is 4 and OWAS value is 1.

Key words:

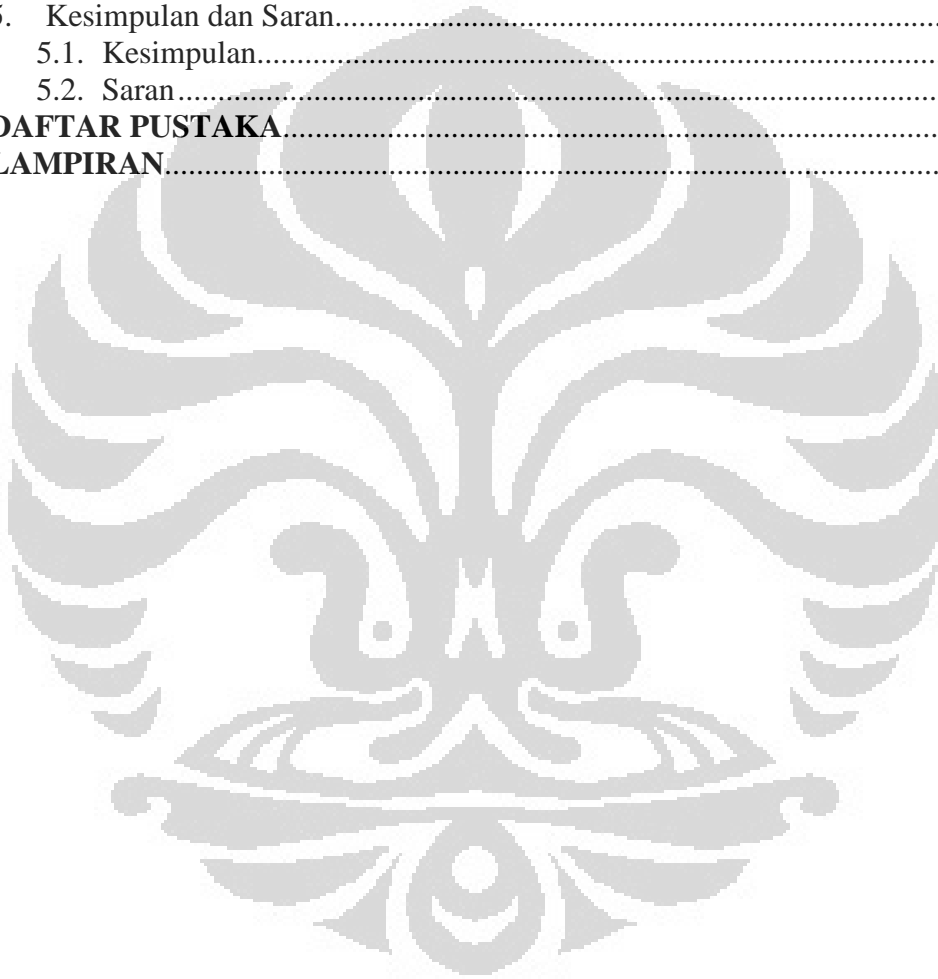
Posture, Ergonomics, RULA, OWAS, *Virtual Environment Modelling*.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Metodologi Penelitian.....	6
1.7. Sistematika Penulisan.....	8
<b>2. LANDASAN TEORI</b> .....	11
2.1. Ergonomi.....	11
2.1.1. Pengertian Ergonomi.....	11
2.1.2. <i>Work-related Musculoskeletal Disorders</i> (WMSDs).....	12
2.1.3. Antropometri.....	15
2.1.4. <i>Work Posture</i> .....	21
2.2. Analisis Ergonomi .....	22
2.2.1. <i>Rapid Upper Limb Analysis</i> (RULA).....	23
2.2.2. <i>Okavko Working Posture Analysis</i> (OWAS).....	24
2.3. <i>Virtual Environment</i> .....	26
2.3.1. <i>Software Jack 6.1</i> .....	26
2.3.2. <i>Vicon Nexus Motion Capture 1.5.1</i> .....	27
<b>3. PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL</b> .....	31
3.1. Tinjauan Umum Objek Penelitian.....	31
3.2. Pengumpulan Data.....	38
3.2.1. Data Identifikasi Masalah.....	38
3.2.2. Data Antropometri.....	44
3.2.3. Data Peralatan Lapangan.....	45
3.2.3.1. Kendaraan Perbaikan.....	45
3.2.3.2. <i>Gas Welding</i> .....	45
3.2.3.3. Peralatan Perkakas.....	48
3.2.3.4. Data Gerakan dan Bentuk Tubuh Pekerja.....	48
3.3. Pembuatan Model.....	49
3.3.1. Membuat Model <i>Environment</i> .....	49
3.3.2. Mengkalibrasi <i>Vicon Nexus Motion Capture</i> dan	



Mengatur Titik <i>Origin</i> .....	49
3.3.3. Memeragakan Model Menggunakan <i>Motion Capture</i> .....	52
3.3.4. Memindahkan Model ke <i>Software Jack 6.1</i> .....	54
3.4. Validasi Data.....	57
4. ANALISIS DAN PERBAIKAN.....	60
4.1. Analisis Model.....	60
4.1.1. <i>Rapid Upper Limb Analysis (RULA)</i> .....	60
4.1.2. <i>Ovako Working Analysis System (OWAS)</i> .....	65
4.2. Perbaikan.....	67
4.2.1. Pelaksanaan Perbaikan.....	67
4.2.2. Analisis Hasil Perbaikan.....	69
5. Kesimpulan dan Saran.....	85
5.1. Kesimpulan.....	85
5.2. Saran.....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	87
<b>LAMPIRAN</b> .....	89



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
Tabel 2.1.	Data Pengukuran Antropometri (mm) Pria dan Wanita Polandia Usia Antara 19 dan 65 .....	17
Tabel 2.2.	Titik <i>Marker</i> yang Digunakan Pada Vicon Nexus.....	29
Tabel 3.1	Data Kendaraan yang Dikerjakan Selama Tahun 2011 .....	37
Tabel 3.2.	Rekapitulasi Kuisisioner Bagian Pertama .....	39
Tabel 3.3	Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Merasa Sering Tidak Nyaman .....	40
Tabel 3.4.	Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Mengganggu Tingkat Kenyamanan .....	41
Tabel 3.5.	Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Mempengaruhi Kinerja..	42
Tabel 3.6	Panjang <i>Rocker Panel</i> dan Jumlah Titik Pengelasan .....	43
Tabel 3.7	Data Antropometri Dari Lapangan .....	44
Tabel 3.8	Data Persentil dari Lapangan .....	44
Tabel 3.9	Data Pekerja Antropometri Indonesia.....	44
Tabel 3.10	Penilaian RULA Tabel A.....	58
Tabel 3.11	Penilaian RULA Tabel B .....	58
Tabel 3.12	Penilaian Akhir RULA Tabel C.....	58
Tabel 3.13.	Penilaian OWAS .....	59
Tabel 4.1	Data Nilai Posisi Kerja Aktual.....	67
Tabel 4.2	Posisi yang Akan Disimulasikan .....	68
Tabel 4.3	Rekapitulasi Simulasi Persentil 5.....	81
Tabel 4.4	Rekapitulasi Simulasi Persentil 95.....	82
Tabel 4.5	Rekapitulasi Validasi RULA .....	83
Tabel 4.6	Rekapitulasi Validasi OWAS.....	84
Tabel 4.7	Rekapitulasi Nilai Akhir RULA dan OWAS Sebelum-Sesudah Perbaikan.....	84

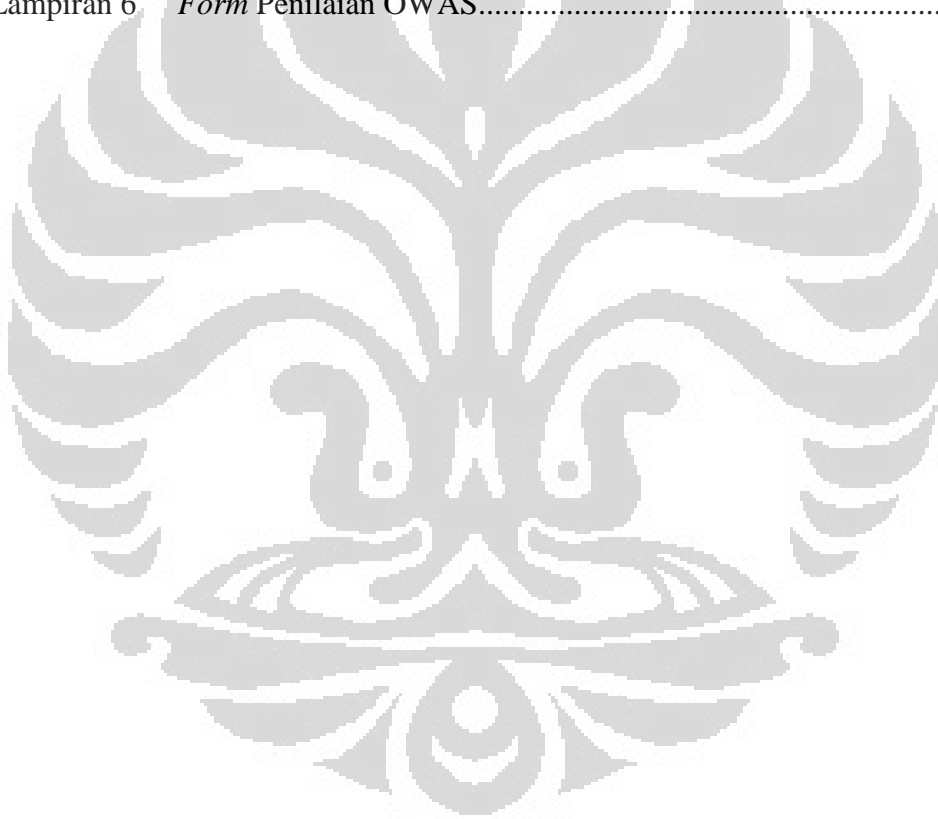
## DAFTAR GAMBAR

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah .....	5
Gambar 1.2. Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	8
Gambar 2.1 <i>Bursitis</i> .....	14
Gambar 2.2 <i>Carpal Tunnel Syndrom</i> .....	15
Gambar 2.3 Dimensi Tubuh .....	18
Gambar 2.4 Dimensi Tubuh .....	18
Gambar 2.5. Dimensi Tubuh.....	19
Gambar 2.6 Dimensi Tubuh.....	20
Gambar 2.7 Dimensi Tubuh .....	20
Gambar 2.8 Dimensi Tubuh.....	21
Gambar 2.9 Dimensi Tubuh.....	21
Gambar 2.10 Postur Kerja.....	22
Gambar 2.11 RULA Grup A.....	24
Gambar 2.12 RULA Grup B.....	25
Gambar 2.13 Kode OWAS Untuk Bagian Tubuh.....	25
Gambar 2.14 Tampilan Jack 6.1.....	28
Gambar 2.15 Konfigurasi Vicon Nexus.....	28
Gambar 3.1 Salah Beberapa Kendaraan yang Sedang Direstorasi.....	32
Gambar 3.2 Struktur Organisasi Bengkel Deal Workshop.....	33
Gambar 3.3 Diagram Alir Bengkel Deal Workshop.....	34
Gambar 3.4 Diagram Aliran Proses Perbaikan.....	35
Gambar 3.5 Diagram Alir Pekerjaan Bagian Pengelasan.....	36
Gambar 3.6 Kendaraan Dengan Kerusakan Kecil (kurang dari 30%).....	37
Gambar 3.7 Kendaraan Dengan Kerusakan Sedang (30%-60%).....	37
Gambar 3.8 Kendaraan Dengan Kerusakan Besar (lebih besar dari 60%).....	38
Gambar 3.9 <i>Rocker Panel</i> .....	40
Gambar 3.10 Toyota Corolla DX.....	46
Gambar 3.11 Honda Civic A/T.....	46
Gambar 3.12 Honda Life.....	46
Gambar 3.13 Klasifikasi Metode Penggabungan.....	47
Gambar 3.14 Gas <i>Welding</i> .....	47
Gambar 3.15 Peralatan Perkakas.....	48
Gambar 3.16 Posisi Kerja (kiri) Dan Bidang Kerja (kanan).....	48
Gambar 3.17 Diagram Alir Perancangan Model.....	50
Gambar 3.18 240mm <i>Wand</i> .....	50
Gambar 3.19 Gelombang <i>Wand</i> Saat Kalibrasi.....	51
Gambar 3.20 <i>L-frame</i> .....	51
Gambar 3.21 Kondisi Sebelum Dilakukan Titik <i>Origin</i> .....	52
Gambar 3.22 Kondisi Setelah Mengatur Titik <i>Origin</i> .....	52
Gambar 3.23 Posisi <i>T-pose</i> Sebelum Pemberian <i>Markers</i> .....	53
Gambar 3.24 Posisi <i>T-pose</i> Sesudah Pemberian <i>Markers</i> .....	53
Gambar 3.25 <i>T-pose</i> Setelah <i>Pipeline</i> dan <i>Labelling</i> .....	54
Gambar 3.26 Pengaturan Antropometri Dengan <i>Basic Scalling</i> .....	54

Gambar 3.27 Manekin yang Belum Disatukan.....	55
Gambar 3.28 Manekin yang Sudah Disatukan.....	55
Gambar 3.29 Data Persentil 5.....	56
Gambar 3.30 Data Persentil 95.....	56
Gambar 4.1 Model Manekin Persentil 5.....	61
Gambar 4.2 Model Manekin Persentil 95.....	61
Gambar 4.3 Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 5.....	62
Gambar 4.4 Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 95.....	64
Gambar 4.5 Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 5.....	66
Gambar 4.6 Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 95.....	66
Gambar 4.7 Postur Simulasi ke 1.....	70
Gambar 4.8 Analisis RULA Pada Simulasi ke 1 Persentil 95.....	70
Gambar 4.9 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 1 Persentil 95.....	71
Gambar 4.10 Postur Simulasi ke 2.....	72
Gambar 4.11 Analisis RULA Pada Simulasi ke 2 Persentil 95.....	73
Gambar 4.12 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 2 Persentil 95.....	73
Gambar 4.13 Postur Simulasi ke 3.....	74
Gambar 4.14 Analisis RULA Pada Simulasi ke 3 Persentil 5.....	75
Gambar 4.15 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 3 Persentil 5.....	76
Gambar 4.16 Postur Simulasi ke 6.....	76
Gambar 4.17 Analisis RULA Pada Simulasi ke 6 Persentil 5.....	77
Gambar 4.18 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 6 Persentil 5.....	78
Gambar 4.19 Postur Simulasi ke 27.....	79
Gambar 4.20 Analisis RULA Pada Simulasi ke 27 Persentil 5.....	80
Gambar 4.21 Analisis RULA Pada Simulasi ke 27 Persentil 5.....	81

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>		<b>Halaman</b>
Lampiran 1.	<i>Form</i> Wawancara Dengan Pemilik atau Penanggung Jawab Bengkel.....	89
Lampiran 2	Kuisisioner Bagian Pertama.....	90
Lampiran 3	Kuisisioner Letak Bagian Tubuh yang Merasa Sering Tidak Nyaman, Letak Bagian Tubuh yang Mengganggu Tingkat Kenyamanan, Letak Bagian Tubuh yang Mempengaruhi Kinerja.....	94
Lampiran 4	Analisis RULA dan OWAS Dari Model yang Disimulasikan Untuk Mencari Posisi yang Ergonomis.....	95
Lampiran 5	<i>Form</i> Penilaian RULA.....	115
Lampiran 6	<i>Form</i> Penilaian OWAS.....	116



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Penjualan mobil yang tinggi setiap tahunnya, menunjukkan tren penjualan yang stabil selama 5 tahun terakhir. Seiring tingginya jumlah penjualan mobil memicu pertumbuhan bengkel-bengkel perbaikan di Indonesia dikarenakan terdapat pengaruh yang signifikan antara tingkat penjualan mobil yang masih cukup baik dengan minat pemilik kendaraan roda empat, yang berimbas pada pengurangan pengangguran. Bengkel-bengkel tersebut ada yang berdiri sebagai bengkel resmi dan umum, dimana mampu menangani mesin mobil, kaki-kaki, AC dan sebagainya ditangani oleh satu wadah. Ada juga bengkel khusus lebih fokus terhadap satu bidang keahlian, seperti bengkel perbaikan bodi, bengkel AC, bengkel kaki-kaki. Bengkel perbaikan bodi sendiri memiliki perlakuan tersendiri, dimana tidak semua bengkel resmi memiliki divisi perbaikan bodi. Masing-masing bengkel menawarkan produk yang berbeda, mulai dari bengkel yang menawarkan dengan pelayanan *painting booth* atau dalam bahasa sehari-hari *oven*, hingga bengkel yang kecil dan sederhana. Ditambah mahalnya biaya perbaikan jika dilakukan oleh bengkel resmi tentu semakin membuka peluang tersebut. Tidak semua bengkel perbaikan bodi dapat melayani perbaikan bodi total untuk kendaraan-kendaraan yang sudah tua, hanya bengkel-bengkel yang mendapat rekomendasi dari komunitas yang mampu melayani perbaikan bodi total untuk kendaraan yang sudah tua.

Kendaraan yang sudah tua atau berumur lebih dari 20 tahun tentunya akan mendapatkan perlakuan yang berbeda dengan kendaraan yang masih berumur kurang dari 15 tahun. Seperti bodi kendaraan yang sudah keropos dan berkarat. Maka perlu adanya semacam perbaikan seperti pengelupasan cat yang lama untuk memperbaiki kondisi tersebut. Ditambah proses perbaikan penggantian pelat bodi kendaraan yang sudah keropos dan berlubang. Penggantian pelat bodi dapat dilakukan sebagian atau menyeluruh tergantung dari kondisi kendaraan tersebut, penggantian pelat bodi ini sebagian besar berada pada bagian bawah kendaraan. Di dalam proses penggantian pelat bodi ada proses pengelasan. Pada kondisi ini

pekerja bagian pengelasan dituntut untuk bekerja dengan kondisi yang tidak nyaman cukup lama. Sehingga pekerja mengalami keluhan gangguan pada tubuh pekerja tersebut.

Kondisi lingkungan kerja yang aman, nyaman dan menyenangkan akan menyebabkan pekerja dapat bertahan dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, pekerja harus memiliki area kerja yang cukup untuk bergerak.

Bila pekerja melakukan kegiatan pengelasan dalam waktu yang lama tentunya memerlukan kerja yang tepat agar proses kerja dapat berjalan dengan lancar dan selamat. Kondisi yang tidak tepat dapat berpotensi terkena resiko gangguan *musculoskeletal*. Resiko ini disebabkan oleh posisi tubuh dalam bekerja tidak benar dan terjadi berulang kali. Berdasarkan hasil wawancara kepada beberapa pekerja bagian pengelasan terdapat masalah dari proses kerja yang terjadi saat ini menyebabkan adanya keluhan dari para pekerja seperti cedera leher dan punggung. Cedera ini disebabkan oleh pekerjaan yang berulang-ulang dan ini menjadi masalah tersendiri di lingkungan kerja. Aktivitas pekerjaan ini masih dilakukan secara manual, dalam kondisi ini bisa saja pekerja akan mengalami penurunan kinerja dan kelelahan sehingga pekerja merasa tidak nyaman lagi dalam bekerja. Efek dari cedera ini akan berpengaruh terhadap kegiatan bengkel sendiri, dimana pekerja menjadi sering tidak masuk kerja dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap kepuasan pelanggan. Untuk itu perlu adanya suatu perbaikan di area kerja pekerja tersebut dengan menerapkan prinsip-prinsip ergonomi.

Dalam kondisi ini perlu adanya perbaikan-perbaikan secara ergonomi dalam kegiatan produksi, perbaikan ini dibagi menjadi 6 kelompok, yaitu kemampuan manusia, hubungan mesin dengan manusia, kerjasama tim, desain material, alat dan mesin, faktor lingkungan, dan desain kerja dan organisasi (Stanton *et al.* 2004). Posisi yang baik di area kerja penting untuk mengoptimalkan pekerjaan, terutama dengan tenaga kerja yang menua. Dengan posisi kerja yang baik akan memberikan pengaruh positif terhadap produktifitas.

Ergonomi adalah suatu ilmu tentang hubungan antara manusia dengan lingkungan kerjanya. Dalam hal ini, istilah lingkungan diambil untuk mencakup tidak hanya lingkungan sekitar area kerja dimana ia dapat bekerja tetapi juga alat

dan material, metode kerja dan organisasi kerja, baik secara individu maupun dalam kelompok kerja. Semua ini berkaitan dengan sifat manusia itu sendiri, untuk kemampuannya, kapasitasnya, dan keterbatasannya (Murrel, 1965). Metode pendekatan dengan menganalisa hubungan fisik antara manusia dan fasilitas. Manfaat dan tujuan penerapan ilmu ini untuk mengurangi ketidaknyamanan pada saat bekerja. Dengan demikian ergonomi berguna sebagai media pencegah terhadap kelelahan kerja sedini mungkin sebelum nantinya berakibat kronis yang fatal.

Salah satu faktor penting dari lingkungan kerja yang dapat memberikan kenyamanan dan keamanan adalah adanya posisi kerja yang baik. Posisi kerja yang baik adalah posisi yang tidak memberikan masalah dalam bekerja sehingga tidak mengganggu proses kerja, sehingga tidak perlu mengeluarkan upaya-upaya yang tidak perlu.

Salah satu upaya untuk menganalisa proses pekerjaan telah sesuai dengan kaidah ergonomi adalah dengan menggunakan pendekatan *virtual environment modelling* menggunakan *software* Vicon Nexus *Motion Capture* dan Jack 6.1. perangkat *motion capture* adalah sebuah alat untuk menangkap suatu gerakan yang dilakukan oleh seorang model dalam bentuk sebuah program, perangkat lunak Jack 6.1 adalah sebuah perangkat lunak simulasi manusia yang dapat digunakan untuk mensimulasikan sebuah kegiatan proses kerja untuk menganalisa proses kerja tersebut terhadap kaidah-kaidah ergonomi. Dengan demikian, melalui penelitian ini akan dilakukan analisa posisi kerja yang sedang dialami saat ini, dengan bantuan *software* Jack 6.1 dan perangkat *motion capture*, diharapkan dapat diketahui kondisi kerja yang dialami para pekerja.

Setelah masalah ergonomi teridentifikasi, maka akan dirancang usulan perbaikan pada proses kerja yang sedang diteliti dengan mengacu pada kaidah-kaidah ergonomi. Dengan adanya perbaikan pada proses kerja, diharapkan pekerja dapat bekerja lebih nyaman dan keluhan akan masalah nyeri pada tubuh berkurang. Maka bengkel perbaikan bodi kendaraan tersebut dapat melakukan penghematan dari berkurangnya biaya kesehatan yang dikeluarkan untuk mengatasi keluhan pekerja.



## 1.2. Diagram Keterkaitan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dibuat diagram keterkaitan masalah seperti pada Gambar 1.1. Diagram ini akan mengidentifikasi sebab dan akibat dari hubungan-hubungan antar aspek dalam situasi yang kompleks.

## 1.3. Rumusan Permasalahan

Dari latar belakang dan diagram keterkaitan masalah, maka penelitian akan dilakukan dengan menganalisis posisi kerja bagian pengelasan, apakah sudah sesuai dengan kaidah-kaidah ergonomi atau belum. Analisis terhadap posisi pekerjaan pengelasan pada mobil yang dialami saat menggunakan mesin las tersebut menggunakan *software* Jack 6.1, untuk dianalisis dari sisi ergonomisnya. Untuk memvalidasi hasil analisis *software* tersebut, akan dilakukan analisis secara manual terhadap posisi yang tidak ergonomis. Kemudian dilakukan suatu tindakan perbaikan dalam simulasinya. Kemudian hasil dari perbaikan tersebut dibandingkan dengan posisi sebelumnya dengan menggunakan *software* Jack 6.1, dan divalidasi dengan melakukan analisis secara manual. Maka dapat diketahui besarnya perubahan dari kondisi sebelumnya dengan perbaikan yang telah dilakukan.

## 1.4. Tujuan Penelitian

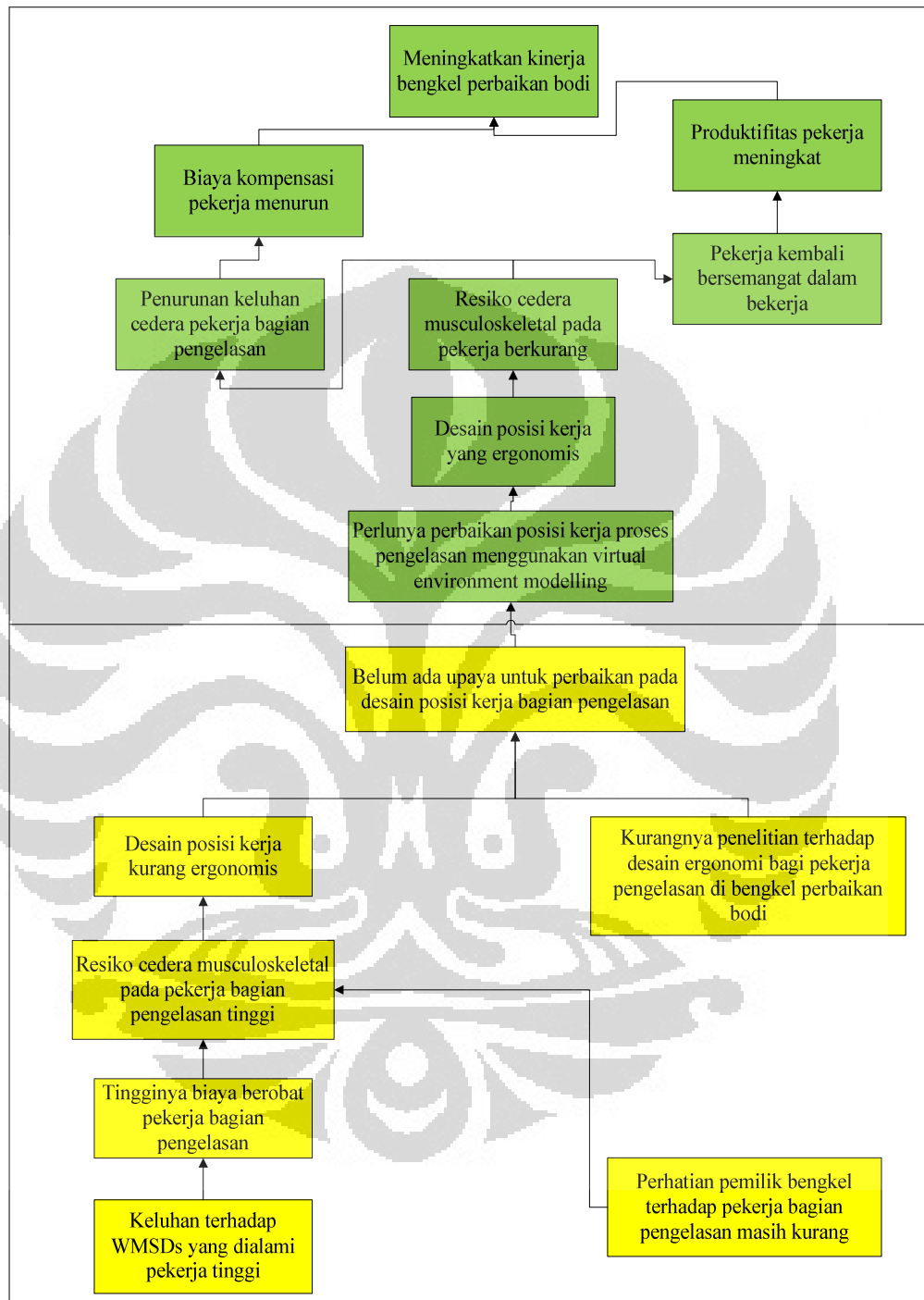
Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh postur kerja proses pengelasan titik saat ini dan mencari postur kerja yang ergonomis dengan menggunakan *virtual environment modelling*. Dengan demikian diharapkan penelitian ini dapat memberikan langkah-langkah penyelesaian masalah yang sedang dialami oleh pekerja.

## 1.5. Batasan Masalah

Agar hasil penelitian dapat sesuai dengan tujuan diatas, maka perlu dibuat ruang lingkup atau batasan masalah. Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di bengkel Deal Workshop.
2. Penelitian hanya mencakup aspek ergonomis pada fisik pekerja.
3. Penelitian dilakukan pada pekerja proses pengelasan pelat besi dengan bagian kendaraan yang sudah dihilangkan bagian yang rusak.

4. Penelitian hanya mencakup postur pekerja pada proses pengelasan titik pelat besi bagian kendaraan yang sudah dihilangkan bagian yang rusak.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

5. Data antropometri yang digunakan untuk *input* pada *software* Jack 6.1 adalah data aktual sedangkan data antropometri dari Persatuan Ergonomi Indonesia untuk memvalidasi data aktual.

6. Penelitian menggunakan *software* Jack 6.1 dan *Vicon Nexus Motion Capture* sebagai alat utama, didukung *software* lainnya.
7. Hasil analisis Jack 6.1 aktual dan model yang paling ergonomis divalidasi dengan penilaian manual.
8. Penelitian tidak mencakup aspek tata letak area kerja.
9. Penelitian tidak mencakup pengaruh postur kerja terhadap kualitas pekerjaan.
10. Dalam penelitian ini faktor biaya yang berhubungan dengan penelitian tidak dimasukkan.
11. Pemecahan masalah dibatasi sampai memberikan rekomendasi yang nyaman dalam bekerja dan langkah-langkah untuk menanggulangnya.
12. Pemecahan masalah hanya dilakukan di *virtual environment*, bukan dunia nyata.
13. Penelitian tidak mencakup implementasi perbaikan pada dunia nyata.
14. Penelitian ini tidak merancang sebuah alat bantu untuk menyelesaikan masalah.

## 1.6. Metodologi Penelitian

Secara umum metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 1. Pendahuluan

Pada penelitian ini pendahuluan dimulai dari identifikasi tujuan dan masalah yang akan diteliti. Topik yang diangkat adalah analisis posisi kerja pengelasan pada kendaraan roda empat untuk mengetahui kondisi aktual dan memperbaiki posisi kerja saat ini menjadi lebih ergonomis.

### 2. Melakukan studi literatur

Langkah selanjutnya melakukan studi literatur adalah menentukan landasan teori yang berhubungan untuk mengidentifikasi masalah. Studi literatur yang dijadikan acuan pada penelitian ini adalah:

- a. Ergonomi,
- b. Antropometri,
- c. *WMSDs*,
- d. *Welding tools*,

e. *Software* Jack dan Vicon Nexus.

### 3. Penelitian pendahuluan

Pada penelitian ini, dilakukan pengamatan langsung secara aktual, data yang dikumpulkan diantaranya :

- a. Data informasi bengkel Deal Workshop yang didapat dari wawancara dengan pemilik atau penanggung jawab,
- b. Data pekerja yang didapat dari wawancara,
- c. Data keluhan ketidaknyamanan pekerja yang dirasakan terkait posisi kerja yang didapat dari kuisioner yang diberikan ke pekerja.

### 4. Pengumpulan data

Langkah-langkah pengumpulan data dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data umum sebelum pengukuran (kondisi lingkungan kerja, deskripsi mesin las yang digunakan).
- b. Melakukan kegiatan merekam pekerjaan pengelasan untuk bagian yang paling dikeluhkan,
- c. Mengumpulkan data teknis di lapangan, posisi kerja, letak benda kerja dan dimensi benda kerja.

### 5. Pengolahan data dan analisis

- a. Melakukan simulasi, memindahkan data rekaman ke alat *motion capture*, lalu mengolah data dengan menggunakan perangkat lunak Jack 6.1
- b. Memvalidasi hasil analisis Jack 6.1, dengan cara membandingkan hasil analisis Jack 6.1 dengan nilai perhitungan manual.
- c. Membuat sebuah perbaikan pada proses kerja dan menguji perbaikan tersebut dalam simulasi.
- d. Memvalidasi simulasi perbaikan.
- e. Membandingkan posisi kerja sebelum dan sesudah perbaikan.

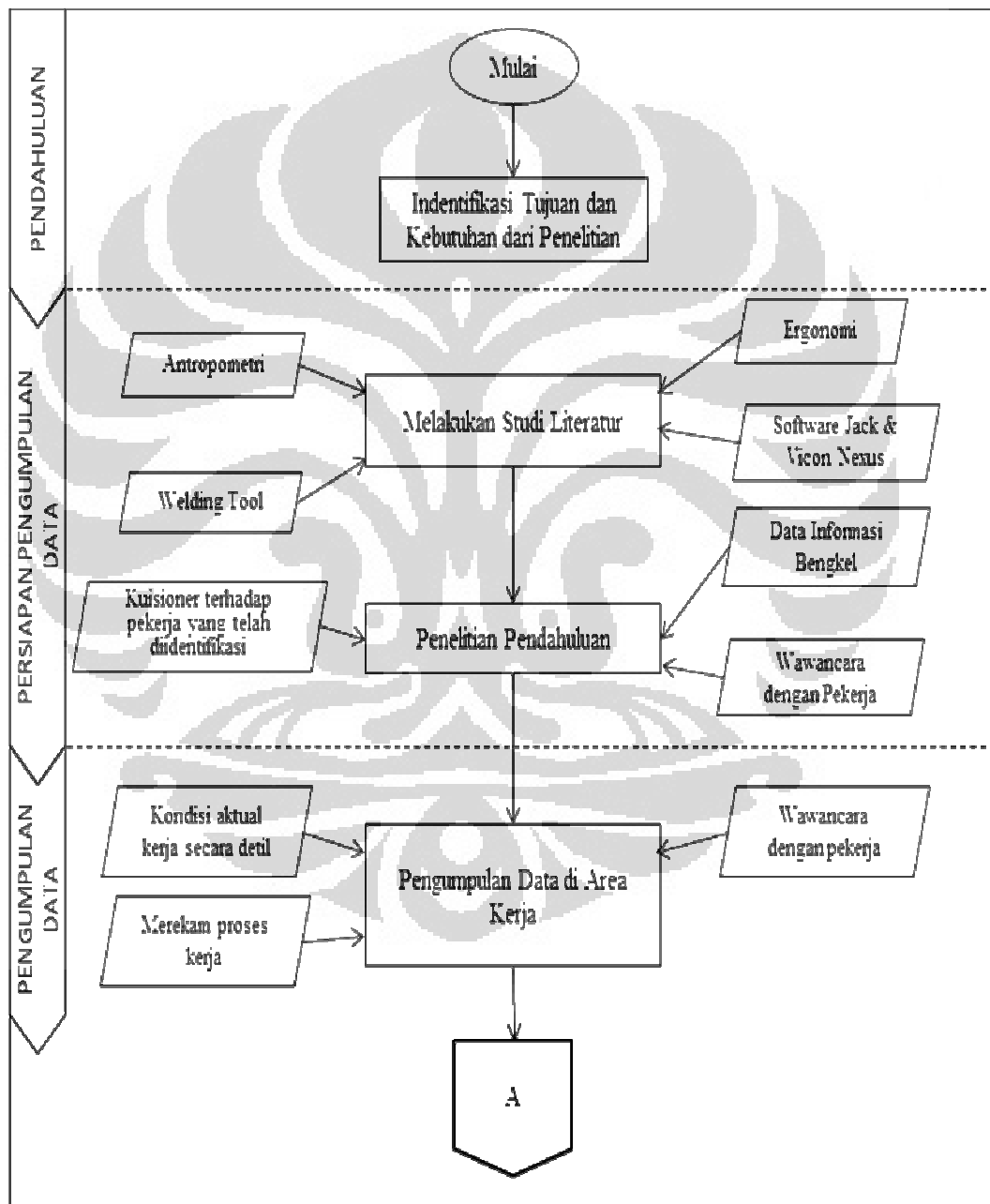
### 6. Menarik kesimpulan dari penelitian ini

Pada langkah ini akan dihasilkan kesimpulan rekomendasi yang paling optimal dan langkah-langkah perbaikan yang mengenai posisi kerja pekerja yang paling ideal bagi kondisi kesehatan pekerja.

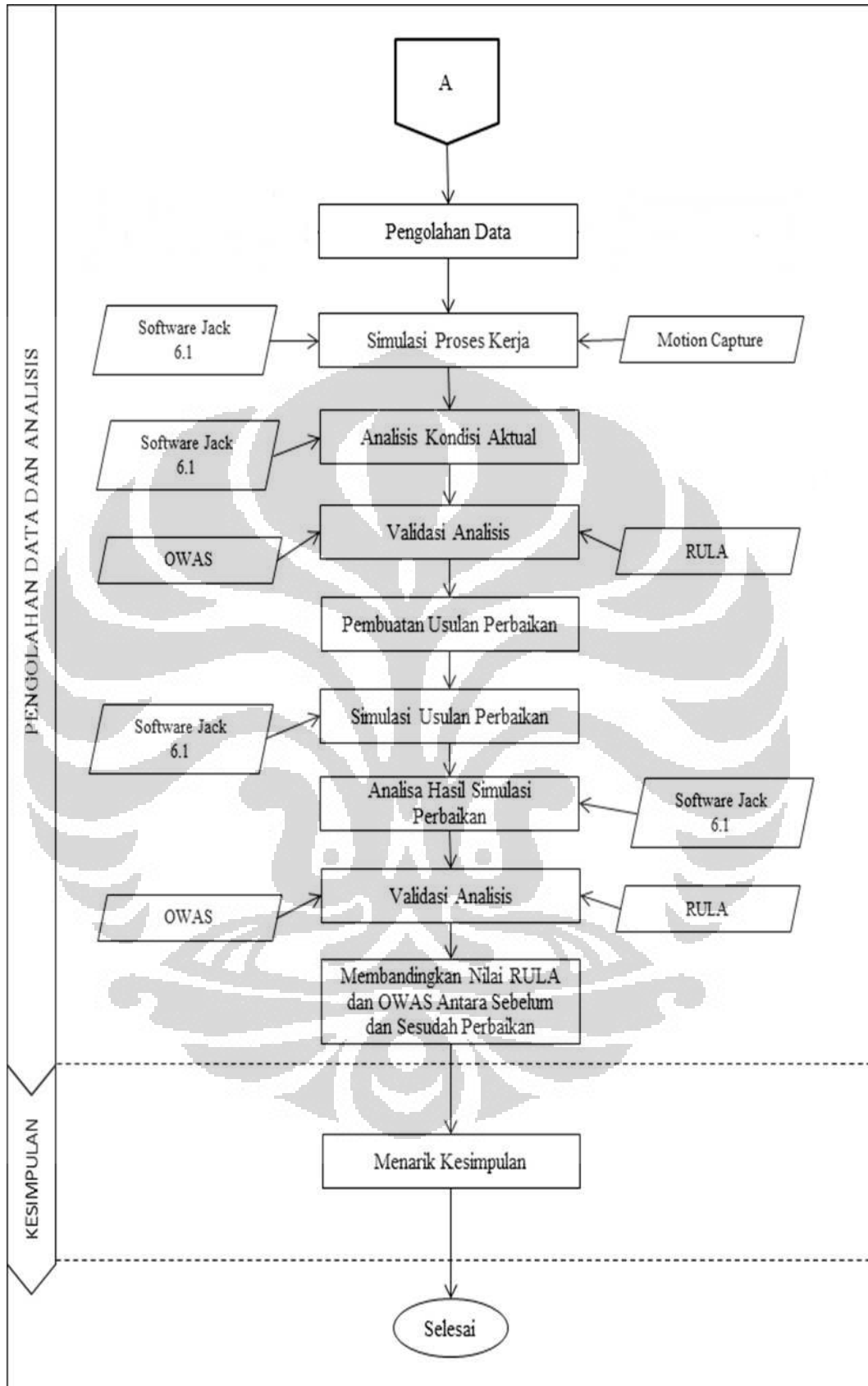
### 1.7. Sistematika Penulisan

Penelitian ini ditulis dengan aturan sistematika penulisan yang baku agar memudahkan proses penyusunan. Laporan ini terbagi menjadi 5 Bab.

Bab 1 Pendahuluan, merupakan bab pendahuluan yang menjelaskan latar belakang penelitian ini, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian (lanjutan)

Bab 2 Landasan Teori, merupakan bab yang membahas teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Pada bagian ini membahas mengenai teori ergonomi, antropometri, cedera akibat tekanan yang berulang-ulang, metode analisis *Rapid Upper Limb Analysis* (RULA), metode analisis *Ovako Working Posture Analysis* (OWAS), *virtual environment*, dan *software* seperti Jack 6.1 dan Vicon Nexus untuk membuat *virtual environment*.

Bab 3 Pengumpulan dan Pengolahan Data, merupakan bab yang akan menyajikan data yang didapat selama penelitian dan untuk menunjang penelitian. Data yang dikumpulkan mengenai profil badan usaha, proses kerja yang akan diteliti, posisi kerja, peralatan dan mesin yang digunakan, dan data antropometri dari pekerja. Kemudian model disimulasikan ke dalam *virtual environment*.

Bab 4 Analisa Data, pada bab ini akan diuraikan penjelasan analisa mengenai data yang telah dikumpulkan. Dari hasil simulasi sebelum perbaikan akan dianalisis dengan metode RULA dan OWAS. Kemudian diberikan usulan perbaikan, usulan perbaikan tersebut juga akan dianalisis kembali dengan metode RULA dan OWAS. Bab 5 Kesimpulan dan Saran, adalah bab penutup dari penelitian ini.

## BAB 2

### LANDASAN TEORI

Di bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Teori-teori yang akan dibahas yaitu ergonomi, *musculoskeletal disorder*, *work postural*, antropometri, *virtual environment*, serta *software-software* yang dipakai dalam penelitian ini.

#### 2.1. Ergonomi

##### 2.1.1. Pengertian Ergonomi

Kata ergonomi berasal dari Yunani, yaitu *ergos* yang berarti kerja, dan *nomos* yang berarti hukum. Kata tersebut dikemukakan oleh Profesor Hywell Murrell, sebagai hasil pertemuan dari kelompok pekerja, dimana diadakan di ruang 1101 gedung *Admiralty* di *Queen Anne's Mansion* pada 8 July 1949, dimana sebagai kelanjutan dari studi mengenai manusia di lingkungan kerja mereka<sup>1</sup>. Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan lingkungan kerjanya. Pada kondisi ini, lingkungan tidak hanya kondisi lingkungan dimana dia bekerja, tetapi peralatannya dan material, metodenya dalam bekerja dan organisasi kerja, tidak hanya sebagai individu tetapi juga sebagai kelompok kerja. Semuanya berhubungan dengan manusia itu sendiri, kemampuannya, kapasitasnya, dan batas kemampuannya (Murrell, 1965). Menurut Meister (1989), ergonomi adalah studi mengenai perilaku manusia dalam berhubungan dengan pekerjaannya. Tujuan dari penelitian ini adalah manusia saat bekerja melakukan kontak dengan lingkungan kerjanya. Prinsip penting dari ergonomi adalah, menyesuaikan tugas pekerjaan pada pekerjaannya. Ergonomi adalah ilmu yang multidisiplin, ini dipengaruhi oleh psikologi, fisiologi, antropometri, dan berbagai aspek rekayasa. Menurut Hancock (1997), ergonomi adalah cabang ilmu yang mengubah hubungan mesin dengan manusia yang bertentangan menjadi dapat bersinergi<sup>2</sup>. Sedangkan menurut *International Ergonomics Association*, ergonomi adalah disiplin ilmu yang fokus untuk

---

<sup>1</sup>Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace, Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work (2nd Ed.)*. Philadelphia: Taylor & Francis.

<sup>2</sup>Stanton, Neville. *et al.* (2005). *Handbook of Human Factor and Ergonomics Methods*. Florida: CRC Press.



memahami hubungan dari interaksi antara manusia dan elemen lain dalam sebuah sistem, dan profesi yang menerapkan teori, prinsipal, data dan metode untuk mendesain mengoptimalkan perilaku manusia dan seluruh sistem yang bersangkutan<sup>3</sup>. Dapat disimpulkan ergonomi adalah suatu ilmu yang mempelajari hubungan manusia dengan lingkungannya tidak hanya kondisi lingkungannya saja, namun termasuk peralatan, mesin, dan sistem yang berada di dalamnya untuk dapat bersinergi hingga dapat meningkatkan aspek keselamatan dalam bekerja dan kelelahan dalam bekerja dapat dihindari. Dengan demikian secara tidak langsung efektifitas dan efisiensi dalam bekerja dapat ditingkatkan. Dari kesimpulan diatas, lingkup faktor manusia dan ergonomi meliputi:

- a. Kemampuan dan batasan yang dimiliki manusia,
- b. Hubungan interaksi antara manusia dengan mesin,
- c. Kerjasama tim di lingkungan kerja,
- d. Desain untuk peralatan, mesin, dan material,
- e. Faktor- faktor lingkungan,
- f. Desain organisasi dan kerja<sup>4</sup>.

#### 2.1.2. *Work-related Musculoskeletal Disorders* (WMSDs)

*Musculoskeletal system* disusun oleh otot, tulang, dan jaringan penghubung. Dalam tubuh terdapat 206 tulang yang membentuk sebuah bentuk menjadi struktur manusia. Jika tidak ada tulang dalam tubuh, maka hanya akan ada sebuah daging. Otot adalah salah satu syarat utama dari aktivitas manusia. Otot tersusun dari kumpulan serat otot. Otot yang lebih besar akan memberikan gaya yang lebih besar untuk digunakan<sup>5</sup>.

Gangguan muskuloskeletal mempengaruhi tulang dan otot pada tubuh dan jaringan yang menghubungkan antar bagian tubuh. Penyebab gangguan ini dibagi menjadi dua kategori berdasarkan penyebabnya, pertama kondisi yang disebabkan oleh trauma akut seperti terpeleset atau yang menyebabkan terjatuh seperti, cedera punggung, kaki memar, atau pergelangan kaki terkilir. Kedua, kondisi yang disebabkan kegiatan berulang atau kronis dari kegiatan yang sedang dilakukan.

<sup>3</sup> Karowski, Waldemar (Ed.). (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (Vol. 1) ( 2nd Ed.). New York: Taylor & Francis.

<sup>4</sup> Stanton, Neville. et al. (2005). *Handbook of Human Factor and Ergonomics Methods*. Florida: CRC Press.

<sup>5</sup> Pulat, Mustafa. (1992). *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. New Jersey: Prentice Hall.

Misalnya, nyeri dari otot atau ligamen yang meradang. Kondisi yang disebabkan oleh kegiatan yang berulang-ulang disebut juga *Cumulative trauma Disorder* (CTD). Adapun *Repetitive Strain Injury* (RSI) adalah nama lain dari CTD yang berhubungan dengan tugas yang berulang<sup>6</sup>. Masalah MSD sudah ada sejak lama, menurut Atwood, *et al.*, (1997), pada tahun 1717, Bernardo Ramazzini, bapak kedokteran, pertama kali dikenalkan ke dokter gangguan muskuloskeletal pada abad ke 18 dalam bukunya *The Diseases of Workers*. Hingga pada abad ke 20, dimana revolusi industri terjadi di belahan Eropa dan Amerika. Dimana peraturan biaya kompensasi akibat gangguan tersebut diperkenalkan pada tahun 1911, dan diamandemen pada tahun 1914 untuk menambah cakupan gangguan seperti tenosynovitis, perusahaan asuransi memulai untuk merekam cedera tersebut sebagai bagian dari gangguan yang diterima oleh pelanggan (Conn, 1931; Hagan, Montgomery, & O' Reilly, 2001).

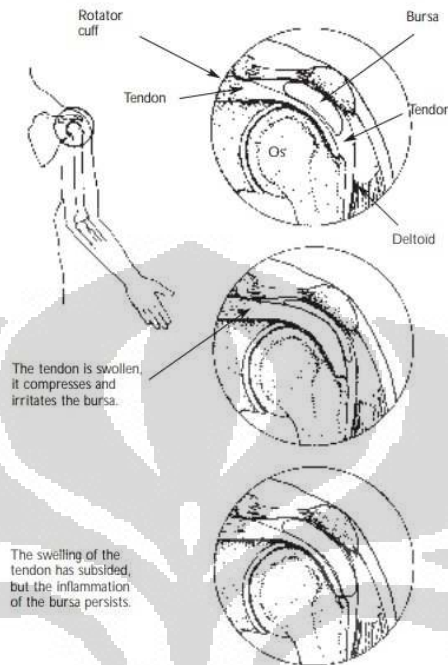
Pada tahun 1992, S. Mustafa Pulat menjelaskan 13 jenis MSDs yang umum muncul dari keputusan desain yang buruk, antara lain:

- a. *Bursitis* adalah peradangan atau nyeri pada otot (bursa). Ini dapat terjadi pada setiap bagian tubuh yang aktif. Otot berada di sekitar sendi. Bursa berisi cairan atau synovia yang bertindak untuk mengurangi gesekan antara tendon dan tulang, tulang dan ligamen, atau antara struktur lainnya dimana gesekan mungkin terjadi.
- b. *Tendonitis* adalah peradangan pada otot karena penggunaannya yang berlebihan, terutama saat tertekan. Cedera ini adalah CTD yang sangat umum.
- c. *Synovitis* adalah iritasi pada bagian selubung otot. Selubung otot memberikan pelumasan dan nutrisi pada otot.
- d. *Tenosynovitis* adalah CTD umum yang sering terjadi juga. Cedera ini disebabkan oleh peradangan dari kedua otot dan selubungnya.
- e. *Stenosing-tenosynovitis* adalah pembengkakan yang disertai penyempitan selubung otot.

---

<sup>6</sup>Attwood, A. *et al.* (2004). *Ergonomic Solutions for the Process Industries*. Burlington: Elsevier.

- f. *Stenosing-tenosynovitis-crepitans* adalah *tenosynovitis* dengan pembengkakan yang mengganggu gerakan otot dan menyebabkan patah dan menyentak gerakan.



Gambar 2.1 Bursitis

Sumber : Simoneau *et al.*, 1996

- g. *Ganglionic cyst* adalah gangguan otot akibat manifestasi seperti melepuh yang berisi cairan sinovial yang muncul sebagai benjolan di pergelangan tangan. Tidak jarang mengamati kista tersebut pada saat tangan terkena.
- h. *Trigger finger* terjadi saat jari yang digunakan berlebihan terhadap sudut tajam. Orang yang terkena penyakit ini dapat melenturkan jari yang terkena, bagaimanapun, jari harus diluruskan. Bunyi “klik” dapat terjadi saat ekstensi.
- i. *Dequervain’s disease* adalah jenis penyakit *tendonitis* yang berada di dasar jempol. Cara menyadari nyeri di sekitar ibu jari adalah saat menutup kepala atau bila menyimpangkan jempol ke jari kelingking.
- j. *Raynaud’s phenomenon* juga disebut sebagai getaran yang diinduksi jari. Pekerja menderita dengan serangan penyakit vaskular (kram, nyeri), mati rasa saat tangan mereka menjadi dingin. Dipercaya penyakit ini disebabkan oleh getaran saat pemakaian *hand tool* yang terlalu lama.

- k. *Ischemia* adalah obstruksi aliran darah. Ini bisa terjadi, misalnya, ditangan karena secara konsisten ditekan terhadap telapak tangan, seperti pada cat pengerik. *Ischemia* menyebabkan mati rasa dan kesemutan jari.
- l. *Carpal tunnel syndrome* adalah CTD umum yang disebabkan oleh penerapan kegiatan pengulangan dan pembebanan pada pergelangan tangan pada sendi ekstrim. Radang otot, selaput otot, dan struktur anatomi lainnya di daerah *carpal tunnel*, menekan saraf median, menyebabkan nyeri, bengkak, mati rasa, kesemutan, dan kecanggungan. Dalam kasus lebih kompleks, mencederai otot pada bagian pangkal ibu jari.



Gambar 2.2 *Carpal Tunnel Syndrome*

Sumber : Simoneau, 1996

- m. *Neuritis* pada tangan dapat terjadi saat saraf mengalami peradangan. Misalnya, pemakaian yang berulang-ulang pergelangan tangan pada tulang hasta, ketika sarat tulang hasta terhimpit dengan tulang, ini akan menyebabkan terkena penyakit ringan.

### 2.1.3. Antropometri

Cabang dari ergonomi yang berhubungan dengan pengukuran tubuh manusia disebut antropometri (Pheasant 1986, 1991). Antropometri jika ditelusuri dari asal katanya, berasal dari Yunani, “*anthropos*,” yang berarti manusia dan

“*metron*,” yang berarti pengukuran<sup>7</sup>. Pengukuran dasar antropometri dari tubuh manusia meliputi:

- a. Pengukuran linear
- b. Pengukuran angular
- c. Melingkar
- d. Pengukuran kekuatan

Pengukuran linear meliputi lebar, tinggi dan panjang. Pengukuran angular melintang tubuh dan gerakan pada tubuh seperti fleksi, ekstensi, abduksi. Pengukuran keliling tubuh biasanya digunakan untuk mendesain pakaian dan mengukur fisik. Pengukuran tersebut meliputi: kepala, leher, dada, pinggul, lengan, paha, lingkaran *shin*. Pengukuran kekuatan dilakukan untuk menentukan kecenderungan fisik manusia. Biasanya digunakan untuk mencari hubungan antara tangan dan kaki<sup>8</sup>.

Tabel 2.1 adalah contoh dari pengumpulan antropometri pria dan wanita asal Polandia. Hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan data antropometri pada pria dengan wanita. Dimana pada pengukuran persentil 5 pada pria mayoritas mendekati ukuran persentil 50 dari wanita, seperti pada tabel berikut ini.

Penerapan dari data antropometri antara lain untuk mendesain area kerja, pegangan dan penahan, dan pakaian kerja. Ada 36 titik pengukuran yang dilakukan dalam mengumpulkan data antropometri, yaitu:

1. *Stature*, jarak dari titik lantai ke kepala.
2. *Eye height*, jarak dari titik lantai ke bagian dalam mata.
3. *Shoulder height*, jarak bahu ke lantai.
4. *Elbow height*, tinggi siku dari lantai.
5. *Hip height*, jarak lantai ke pangkal paha.
6. *Knuckle height*, jarak dari lantai dengan *metacarpal*.
7. *Fingertip height*, jarak vertikal dari lantai dengan ujung jari tengah.
8. *Sitting height*, jarak vertikal dari lantai dasar permukaan duduk ke kepala.

<sup>7</sup> Karowski, Waldemar (Ed.). (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors (Vol. 1) (2nd Ed.)*. New York: Taylor & Francis.

<sup>8</sup> Karowski, Waldemar (Ed.). (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors (Vol. 1) (2nd Ed.)*. New York: Taylor & Francis.

9. *Sitting Eye height*, jarak vertikal dari permukaan duduk ke bagian tengah mata.

10. *Sitting shoulder height*, jarak vertikal dari permukaan duduk ke bahu.

Tabel 2.1 Data Pengukuran Antropometri (mm) Pria dan Wanita Polandia Usia Antara 19 dan 65

Dimension	Men 19–65 Years			Women 19–65 Years		
	Percentiles					
	5	50	95	5	50	95
Stature	1660	1778	1890	1536	1634	1740
Eye height	1524	1650	1771	1438	1503	1615
Acromion height	1403	1459	1550	1283	1337	1431
Suprasternal height	1354	1449	1570	1238	1324	1415
Elbow height	1027	1098	1207	1012	1017	1124
Pubic height	874	926	1011	790	850	910
Head and neck height	312	324	330	298	306	325
Trunk height	474	528	549	448	478	505
Thigh length	420	436	452	344	395	432
Knee height	454	490	550	450	460	475
Upper extremities length	687	777	852	632	707	783
Arm length	291	333	374	273	303	333
Forearm length	226	259	276	203	232	262
Hand length	165	180	196	152	167	182
Arm overhead reach <sup>a</sup>	2053	2127	2304	1849	2004	2121
Arm reach down <sup>a</sup>	675	768	846	653	722	785
Arms span <sup>a</sup>	1456	1577	1705	1327	1439	1576

<sup>a</sup> Measurement taken with the hand clenched

Sumber : Nowak 2000

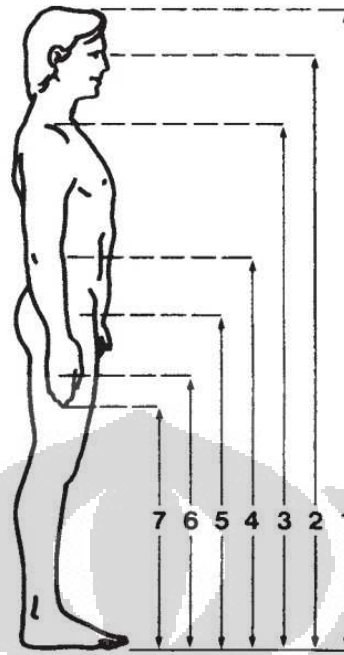
11. *Sitting elbow height*, jarak vertikal dari permukaan duduk ke siku.

12. *Tigh thickness*, jarak vertikal dari permukaan duduk ke paha bagian depan.

13. *Buttock-knee length*, jarak horizontal dari bagian belakang pantat ke depan permukaan tempurung lutut.

14. *Buttock-popliteal length*, jarak horizontal dari bagian belakang pantat ke sudut *popliteal*, berada di belakang lutut.

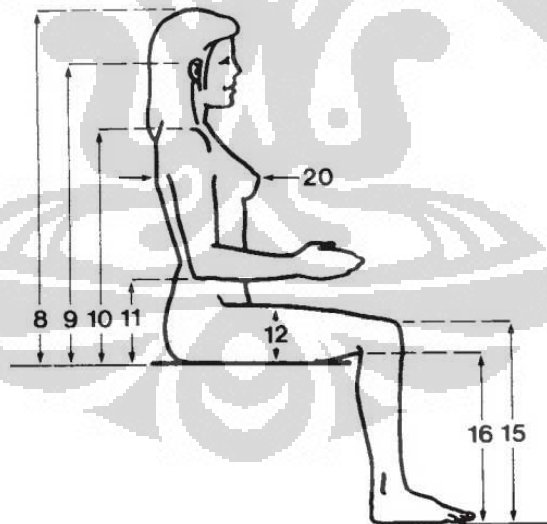
15. *Knee height*, jarak vertikal dari lantai dasar ke bagian atas lutut.



Gambar 2.3 Dimensi Tubuh

Sumber : Pheasant, 2003

16. *Popliteal height*, jarak vertikal dari lantai ke sudut *popliteal* dibawah sudut lutut.

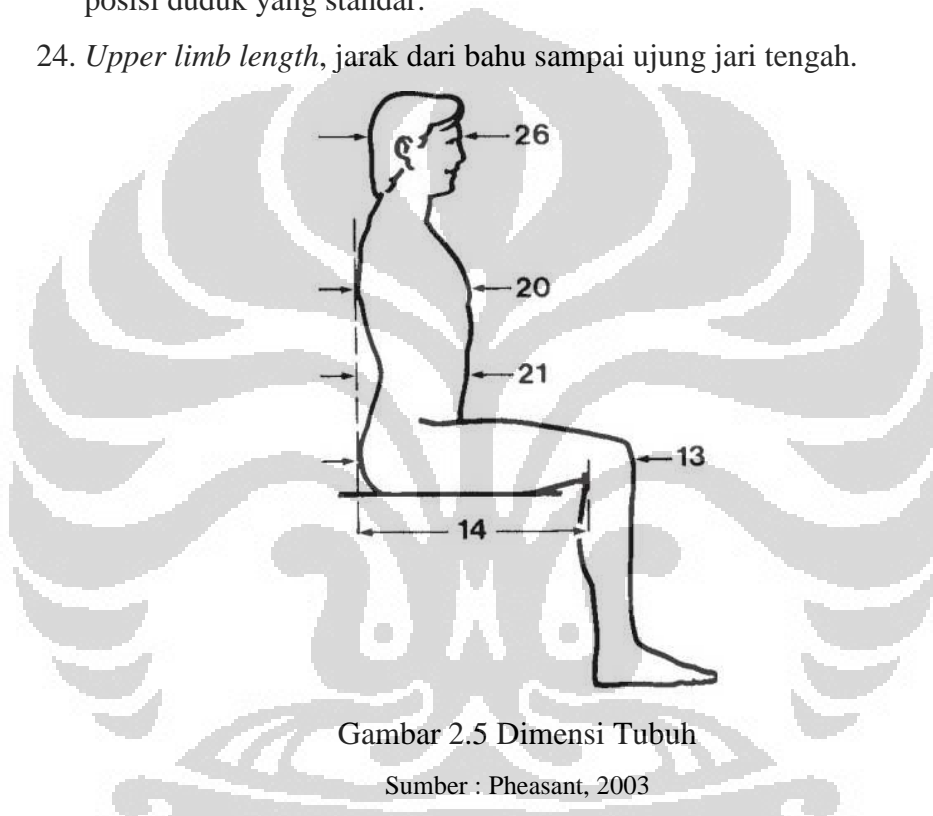


Gambar 2.4 Dimensi Tubuh

Sumber : Pheasant, 2003

17. *Shoulder breadth*, maksimum horisontal melintang sepanjang bahu.  
 18. *Shoulder breadth*, maksimum horisontal melintang sepanjang bahu untuk mengukur *acromia*.

19. *Hip breadth*, lebar jarak maksimum melintang pangkal paha pada posisi duduk.
20. *Chest (bust) depth*, untuk mengukur jarak lebar dada.
21. *Abdomial depth*, untuk mengukur jarak referensi dari belakang ke depan perut.
22. *Shoulder-elbow length*, jarak dari bahu ke siku.
23. *Elbow-fingertip length*, jarak dari belakang siku ke ujung jari tengah pada posisi duduk yang standar.
24. *Upper limb length*, jarak dari bahu sampai ujung jari tengah.

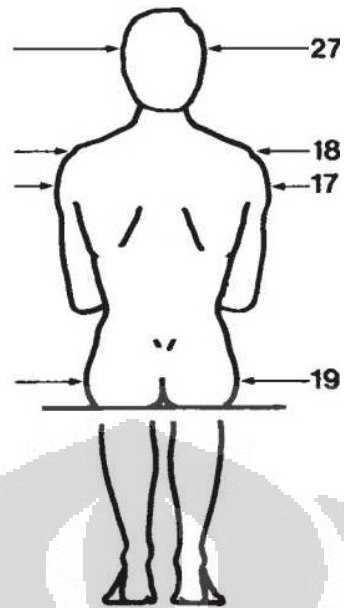


Gambar 2.5 Dimensi Tubuh

Sumber : Pheasant, 2003

25. *Shoulder-grip length*, jarak dari bahu ke puast genggam tangan.
26. *Head length*, jarak dari kening ke bagian belakang kepala.
27. *Head breadth*, lebar maksimum dari titik diatas kuping kanan dengan kuping kiri.
28. *Hand length*, lebar tangan dari ujung jari tengah ke pergelangan tangan.
29. *Hand breadth*, lebar telapak tangan melintang di *metacarpal*.
30. *Foot length*, jarak dari ujung tumit ke ujung ibu jari.
31. *Foot breadth*, lebar maksimum telapak kaki.
32. *Span*, jarak horisontal maksimum ujung kedua jari tangan ketika direntangkan tegak lurus dengan tubuh.

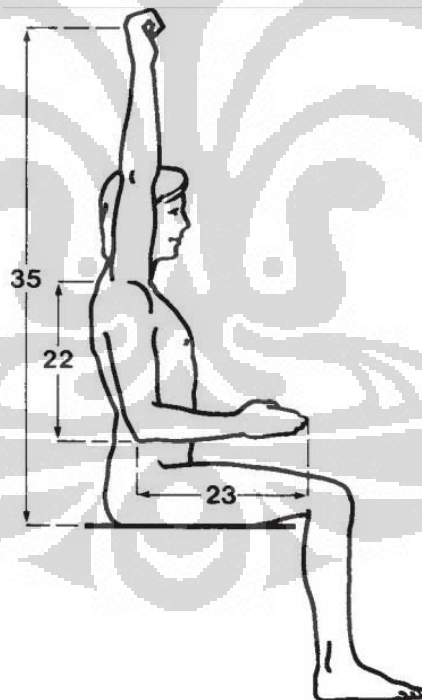




Gambar 2.6 Dimensi Tubuh

Sumber : Pheasant, 2003

31. *Elbow span*, jarak antar ujung siku saat diregangkan.

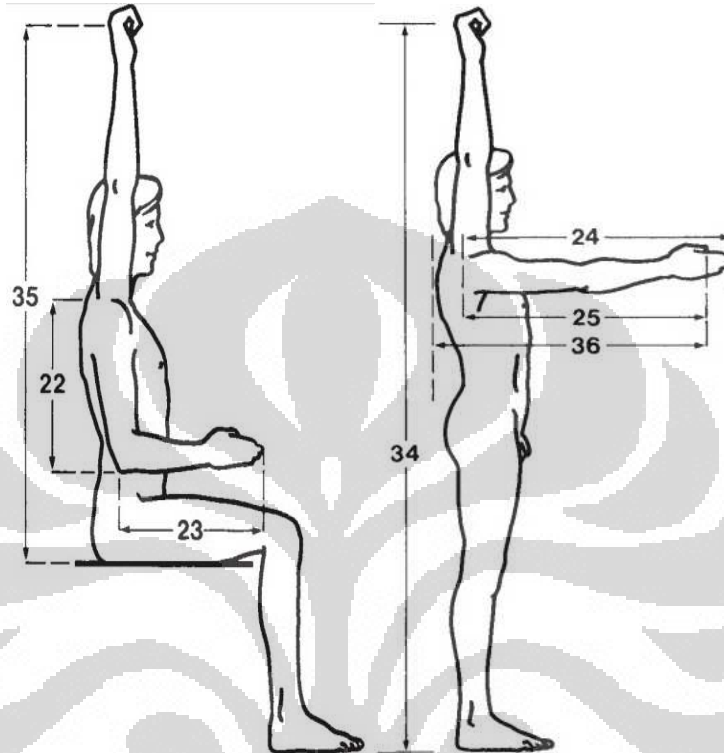


Gambar 2.7 Dimensi Tubuh

Sumber : Pheasant, 2003

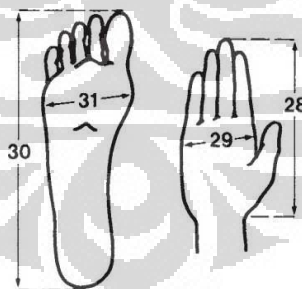
34. *Grip reach 1*, jarak maksimal menggenggam dari lantai ke tangan saat tangan tegak lurus dengan bidang berdiri.

35. *Grip reach 2*, jarak maksimal menggenggam dari dari dasar posisi duduk ke tangan saat tangan tegak lurus dengan bidang berdiri.
36. *Grip reach 3*, jarak maksimal genggam tangan ke bidang datar sejajar punggung<sup>9</sup>.



Gambar 2.8 Dimensi Tubuh

Sumber : Pheasant, 2003



Gambar 2.9 Dimensi Tubuh

Sumber : Pheasant, 2003

#### 2.1.4. *Work Posture*

Menurut Pheasant (1991), untuk menjaga postur tubuh yang stabil dengan cara menjaga keseimbangan secara statis, dan untuk menjaga postur yang tidak

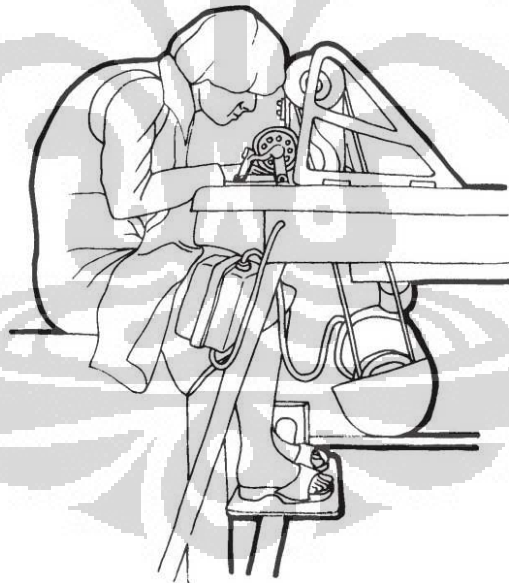
<sup>9</sup> Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace, Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work (2nd Ed.)*. Philadelphia: Taylor & Francis.

stabil dengan cara menjaga keseimbangan secara dinamis. Secara alami, manusia tidak berdiri dalam waktu yang lama. Manusia akan memindahkan beban dari satu sisi kaki ke kaki yang lainnya jika berdiri terlalu lama. Smith (1953) melakukan pengamatan pada orang yang berdiri di halte bus, stasiun, dan berjalan di jalan. Smith membagi dua kelompok postur berdiri, simetris dan asimetris. Rata-rata berdiri 30 menit, dan tidak lebih dari satu menit.

Posisi duduk membuat lutut dan punggung menekuk membentuk sudut sekitar 90°. Desain kursi yang ideal adalah ada desain sandaran kursi sehingga beban di punggung dapat dikurangi, otot akan menjadi rileks.

Fahmi (1975), sebagian orang berpendapat posisi jongkok adalah sesuatu yang baik, dan beberapa orang Asia dan Afrika yang lebih banyak jongkok daripada duduk mengalami sedikit gangguan tulang punggung dibandingkan orang Barat yang duduk di kursi, yang didukung sandaran kursi.

Postur bekerja yang baik adalah dimana pekerja dapat bertahan selama mungkin dan tidak memberikan efek yang merugikan<sup>10</sup>.



Gambar 2.10 Postur Kerja

Sumber : Pheasant, 2003

## 2.2. Analisis Ergonomi

Untuk menilai postur kerja saat ini dalam keadaan ergonomis atau masih belum, perlu dilakukan suatu analisis untuk mengetahui posisi kerja tersebut. Dua

<sup>10</sup> Pheasant, S. (1991). *Ergonomics, Work and Health*. London: MacMillan.

alat yang digunakan dalam analisis ergonomi adalah RULA dan OWAS. Keunggulan utama metode RULA adalah sangat praktis untuk untuk analisis postur kerja (Genaidy *et al.*, 1994). Sedangkan OWAS adalah pengukuran yang praktis dan mudah diadaptasi pada tempat kerja yang bermacam-macam.

### 2.2.1. *Rapid Upper Limb Analysis* (RULA)

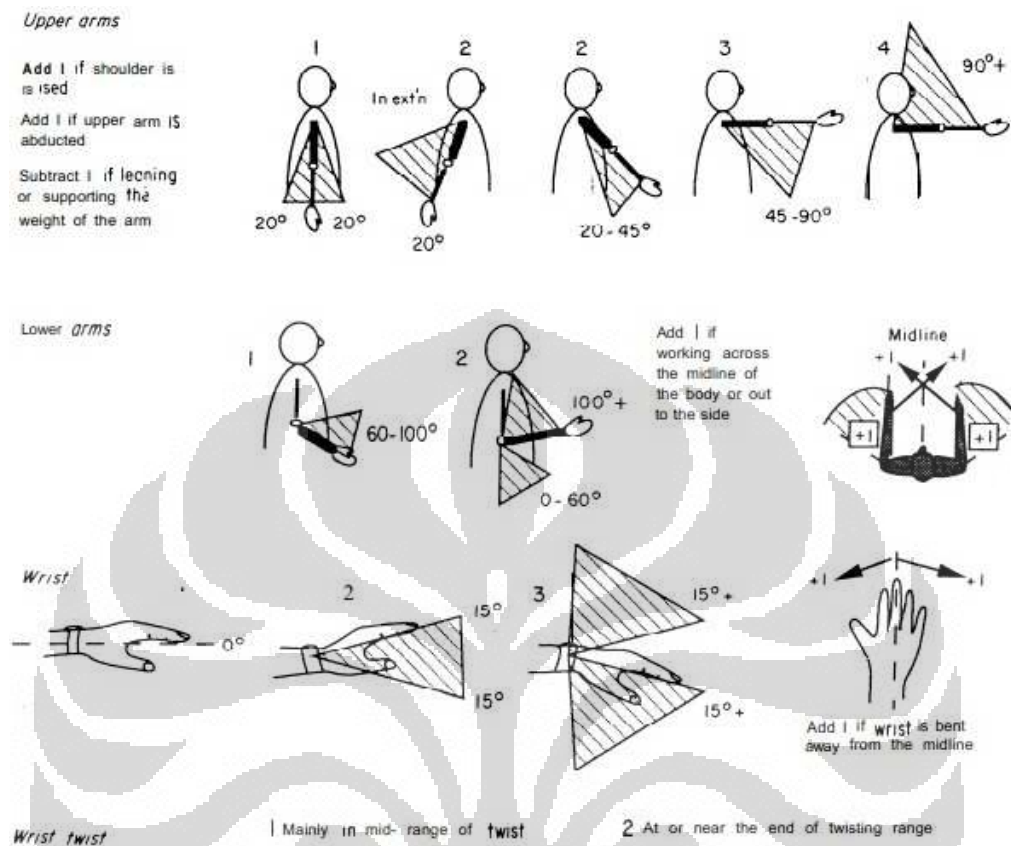
*Rapid upper-limb assesment* (RULA) (McAtmaney dan Codett, 1993) mengembangkan penghitungan bobot secara mudah untuk beban muskuloskeletal dimana orang-orang berisiko mengalami gangguan otot dan tubuh bagian atas. Penilaian dalam metode RULA ini 1 kondisi paling baik dan 7 adalah kondisi dimana harus dilakukan perubahan. RULA digunakan untuk menilai postur, gaya, dan gerakan yang berhubungan dengan gerakan tugas, dimana pekerja dalam keadaan duduk atau berdiri tanpa banyak bergerak. Empat penerapan dari RULA, yaitu:

1. Mengukur resiko muskuloskeletal, biasanya dalam investigasi ergonomi.
2. Membandingkan beban muskuloskeletal antara sebelum dengan sesudah perbaikan desain area kerja.
3. Mengevaluasi hasil dari perbaikan seperti produktifitas atau ketahanan peralatan.
4. Mendidik pekerja tentang resiko muskuloskeletal yang disebabkan oleh postur kerja.

RULA menilai postur kerja dan tidak memerlukan peralatan selain kertas dan pena. RULA sangat berguna untuk membandingkan postur tubuh sebelum dan sesudah perbaikan. Secara umum penilaian postur tubuh pada metode ini dibagi menjadi 2. Grup A meliputi bagian lengan atas, lengan bawah, pergelangan, dan putaran pergelangan. Grup B meliputi bagian leher, punggung, dan kaki. Seperti gambar berikut ini.

Penilaian dalam RULA dari 1 sampai 7, dimana nilai 1 sampai 2 postur dapat diterima jika tidak dalam periode yang cukup lama. Nilai 3 sampai 4 mengindikasikan postur tubuh perlu adanya investigasi lebih lanjut, perubahan postur dilakukan jika perlu. Nilai 5 sampai 6 mengindikasi perlu adanya

investigasi lebih lanjut dan dibutuhkan adanya perbaikan segera. Sedangkan nilai 7 mengindikasikan dari investigasi perlu adanya perubahan secepat mungkin<sup>11</sup>.



Gambar 2.11 RULA Grup A

Sumber : McAtamney dan Corlett, 1993

### 2.2.2. Ovako Working Posture Analysis (OWAS)

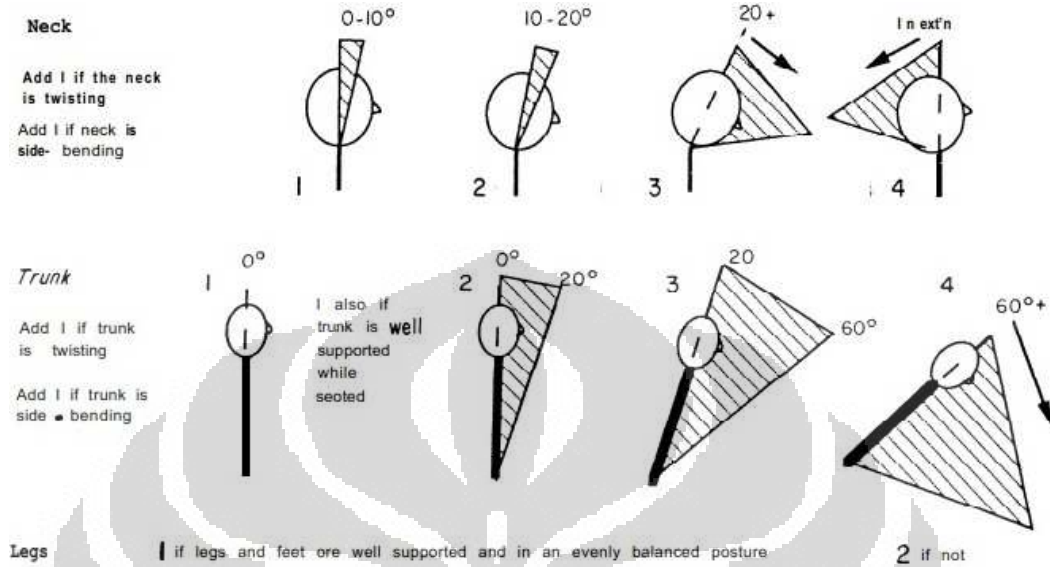
Metode OWAS adalah salah satu metode termudah untuk analisis postur (Karhu *et al.*, 1977). Metode OWAS dapat diaplikasikan untuk:

- Menstandarkan beban postur yang ergonomis.
- Memperbaiki dan merencanakan area kerja, metode kerja, alat, dan mesin.
- Dapat digunakan dengan metode lain.

Gambar 2.12 digunakan untuk mengidentifikasi gerakan yang paling sering untuk punggung, lengan, dan kaki, dan mengestimasi beban yang diterima otot. Dimana bagian pertama adalah posisi punggung, bagian kedua adalah posisi lengan, bagian ketiga adalah bagian kaki. Dan terdapat tiga kode beban, yaitu :

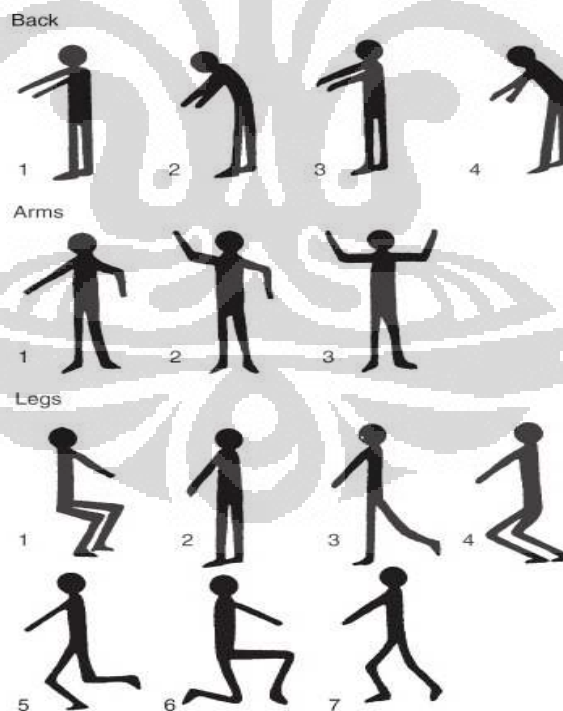
<sup>11</sup>Stanton, Neville. *et al.* (2005). *Handbook of Human Factor and Ergonomics Methods*. Florida: CRC Press.

kurang dari 10kg, kurang dari 20kg, lebih dari 20kg. Dalam pengamatan analisis postur, banyaknya jenis postur selama bekerja akan dikalkulasikan dan dari hasil tersebut menjadi skala penilaian 1 sampai 4.



Gambar 2.12 RULA Grup B

Sumber : McAtamney dan Corlett, 1993



Gambar 2.13 Kode OWAS Untuk Bagian Tubuh

Sumber : Karhu *et al.* 1977

Kategori 1 pada gambar 2.12 adalah postur kerja berada dalam kondisi tidak mencederai sistem muskuloskeletal. Tidak diperlukan aksi untuk mengubah

postur. Kategori 2 adalah dimana postur kerja berpotensi mempengaruhi sistem muskuloskeletal. Mengalami beban yang ringan, tidak perlu memerlukan tindakan secepatnya namun perlu adanya perubahan dimasa mendatang. Kategori 3 adalah dimana postur kerja mengalami gangguan yang mempengaruhi sistem muskuloskeletal, metode kerja harus dirubah sesegera mungkin. Kategori 4 adalah dimana postur kerja yang secara ekstrim mempengaruhi sistem muskuloskeletal. Pemberian solusi harus diberikan secepat mungkin<sup>12</sup>.

### 2.3. *Virtual Environment* (VE)

Merancang suatu VE, perlu membuat benda kerja dan lingkungan kerjanya dan model biomekanisnya. Dan gerakan yang dilakukan pekerja akan ditangkap oleh sebuah alat yang disebut *motion capture*. *Software* yang dapat membuat model biomekanis adalah *software* Jack 6.1, untuk merekam gerakan pekerja menggunakan *software* Vicon Nexus *Motion Capture*.

#### 2.3.1. *Software* Jack 6.1

Jack 6.1 adalah *software* untuk simulasi dan pemodelan manusia yang dapat membantu meningkatkan sisi ergonomis dalam suatu area kerja. *Software* ini juga dilengkapi fasilitas TAT (*Task Analysis Toolkit*) yang berguna untuk menganalisis model yang sedang memeragakan kegiatan aktual. TAT mempermudah para pemakai *software* ini menganalisa hasil rancangannya. TAT mampu menaksir resiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi. Pada *software* Jack 6.1 terdapat 9 alat untuk menganalisa ergonomis yang dapat digunakan, yaitu:

a. *Low-Back Spinal Force Analysis Tool*

Digunakan untuk mengevaluasi gaya yang diterima oleh tulang punggung akibat gerakan yang dilakukan. Pada berbagai postur dan kondisi beban. Dengan model biomekanis yang kompleks menyerupai manusia.

b. *Static Strength Prediction Tool*

Digunakan untuk mengevaluasi persentase dari suatu populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan suatu gerakan yang sedang diperagakan.

---

<sup>12</sup> Karwowski, Waldemar (Ed.). (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (Vol. 1) ( 2nd Ed.). New York: Taylor & Francis.

c. *NIOSH Lifting Analysis Tool*

Digunakan untuk menganalisis pekerjaan yang membuat seorang harus mengangkat suatu benda berdasarkan standar NIOSH.

d. *Predetermined Time Analysis*

Digunakan untuk menganalisis waktu yang dibutuhkan seseorang ketika melakukan pekerjaan berdasarkan metode *Time Measurement System* (MTM).

e. *Rapid Upper Limb Analysis*

Digunakan untuk menganalisis potensi gangguan pada tubuh bagian atas.

f. *Metabolic Energy Expenditure*

Digunakan untuk memprediksi energi yang dibutuhkan seseorang untuk melakukan suatu pekerjaan.

g. *Manual Handling Limit*

Digunakan untuk mengevaluasi dan mendesain pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan secara manual seperti mengangkat, mendorong, menarik dan membawa dengan tujuan untuk mengurangi resiko penyakit tulang belakang.

h. *Fatigue/Recovery Posture Analysis*

Digunakan untuk menilai seberapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan tenaga untuk menghindari kelelahan pekerja.

i. *Ovako Working Posture Analysis*

Digunakan untuk mengevaluasi hubungan ketidaknyamanan postur saat bekerja dilihat dari posisi punggung, lengan, kaki dan beban yang diterima<sup>13</sup>.

### 2.3.2. Vicon Nexus *Motion Capture* 1.5.1

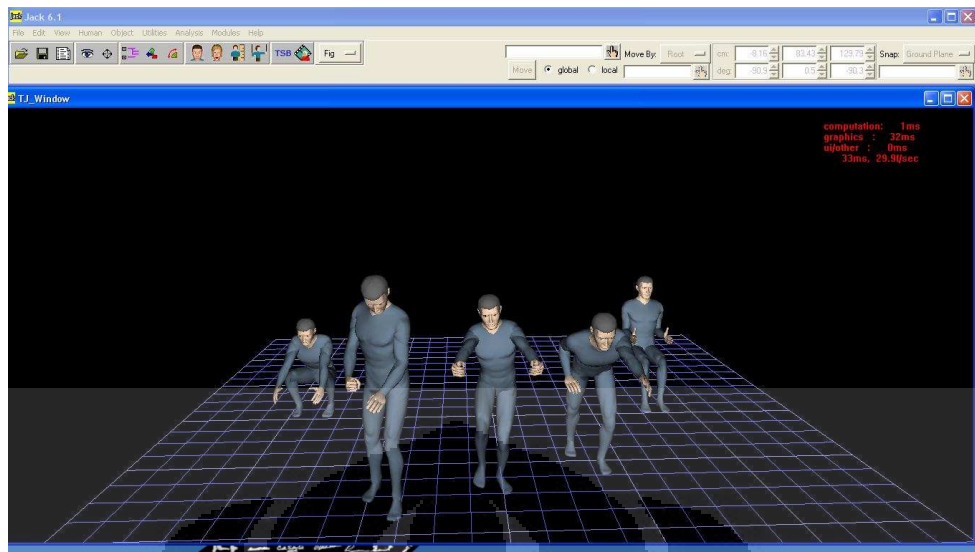
Vicon Nexus adalah sebuah *software* yang digunakan untuk keperluan kegiatan merekam gerakan untuk dianalisis gerakan yang direkam tersebut.

---

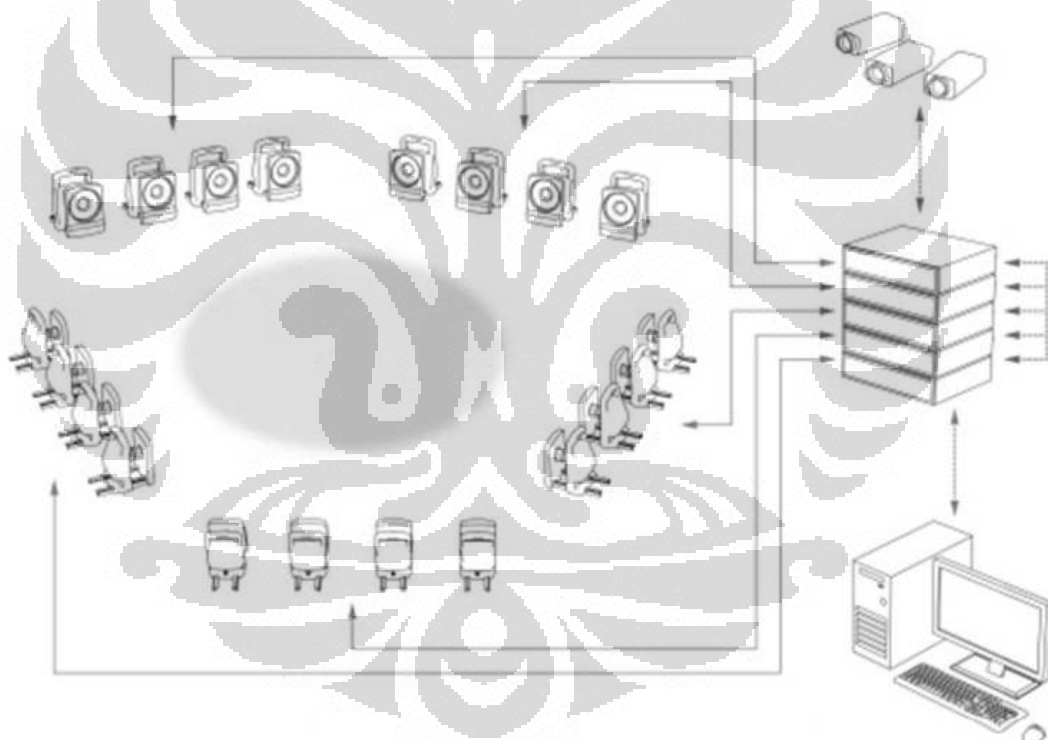
<sup>13</sup> Task Analysis Toolkit.

[http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/assembly\\_planning/jack/task\\_analysis\\_toolkit.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/assembly_planning/jack/task_analysis_toolkit.shtml).





Gambar 2.14 Tampilan Jack 6.1



Gambar 2.15 Konfigurasi Vicon Nexus

Manfaat alat ini diterapkan pada laboratorium kesehatan, pusat olahraga, universitas, dan institusi lainnya. Untuk memindai model ke dalam vicon diperlukan marker untuk membentuk sekumpulan titik menjadi model biomekanis. Ada 53 titik yang menentukan sebuah model dapat terbaca dengan benar di Vicon, seperti tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Titik Marker yang Digunakan Pada Vicon Nexus

No	Label	Penempatan
1	<i>TopHead</i>	ubun-ubun
2	<i>BackHead</i>	bagian tengah belakang kepala
3	<i>FrontHead</i>	kening bagian atas
4	<i>LHead</i>	atas telinga kiri
5	<i>RHead</i>	atas telinga kanan sedikit condong depan
6	<i>RShoulder</i>	tengah bahu kanan
7	<i>LShoulder</i>	tengah bahu kiri
8	<i>BNeck</i>	belakang leher
9	<i>Sternum</i>	ujung tulang dada dekat perut
10	<i>LBack</i>	tonjolan belikat kiri
11	<i>RBack</i>	ujung tulang rusuk bagian kanan
12	<i>RBicep</i>	tengah lengan kanan
13	<i>RElbow</i>	siku kanan bagian luar
14	<i>RPostElbow</i>	siku kanan bagian dalam
15	<i>RForeArm</i>	tengah tangan kanan
16	<i>RRadius</i>	pergelangan tangan kanan searah ibu jari
17	<i>RUlna</i>	pergelangan tangan kanan searah kelingking
18	<i>RThumb</i>	pangkal ibu jari tangan kanan
19	<i>RMHand</i>	tengah metakarpal kanan
20	<i>RPinky</i>	pangkal jari kelingking tangan kanan
21	<i>LBicep</i>	tengah lengan kiri
22	<i>LElbow</i>	siku kiri bagian luar
23	<i>LPostElbow</i>	siku kiri bagian dalam
24	<i>LForeArm</i>	tengah tangan kiri
25	<i>LRadius</i>	pergelangan tangan kiri searah ibu jari
26	<i>LUlna</i>	pergelangan tangan kiri sarah kelingking
27	<i>LThumb</i>	pangkal ibu jari tangan kiri
28	<i>LMHand</i>	tengah metakarpal kiri
29	<i>LPinky</i>	pangkal kelingking tangan kiri
30	<i>Clav</i>	pangkal tulang dada dekat leher
31	<i>RASIS</i>	tonjolan depan tulang panggul kanan
32	<i>LASIS</i>	tonjolan depan tulang panggul kiri
33	<i>RPSIS</i>	tonjolan belakang tulang panggul kanan
34	<i>LPSIS</i>	tonjolan belakang tulang panggul kiri
35	<i>Sacrum</i>	punggung sejajar <i>LPSIS</i> dan <i>RPSIS</i>

Tabel 2.2 Titik Marker yang Digunakan Pada Vicon Nexus (lanjutan)

No	Label	Penempatan
36	<i>RHip</i>	pangkal paha kanan
37	<i>LHip</i>	pangkal paha kiri
38	<i>RThigh</i>	paha kanan bagian depan
39	<i>RPostThigh</i>	paha kanan bagian belakang
40	<i>RKnee</i>	lutut kanan
41	<i>RShank</i>	betis kanan
42	<i>RAnkle</i>	mata kaki kanan
43	<i>RHeel</i>	tumit kanan
44	<i>RToe</i>	pangkal ibu jari kaki kanan
45	<i>RLatFoot</i>	pangkal kelingking kaki kanan
46	<i>LThigh</i>	paha kiri bagian depan
47	<i>LPostThigh</i>	paha kiri bagian belakang
48	<i>LKnee</i>	lutut kiri
49	<i>LShank</i>	betis kiri
50	<i>LAnkle</i>	mata kaki kiri
51	<i>LToe</i>	pangkal ibu jari kaki kiri
52	<i>LHeel</i>	tumit kiri
53	<i>LLatFoot</i>	pangkal kelingking kaki kiri

## BAB 3

### PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL

Pada bab ketiga laporan penelitian ini membahas mengenai gambaran umum dari objek penelitian dimana dilakukan proses pengambilan data, pengumpulan data, dan pembuatan model yang akan digunakan pada penelitian ini untuk pengukuran ergonomi pada pekerja bagian pengelasan. Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain, data alur proses kerja perbaikan bodi secara umum, data antropometri pekerja dan data pendukung lainnya.

#### 3.1. Tinjauan Umum Objek Penelitian

Jabodetabek, DKI Jakarta khususnya dimana kebutuhan akan ruas jalan yang semakin mendesak karena jumlah kendaraan yang semakin banyak. Tidak tertutup kemungkinan terjadinya benturan antara kendaraan, baik benturan kecil maupun besar, tetap akan membuat bodi kendaraan menjadi tidak baik. Dimana sebagian orang berpendapat kendaraan sebagai bentuk representatif dari diri pemilik kendaraan tersebut, tentunya kendaraan yang lecet dan penyok pada kendaraan akan menjadi masalah. Ditambah munculnya tren merestorasi kendaraan-kendaraan tua yang berumur lebih dari 20 tahun. Maka kebutuhan adanya suatu tempat atau jasa untuk memperbaiki kondisi kendaraan kebentuk semula tentunya sangat diharapkan di Jakarta. Usaha bengkel perbaikan bodi kendaraan adalah usaha yang bisa potensial untuk didirikan.

Deal Workshop sebagai salah satu usaha bengkel perbaikan bodi kendaraan di Jabodetabek diharapkan mampu untuk mengisi kebutuhan akan adanya tempat untuk memperbaiki kondisi kendaraan kebentuk semula. Meskipun tidak memfokuskan diri pada kendaraan tua, namun tidak sedikit mobil tua yang dikerjakan di bengkel tersebut. Data tahun 2011 menunjukkan, hingga saat ini sudah 6 kendaraan yang selesai direstorasi dari awal. Sebagian kendaraan tua yang direstorasi di bengkel ini memiliki tingkat kerusakan diatas 60%.

Gambar 3.1 menunjukkan salah satu kendaraan di bengkel Deal Workshop yang sedang direstorasi total, kendaraan tersebut adalah Honda Life produksi tahun 1970.



Gambar 3.1 Beberapa Kendaraan yang Sedang Direstorasi

Data menunjukkan ditahun 2011 kendaraan paling tua dibuat pada tahun 1965, yaitu Ford Taunus. Sedangkan kendaraan yang paling muda dibuat pada tahun 1983, yaitu Toyota Corolla DX.

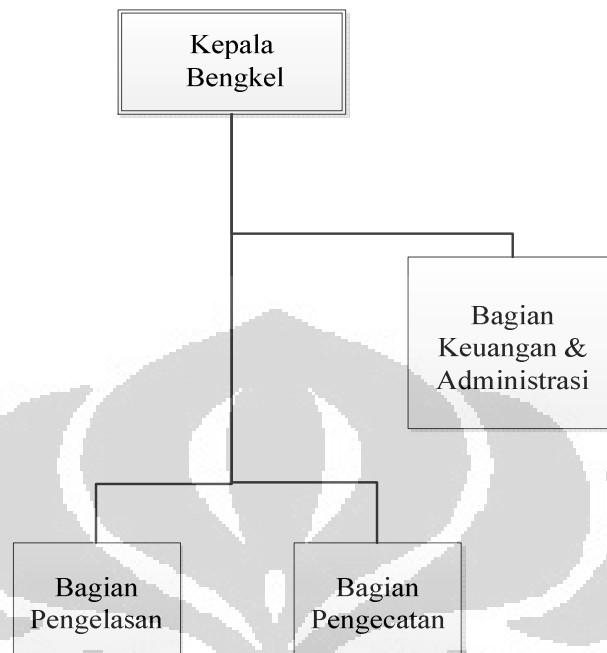
Berikut ini adalah informasi mengenai bengkel dimana dilaksanakannya penelitian ini:

- a. Nama Bengkel : Deal Workshop
- b. Tanggal Didirikan : November 2008
- c. Alamat : Jl. Bintara Raya Nomor 58, Bekasi Selatan.
- d. Pemilik Bengkel : Vitra Ardinovan, ST.
- e. Luas Lahan : 1.000 m<sup>2</sup>

Meningkatnya minat terhadap kendaraan tua belakangan ini tentunya menjadi keuntungan tersendiri bagi bengkel-bengkel yang mampu menangani kendaraan tua, disamping harus memiliki kemampuan menyelesaikan pekerjaan yang lebih berat daripada memperbaiki kendaraan tahun muda. Oleh karena itu tidak semua bengkel mampu mengerjakan pekerjaan merestorasi kendaraan tua, hanya bengkel-bengkel yang mendapat rekomendasi dari komunitas dan sudah menangani kendaraan tua sejak lama yang memiliki potensi berkembang. Saat ini bengkel Deal Workshop sudah mendapatkan suatu pengakuan rekomendasi dari komunitas Jadoeler di Jakarta. Dengan terbuktinya salah satu kendaraan milik anggota komunitas yang merestorasi kendaraannya dan mendapat penghargaan *The Best Original Retro* di sebuah ajang perlombaan kendaraan tua di Purwakarta beberapa waktu lalu.

Bengkel Deal Workshop adalah sebuah badan usaha yang memiliki struktur organisasi, dimana bengkel Deal Workshop dipimpin oleh kepala bengkel dengan

seorang bagian keuangan dan administrasi. Bagian operasional terdiri dari dua seksi, bagian pengelasan dan pengecatan, seperti dijelaskan pada gambar 3.2.



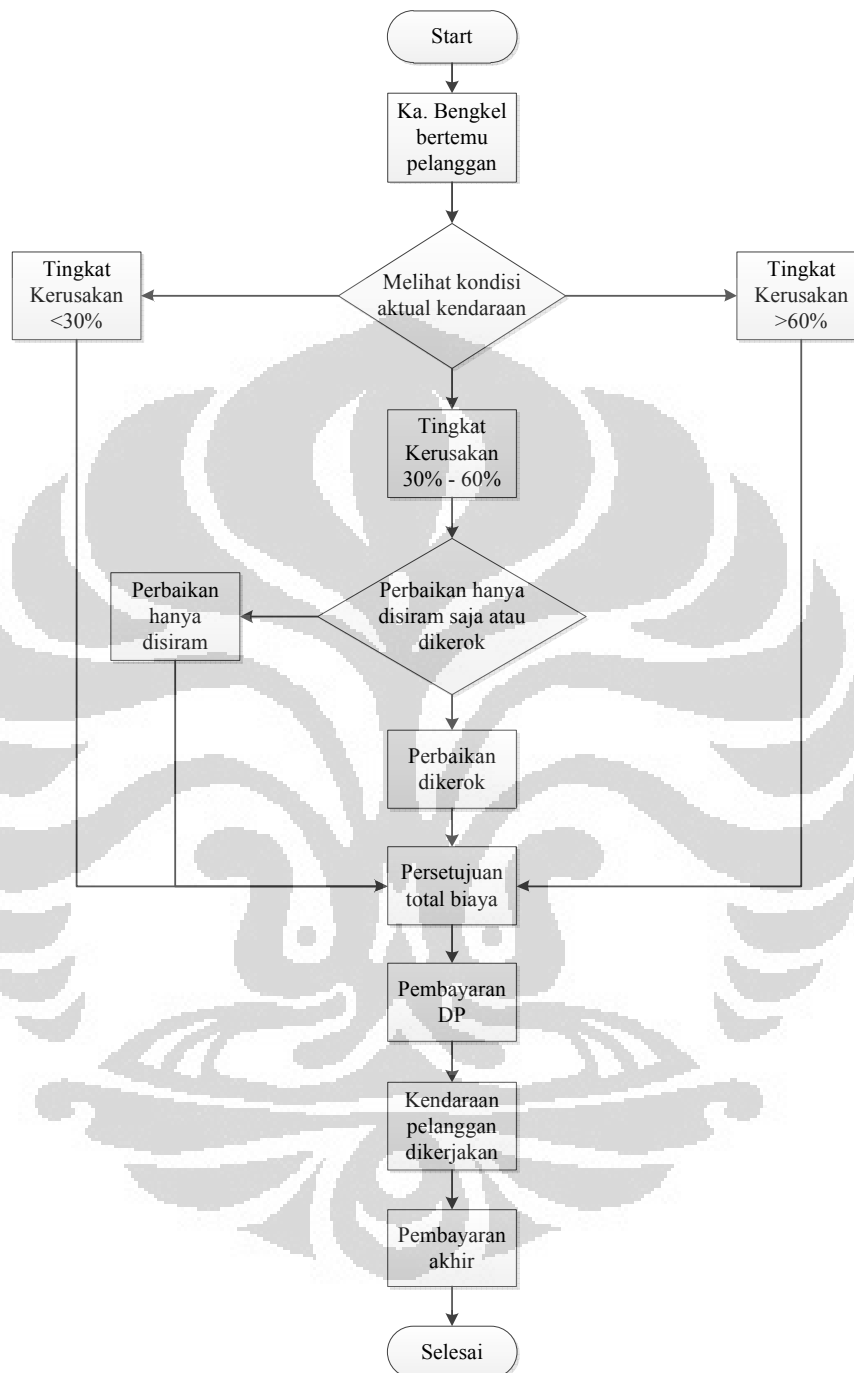
Gambar 3.2 Struktur Organisasi Bengkel Deal Workshop

Untuk jam kerja diberlakukan hanya 1 *shift*, pukul 08.00-17.00. Masing-masing bagian pengelasan dan pengecatan terdapat dua orang pekerja. Untuk melihat alur kerja bengkel Deal Workshop dapat dilihat pada gambar 3.3.

Diagram alir pada gambar 3.3 memperlihatkan aliran kerja bengkel ketika menangani kendaraan pelanggan. Sebagaimana pada gambar tersebut, pada bengkel ini dapat menangani berbagai macam kondisi kendaraan. Ada yang kendaraan dengan tingkat kerusakan kurang dari 30%, kendaraan dengan tingkat kerusakan 30% hingga 60%, dan ada yang memiliki tingkat kerusakan lebih dari 60%. Kondisi kerusakan lebih dari 60% mengharuskan kendaraan untuk dikerok total dari cat bawaan kendaraan tersebut, karena kondisi pelat kendaraan tersebut dipastikan mengalami pengeroposan yang parah. Dimana hampir semua kendaraan tua yang ditangani memiliki tingkat kerusakan lebih dari 60%. Adapun aliran proses perbaikan dari kegiatan perbaikan kendaraan yang memiliki kerusakan lebih besar dari 60% akan dijelaskan pada diagram alir dibawah ini.

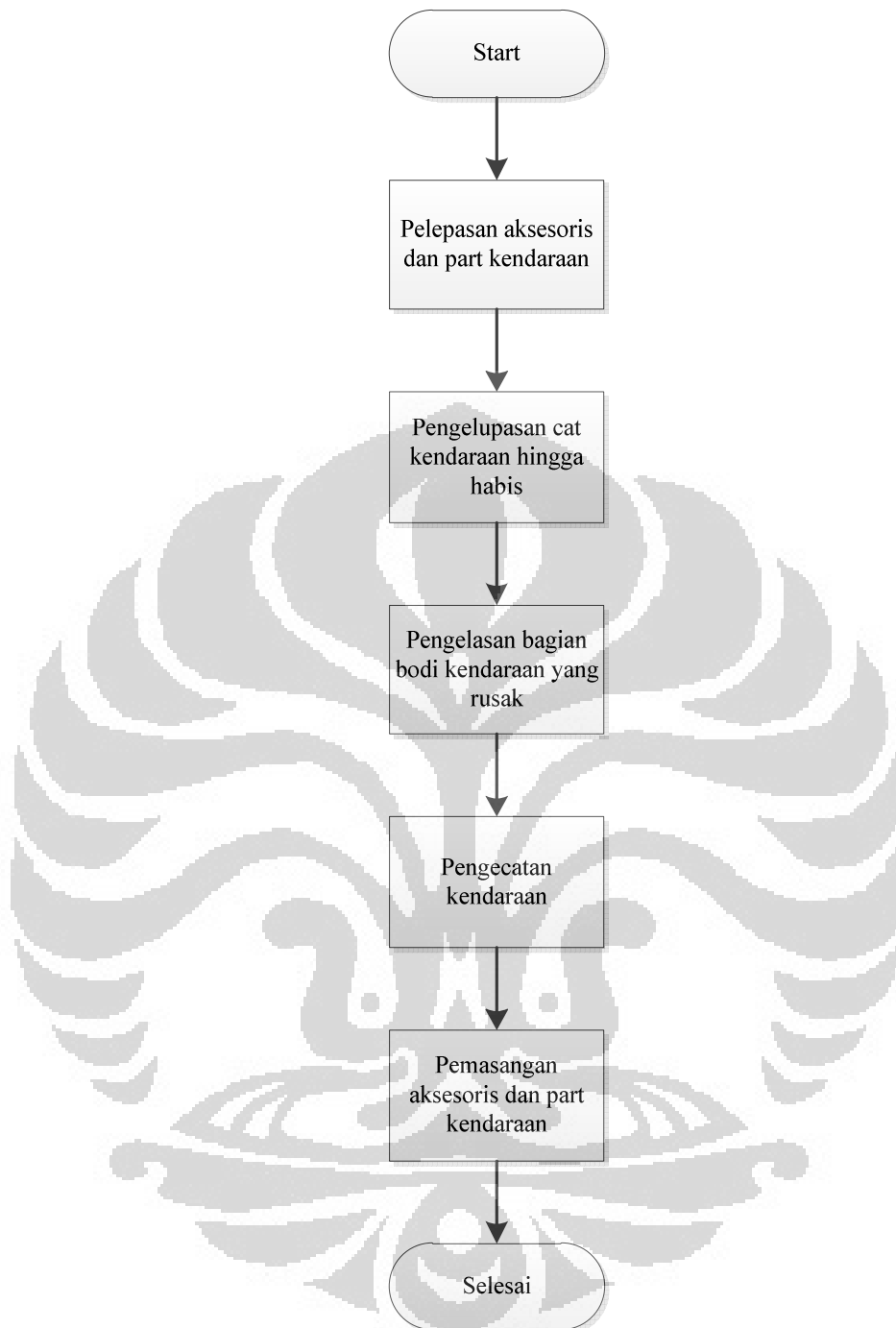
Dari diagram alir gambar 3.4 terlihat bahwa ketika kendaraan akan dikerjakan, hal pertama yang dilakukan adalah melepaskan aksesoris yang

melekat pada kendaraan tersebut dan bagian dalam kendaraan tersebut, hingga yang tersisa hanyalah bodi kendaraan saja dan bagian kaki-kaki saja.



Gambar 3.3 Diagram Alir Bengkel Deal Workshop

Kemudian pengelupasan cat kendaraan yang lama hingga terlihat pelat dasarnya. Setelah itu proses pengelasan pada bagian yang rusak dan proses pengecatan. Kemudian proses pengecatan dan terakhir pemasangan kembali aksesoris dan *part* kendaraan.

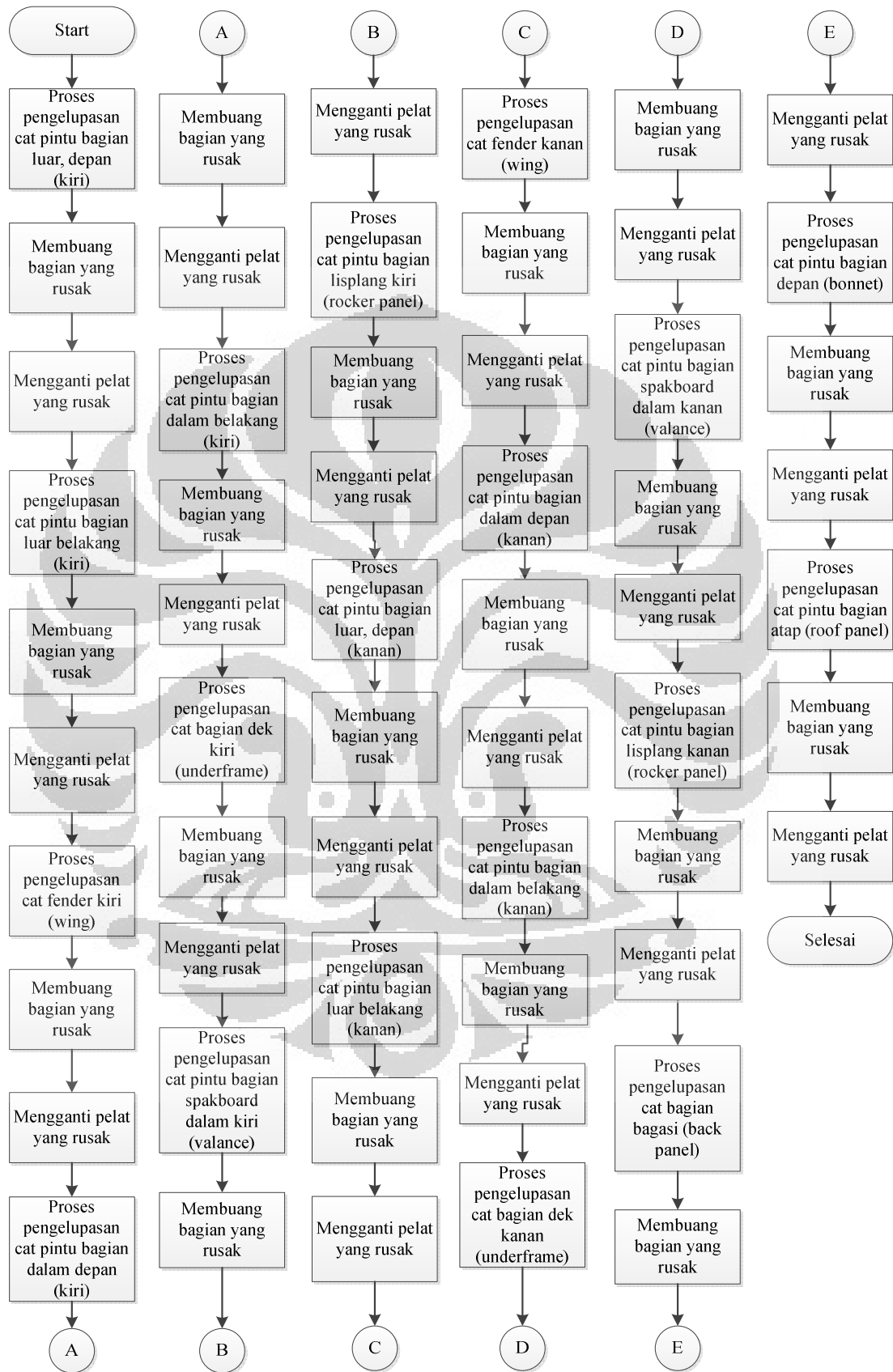


Gambar 3.4 Diagram Aliran Proses Perbaikan

Untuk lebih detail mengenai bagian proses pengelasan pada gambar diagram 3.4 dapat melihat pada gambar diagram 3.5. Sebagaimana terlihat pada diagram alir pada gambar 3.5, urutan proses pengelasan dimulai dari pintu bagian depan kiri dan terakhir pada bagian atap.

Adapun data perbaikan kendaraan tua yang sudah dikerjakan selama tahun 2011 dapat dilihat pada tabel 3.1.





Gambar 3.5 Diagram Alir Pekerjaan Bagian Pengelupasan

Tabel 3.1 Data Kendaraan yang Dikerjakan Selama Tahun 2011

No.	Kendaraan	Tipe	Tahun	Tingkat Kerusakan
1	Toyota Corolla	Sedan	1977	<30%
2	Toyota Corona	Sedan	1980	>60%
3	Honda Life	Sedan	1974	>60%
4	Honda Civic	Sedan	1977	>60%
5	Toyota Corolla DX	Sedan	1980	30%-60%
6	Toyota Corolla DX	Sedan	1980	>60%

Seperti terlihat pada tabel 3.1, kendaraan dengan tingkat kerusakan lebih dari 60% lebih dominan dibanding dengan kondisi yang kecil atau yang sedang. Kendaraan dengan tingkat kerusakan kecil kondisinya seperti pada gambar 3.6, kendaraan dengan kondisi sedang seperti pada gambar 3.7 dan kendaraan dengan kondisi parah atau lebih dari 60% seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.6 Kendaraan Dengan Kerusakan Kecil ( kurang dari 30%)



Gambar 3.7 Kendaraan Dengan Kerusakan Sedang (30%-60%)



Gambar 3.8 Kendaraan Dengan Kerusakan Besar (lebih besar dari 60%)

Sebagaimana terlihat pada tabel 1.1, kondisi tingkat kerusakan yang paling dominan adalah tingkat kerusakan lebih dari 60%, maka penelitian ini ditekankan pada kendaraan tua yang mengalami tingkat kerusakan lebih dari 60%.

### 3.2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data permasalahan pada lingkungan kerja yang akan diinput dan diolah dengan *software* Jack 6.1 dan Vicon Nexus. Data yang akan diolah adalah data antropometri pekerja Indonesia, data bentuk dari peralatan yang digunakan pekerja dan data postur pekerja saat melakukan pekerjaan.

#### 3.2.1. Data Identifikasi Masalah

Pada tahapan ini, dilakukan identifikasi masalah yang terjadi di lapangan, untuk mengetahui kondisi kerja yang tidak ergonomis. Dalam melakukan identifikasi kuisioner disebar kepada 7 orang pekerja yang bekerja pada bagian pengelasan di daerah Jakarta dan Bekasi. Setelah melakukan survei, data tersebut akan direkapitulasi, adapun data rekapitulasi kondisi umum pekerja seperti tabel 3.2.

Dapat dilihat pada tabel 3.2 memperlihatkan kondisi umum pekerja pada bagian pengelasan. Pada pertanyaan terakhir dapat disimpulkan bahwa bagian *rocker panel* adalah bagian yang paling banyak memberatkan secara fisik para pekerja. Oleh karena itu penelitian menitikberatkan pada bagian *rocker panel*. Setelah dilakukan wawancara lebih rinci, bagian yang di las yang paling memberatkan adalah bagian pada *rocker panel* seperti pada gambar 3.9.

Tabel 3.2 Rekapitulasi Kuisioner Bagian Pertama

No	Pertanyaan	Ya	Tidak			
1	Terganggu dengan posisi kerja	7 (100%)	0 (0%)			
2	Mengetahui bahaya dari posisi kerja	7 (100%)	0 (0%)			
No	Pertanyaan	Sangat Puas	Puas	Biasa Saja	Tidak Puas	Sangat Tidak Puas
1	Tingkat kepuasan di tempat kerja	0 (0%)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)	0 (0%)
No	Pertanyaan	Bagian Dek( Rocker Panel, Underframe, Valance)	Pintu Bagian Luar (Front Door, Back Door, Wing)	Pintu Bagian dalam	Bagasi	Bagian Depan
1	Bagian bodi kendaraan yang paling menyulitkan	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
No	Pertanyaan	Rocker Panel	Underframe			
1	Bagian yang dipilih, yang paling berat secara fisik	4 (57%)	3 (43%)			



Gambar 3.9 *Rocker Panel*

Oleh karena itu penelitian semakin dibatasi pada batasan masalahnya, yaitu penelitian hanya dilakukan pada *rocker panel* bagian bawah. Kemudian kuisisioner selanjutnya mengenai hubungan posisi kerja dengan kondisi tidak nyaman yang dialami oleh para pekerja. Hasil dari rekapitulasi sebagai berikut.

Tabel 3.3 Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Merasa Sering Tidak Nyaman

No.	Anggota Tubuh	Tidak Sering	Sering	Sering Sekali
1	Leher	2 (29%)	5 (71%)	0 (0%)
2	Bahu (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
3	Punggung Atas	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
4	Lengan (Kanan)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
	Atas (Kiri)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
5	Siku (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
6	Lengan (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	Bawah (Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
7	Punggung Bawah	0 (0%)	7 (100%)	0 (0%)
8	Pergelangan (Kanan)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
	Tangan (Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
9	Jari Tangan (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
10	Panggul	2 (29%)	5 (71%)	0 (0%)

Tabel 3.3 Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Merasa Sering Tidak Nyaman  
(lanjutan)

No.	Anggota Tubuh	Tidak Sering	Sering	Sering Sekali
11	Paha (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
12	Lutut (Kanan)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
13	Betis (Kanan)	3 (43%)	4 (57%)	0 (0%)
	(Kiri)	3 (43%)	4 (57%)	0 (0%)
14	Kaki (Kanan)	3 (43%)	4 (57%)	0 (0%)
	Bawah (Kiri)	3 (43%)	4 (57%)	0 (0%)

Kemudian pertanyaan kedua mengenai ketidaknyamanan, sakit, nyeri yang membuat kenyamanan menjadi terganggu, Hasil rekapitulasi dari pertanyaan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Mengganggu Tingkat  
Kenyamanan

No.	Anggota Tubuh	Sedikit tidak nyaman	Tidak nyaman	Sangat tidak nyaman
1	Leher	3 (43%)	4 (57%)	0 (0%)
2	Bahu (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
3	Punggung Atas	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
4	Lengan (Kanan)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
	Atas (Kiri)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
5	Siku (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
6	Lengan (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	Bawah (Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
7	Punggung Bawah	2 (29%)	5 (71%)	0 (0%)
8	Pergelangan (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	Tangan (Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
9	Jari Tangan (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
10	Panggul	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)

Tabel 3.4 Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Mengganggu Tingkat Kenyamanan (lanjutan)

No.	Anggota Tubuh	Sedikit tidak nyaman	Tidak nyaman	Sangat tidak nyaman
11	Paha (Kanan)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
12	Lutut (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
13	Betis (Kanan)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
	(Kiri)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
14	Kaki Bawah (Kanan)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
	(Kiri)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)

Dan pertanyaan terakhir mengenai gangguan dari ketidaknyamanan tersebut mempengaruhi kinerja pekerja tersebut atau tidak, adapun rekapitulasi pertanyaan dapat dilihat pada tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Mempengaruhi Kinerja

No.	Anggota Tubuh	Tidak terganggu	Agak terganggu	Sangat terganggu
1	Leher	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
2	Bahu (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
3	Punggung Atas	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
4	Lengan Atas (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
5	Siku (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
6	Lengan Bawah (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
7	Punggung Bawah	2 (29%)	5 (71%)	0 (0%)
8	Pergelangan Tangan (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
9	Jari Tangan (Kanan)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
	(Kiri)	7 (100%)	0 (0%)	0 (0%)

Tabel 3.5 Rekapitulasi Letak Bagian Tubuh yang Mempengaruhi Kinerja  
(lanjutan)

No.	Anggota Tubuh	Tidak terganggu	Agak terganggu	Sangat terganggu
10	Panggul	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
11	Paha (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
12	Lutut (Kanan)	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)
	(Kiri)	6 (86%)	1 (14%)	0 (0%)
13	Betis (Kanan)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
	(Kiri)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
14	Kaki (Kanan)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)
	Bawah (Kiri)	4 (57%)	3 (43%)	0 (0%)

Kuisisioner diatas, adalah kuisisioner yang telah disebar di wilayah Jakarta dan Bekasi tersebut. Dapat diidentifikasi bahwa bagian yang paling berat secara fisik dalam pengerjaan adalah bagian dek (*underframe*), bila diperinci lagi maka menuju ke 1 titik, yaitu bagian lisplang atau *rocker panel*. Dengan hasil kuisisioner tersebut maka penelitian dibatasi lagi dengan batasan dari hasil kuisisioner tersebut. Pada dasarnya teknik pengelasan yang digunakan pada bagian *rocker panel* adalah tehnik las titik (*spot welding*), dimana berdasarkan pengamatan di lapangan rata-rata pengelasan membutuhkan waktu 1 menit 59 detik. Dan panjang *rocker panel* sendiri bervariasi, mulai dari 148 mm hingga 177 mm seperti terlihat pada tabel 3.6. Pada tabel 3.6, titik pengelasan yang paling banyak adalah pada kendaraan corona, hal ini dikarenakan panjang dimensi *rocker panel* kendaraan tersebut paling panjang dibandingkan dengan yang lain.

Tabel 3.6 Panjang *Rocker panel* dan Jumlah Titik Pengelasan

No.	Tipe	Dimensi (cm)	Titik Pengelasan
1	Toyota Corolla	167	24
2	Toyota Corona	177	25
3	Honda Life	148	21
4	Honda Civic	155	22
5	Toyota Corolla DX	167	24
6	Toyota Corolla DX	167	24



### 3.2.2. Data Antropometri

Data antropometri yang dikumpulkan adalah data tinggi badan dan berat badan pada pekerja di bengkel Deal Workshop pada bagian pengelasan sebanyak 2 orang. Dengan adanya data ini, maka ini dapat dijadikan sebagai input ke *software* Jack 6.1 untuk menganalisa lebih lanjut. Pengukuran ini menggunakan alat berupa penggaris besi, meteran, dan timbangan digital.

Tabel 3.7 Data Antropometri Dari Lapangan

Pengamatan	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
1	159	48
2	165	52

Tabel 3.6 didapat dari data yang sudah dikumpulkan dari lapangan, jika diolah untuk mencari data persentil akan terlihat pada tabel 3.7. Kemudian dibandingkan dengan data yang dimiliki oleh antropometri orang Indonesia yang didapat dari Perhimpunan Ergonomi Indonesia seperti tabel 3.8.

Tabel 3.8 Data Persentil Aktual

No	Keterangan	Data Pengamatan		
		Persentil 5	Persentil 50	Persentil 95
1	Tinggi Badan	159	165	165
2	Berat Badan	48	52	52

Pada data pekerja antropometri indonesia “berat badan” tidak tersedia, maka pada penelitian ini hanya dibandingkan tinggi badan saja.

Tabel 3.9 Data Pekerja Antropometri Indonesia

No	Dimensi	Ukuran Dimensi Tubuh		
		Persentil 5	Persentil 50	Persentil 95
1	Jangkauan tangan ke depan	59	72	83
2	Lebar bahu	33	40	46
3	Lebar pinggul	26,17	33	40
4	Panjang alas kaki	20,95	24	27
5	Lebar alas kaki	8,5	10	12

Sumber : PEI “diolah kembali”

Tabel 3.9 Data Pekerja Antropometri Indonesia (lanjutan)

No	Dimensi	Ukuran Dimensi Tubuh		
		Persentil 5	Persentil 50	Persentil 95
6	Panjang lengan	47,7	48,3	48,3
7	Rentangan tangan	141	161	176,7
8	Siku ke siku	33	41	49,06
9	Tinggi berdiri tegak	144,95	159,5	172
10	Tinggi lutut	37	44	52
11	Tinggi mata berdiri	133	147,5	160,55
12	Tinggi Popliteal	34	40,6	46
13	Tinggi siku	89	100	109,7

Sumber : PEI “diolah kembali”

Adanya perbedaan yang signifikan pada tinggi badan hasil pengukuran di lapangan dengan data dari PEI dipengaruhi oleh jumlah data yang dimiliki oleh PEI lebih banyak jika dibandingkan dengan data hasil pengukuran. Dengan demikian data dari penelitian dapat digunakan dalam penelitian.

### 3.2.3. Data Peralatan Lapangan

Dalam melakukan penelitian data diambil dari lapangan dimana benda kerja yang digunakan terdapat pada tempat penelitian. Data benda kerja dan peralatan yang digunakan antara lain.

#### 3.2.3.1. Kendaraan Perbaikan

Kendaraan yang sedang diperbaiki adalah kendaraan yang memiliki tingkat kerusakan lebih dari 60% sehingga perlu adanya proses pengelasan pada hampir seluruh bagian kendaraan. Jika dilihat dari banyaknya kendaraan yang memiliki tingkat kerusakan lebih dari 60% yang ditampilkan pada tabel 3.6, ada empat macam kendaraan yang dikerjakan dibengkel tersebut, yaitu Toyota Corolla DX, Toyota Corona, Honda Civic, dan Honda Life. Untuk kendaraan Toyota Corona memiliki panjang bidang yang paling panjang sedangkan Honda Life memiliki bidang paling pendek.

Dari keempat kendaraan tersebut, seluruh bagian *rocker panel* mengalami pengelasan sepanjang bidang *rocker panel* tersebut.

#### 3.2.3.2. Gas Welding

Proses penggabungan antara dua material atau lebih menggunakan tiga teknik, yaitu menggunakan baut dan mur sebagai pemersatu, menggunakan

pengelasan, dan menggunakan lem. Dimana pada penelitian ini, penggabungan dari dua material atau lebih tersebut menggunakan teknik pengelasan.



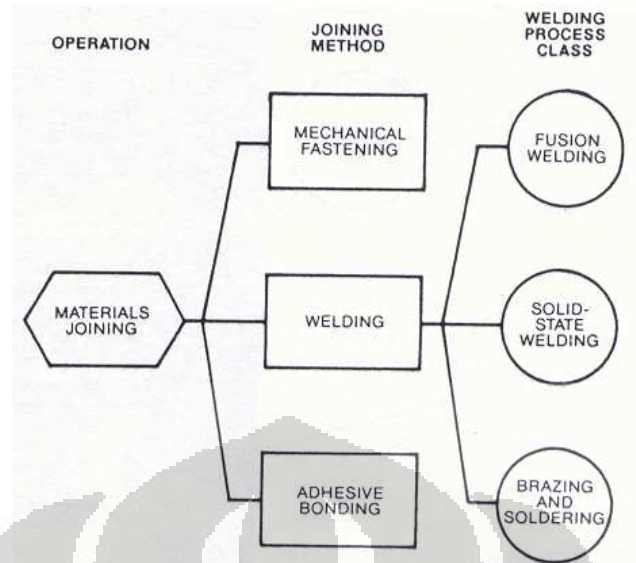
Gambar 3.10 Toyota Corolla DX



Gambar 3.11 Honda Civic A/T



Gambar 3.12 Honda Life

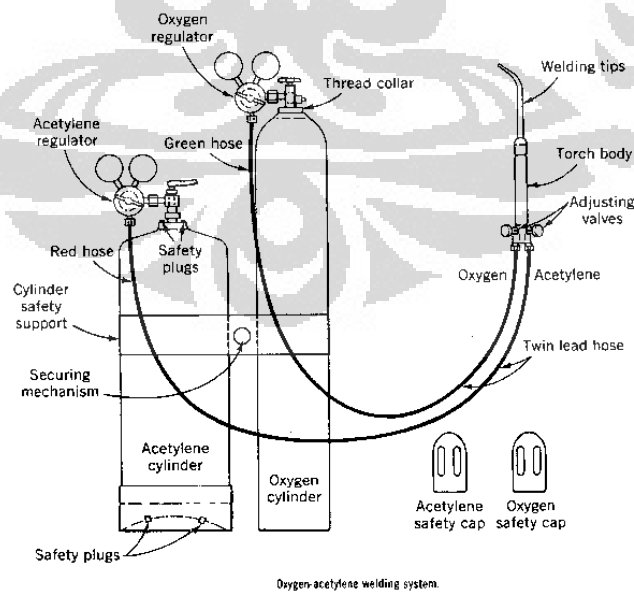


**Joining methods diagram. (Courtesy AWS.)**

Gambar 3.13 Klasifikasi Metode Penggabungan

Sumber : *Guide To Welding*

Dari klasifikasi gambar 3.13, pengelasan yang digunakan adalah jenis *oxy gas*, dimana dalam klasifikasi pada gambar 3.13 termasuk pada jenis *fusion welding*. Pengelasan jenis ini adalah pengelasan yang dilakukan dengan cara membakar bahan bakar gas dengan oksigen sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi sehingga kedua logam tersebut dapat mencair dan menjadi satu.



Gambar 3.14 Gas Welding

Sumber : *Guide To Welding*

### 3.2.3.3. Peralatan Perkakas

Peralatan perkakas berfungsi sebagai pendukung dari kegiatan utama pada pengelasan tersebut. Alat tersebut bermacam-macam, antara lain palu, tang potong, tang jepit, sikat kawat, dan lainnya.



Gambar 3.15 Peralatan Perkakas

### 3.2.3.4. Data Gerakan dan Bentuk Tubuh Pekerja

Data pekerja mengenai gerakan dan postur tubuh menggunakan alat bantu telepon genggam yang bisa difungsikan sebagai kamera dan perekam gerakan. Setelah data tersebut dikumpulkan, nantinya akan disimulasikan dengan menggunakan *motion capture*, diolah dengan menggunakan *software* Vicon Nexus dan dipindahkan ke *software* Jack 6.1 untuk dianalisa.



Gambar 3.16 Posisi Kerja (kiri) Dan Bidang Kerja (kanan)

Pada gambar 3.16 menunjukkan posisi kerja aktual yang dilakukan pada pekerja (kiri) dan area bidang yang sedang dikerjakan (kanan). Sebagaimana disebutkan pada hasil kuisisioner diatas, maka penelitian hanya dilakukan pada posisi kerja dan bagian kendaraan yang seperti gambar 3.16. Setelah data posisi kerja dan gerakan pekerja dikumpulkan, maka selanjutnya akan disimulasikan

dengan menggunakan bantuan *motion capture* dan untuk menganalisa hasil penelitian menggunakan *software* Jack 6.1.

### 3.3. Pembuatan Model

Pada proses ini, akan dibuat sebuah model dari hasil pengumpulan data sebelumnya menjadi sebuah simulasi yang akan diperagakan sesuai dengan kondisi aktual. Simulasi akan diperagakan oleh model dalam membuat simulasi. Seperti dijelaskan sebelumnya, model akan memeragakan simulasi dengan bantuan alat *motion capture* yang akan diolah dengan menggunakan *software* Vicon Nexus 1.5.1. Setelah diolah simulasi dipindahkan ke *software* Jack 6.1 untuk dianalisa gerakan dan postur model. Model pertama adalah kondisi aktual sebenarnya. Untuk membuat model simulasi yang terbaik dilakukan dengan cara uji coba, cara ini dicoba untuk mencari kondisi terbaik. Variabel yang digunakan adalah presentil data antropometri manusia yang dipakai, ketinggian objek dari lantai dasar, dan posisi postur pekerja. Untuk melihat konfigurasi yang akan diujikan dapat dilihat pada Bab Empat.

Kemudian pada tahap selanjutnya adalah membuat perancangan model. Untuk penjelasan urutan proses tersebut dapat dilihat pada gambar 3.17 dibawah ini.

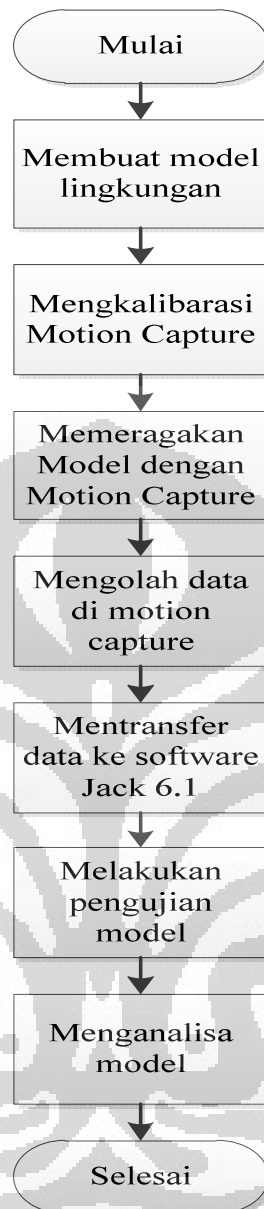
#### 3.3.1. Membuat Model *Environment*

Tahapan pertama dalam perancangan model adalah membuat model benda kerja sedemikian rupa hingga menyerupai kondisi aktualnya. Pada tahapan ini model benda kerja dibuat dengan menggunakan bahan *styrofoam*, dan peralatan yang digunakan menggunakan alat yang mendekati kondisi sebenarnya.

#### 3.3.2. Mengkalibrasi Vicon Nexus *Motion Capture* dan Mengatur Titik *Origin*

Sebelum memulai menggunakan alat *motion capture*, perlu dilakukan kalibrasi agar saat menggunakannya tidak terjadi kesalahan saat menetapkan suatu titik. Hal yang pertama dilakukan adalah mengkalibrasi *MX Camera* menggunakan 240mm *wand*. Bentuk 240mm *wand* dapat dilihat pada gambar 3.18.

Pastikan bahwa 240mm *wand* atau *T-frame* terdeteksi oleh *MX Camera*, dan pastikan pada saat setting kalibrasi, 240mm *wand* dan *L-frame* 14mm dipilih. Setelah semua sudah sesuai, dapat dilakukan kalibrasi.

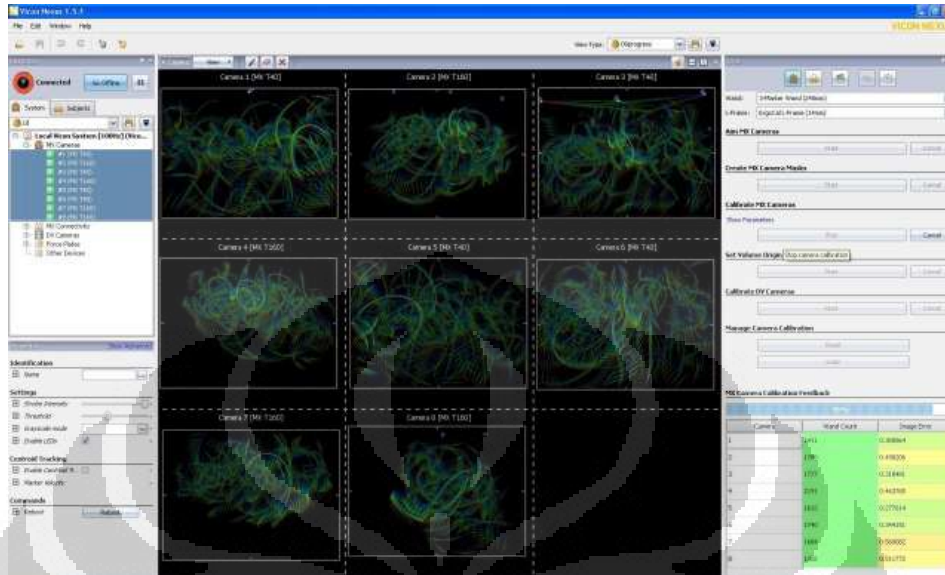


Gambar 3.17 Diagram Alir Perancangan Model



Gambar 3.18 240mm Wand

Kalibrasi dilakukan dengan seorang yang membawa *T-frame* berjalan ditengah area yang tertangkap kamera dengan memutar-mutarkan *T-frame* tersebut membentuk angka delapan seperti gambar 3.19 berikut ini.



Gambar 3.19 Gelombang *Wand* Saat Kalibrasi

Untuk membuktikan kalibrasi telah berhasil dapat dilihat pada kotak *Image Error*, apabila berwarna hijau pada seluruh kamera, maka kalibrasi telah berhasil.

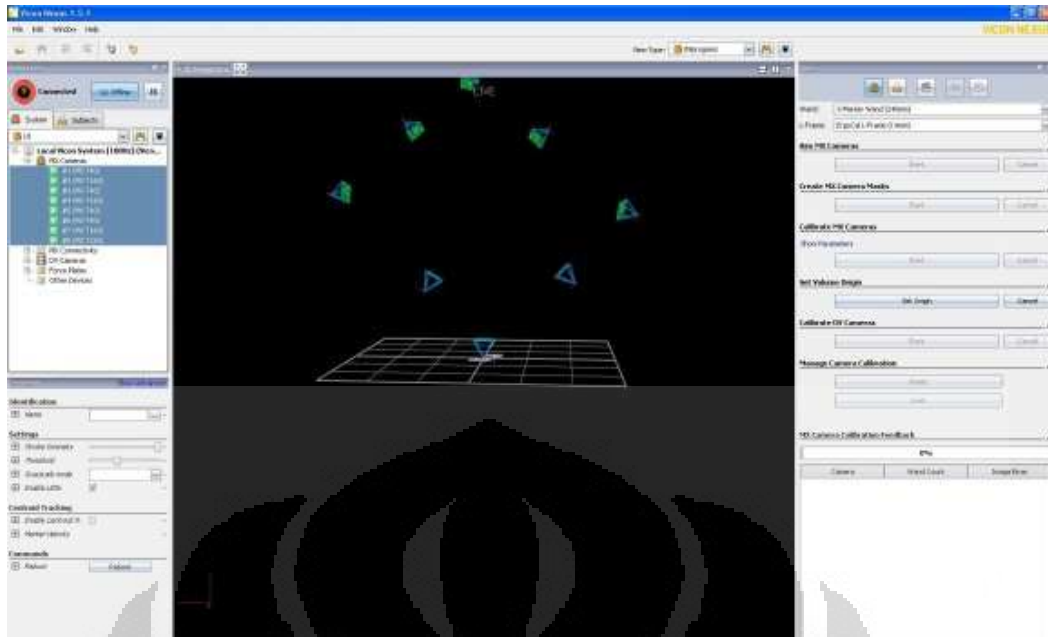
Setelah kalibrasi, kemudian menentukan titik *Origin*. Untuk melakukan titik *origin* tersebut memerlukan sebuah alat yaitu *L-14mm Frame (L-frame)*. Bentuk dari *L-frame* dapat dilihat pada gambar 3.20 berikut ini.



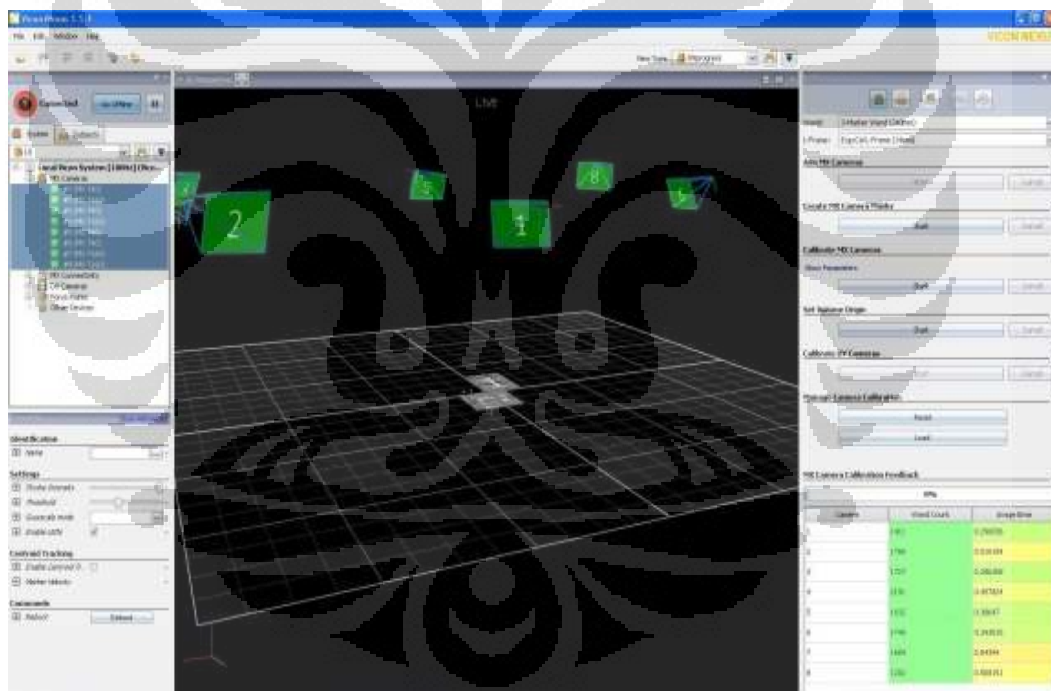
Gambar 3.20 *L-frame*

Letakkan *L-frame* pada posisi bebas, ditengah area *MX Camera*. Kemudian setting *origin* pada *software motion capture*. Kondisi sebelum dan setelah kalibrasi seperti gambar 3.21 dibawah ini.





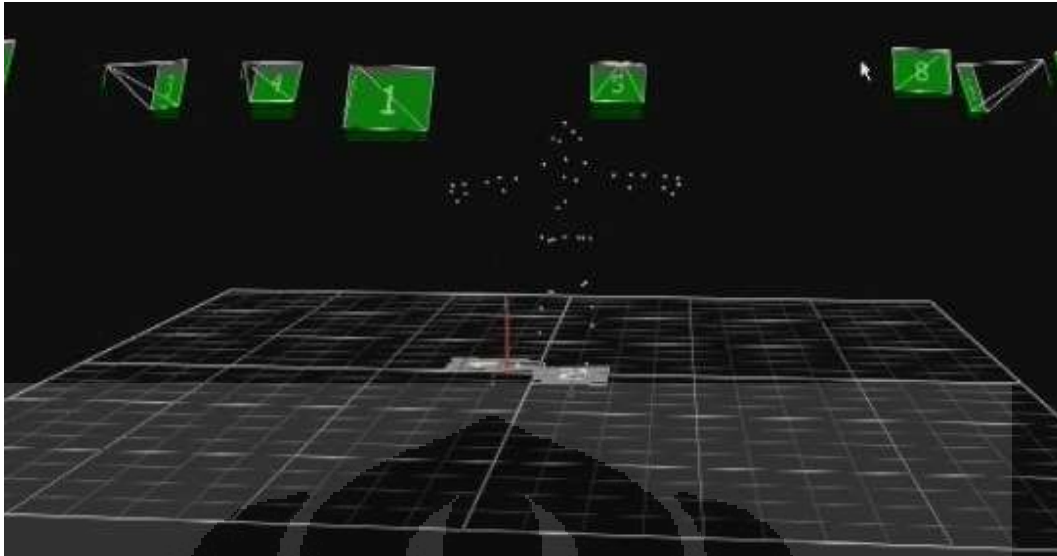
Gambar 3.21 Kondisi Sebelum Dilakukan Titik *Origin*



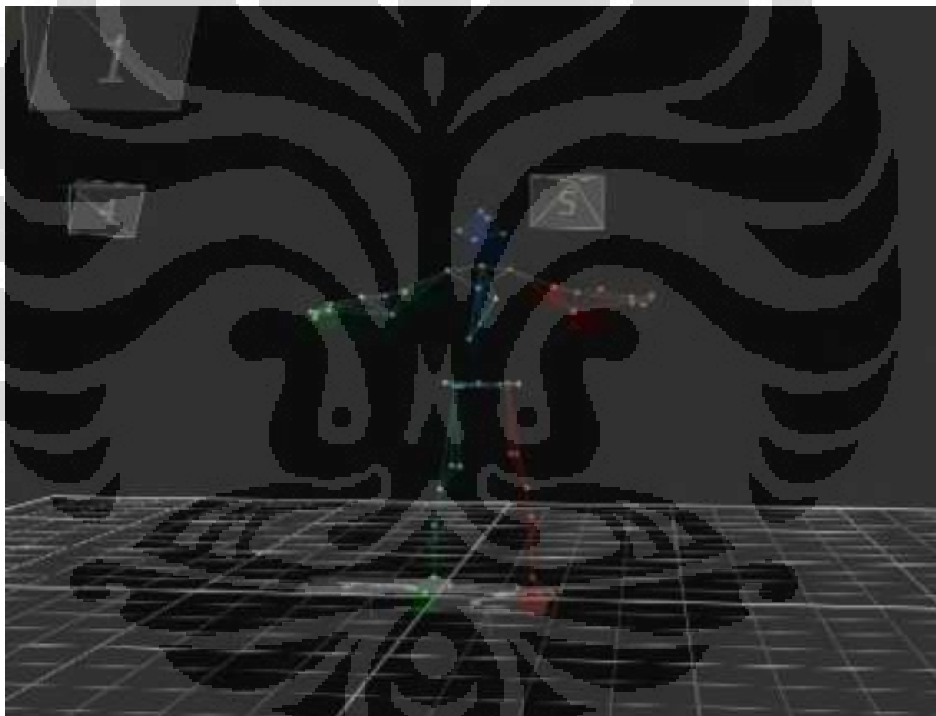
Gambar 3.22 Kondisi Setelah Mengatur Titik *Origin*

### 3.3.3. Memeragakan Model Menggunakan *Motion Capture*

Model menggunakan objek manusia sebagai alat peraga menggunakan perangkat *motion capture*. Dengan menggunakan perangkat ini, gerakan manusia tersebut akan direkam dan dipindai menjadi *virtual environment*. Hal pertama yang dilakukan sebelum memeragakan model adalah dengan posisi *T-pose* untuk memberikan *markers*. Perhatikan gambar 3.22 berikut ini.



Gambar 3.23 Posisi *T-pose* Sebelum Pemberian *Markers*

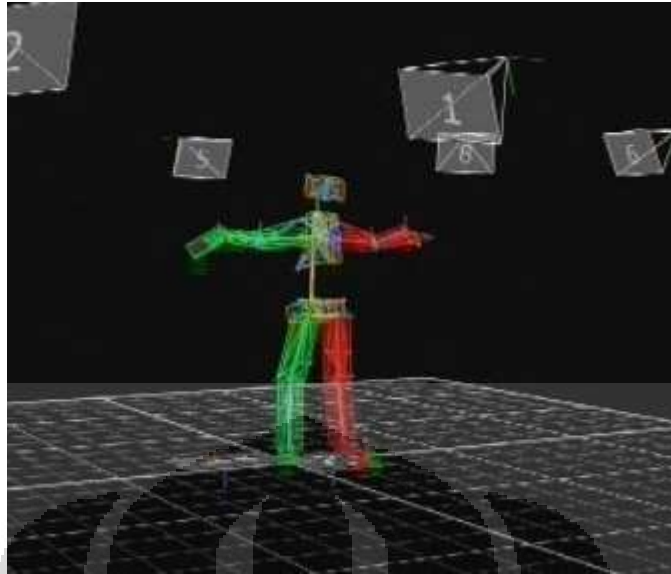


Gambar 3.24 Posisi *T-pose* Sesudah Pemberian *Markers*

Setelah diberikan *markers*, maka model *diconstruct* dan pemberian label. Kemudian jalankan *tab processing* untuk *Pipeline Static Subject Calibration* dan *Fit Subject Motion* dan klik *Play*.

Setelah *pipeline*, maka model dapat dijalankan dipindai ke *software* Jack 6.1. Kemudian model melakukan kegiatan pengelasan seperti yang dilakukan para pekerja bagian pengelasan. Maka dari hasil tersebut, simulasi pada *motion capture* dipindahkan ke *software* Jack 6.1.

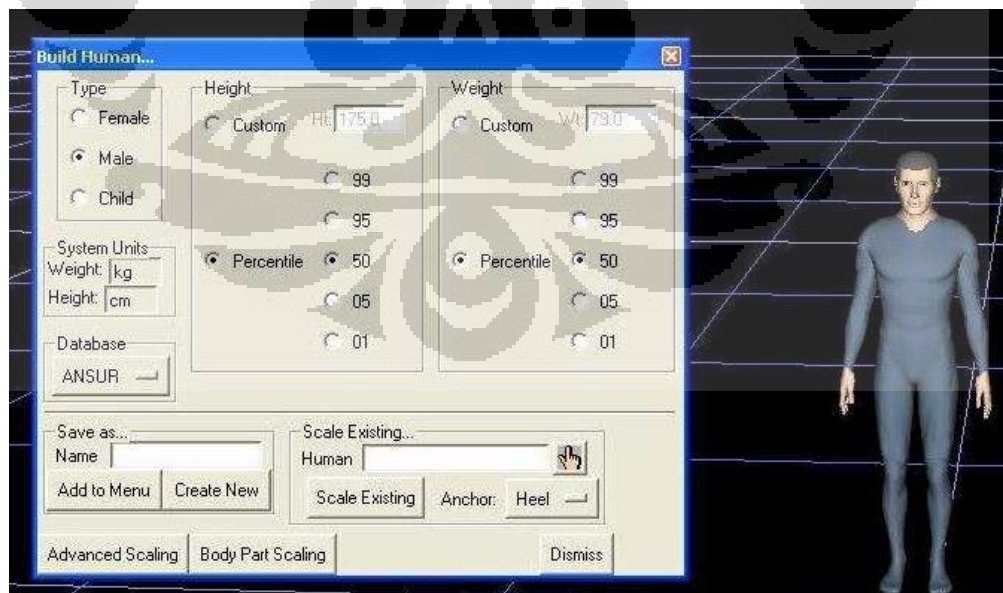
**Universitas Indonesia**



Gambar 3.25 *T-pose* Setelah *Pipeline* dan *Labelling*

#### 3.3.4. Memindahkan Model ke *Software* Jack 6.1

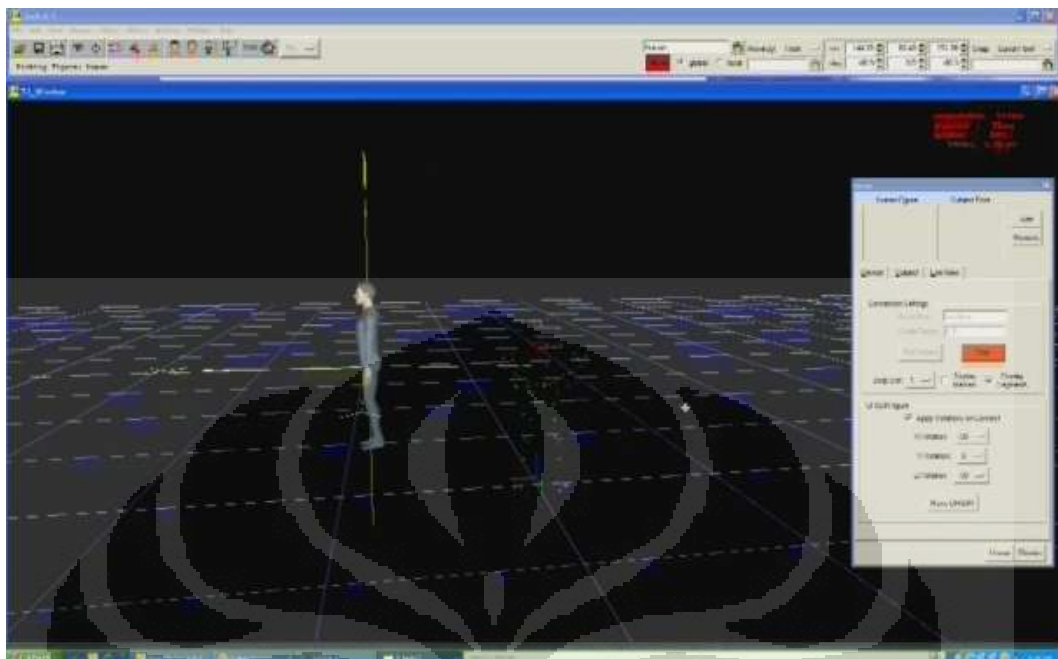
Model yang telah simulasikan dipindahkan ke *software* Jack 6.1, maka akan muncul *Display Segment* seperti di *motion capture*. Masukkan manekin (virtual human) yang tersedia pada *software* Jack 6.1. data antropometri yang digunakan adalah data antropometri tinggi badan dan berat badan yang diambil dari kondisi aktual di lapangan, dengan persentil 5 dan 95. Input data antropometri menggunakan *basic scaling*, input data dapat dilihat pada gambar 3.16.



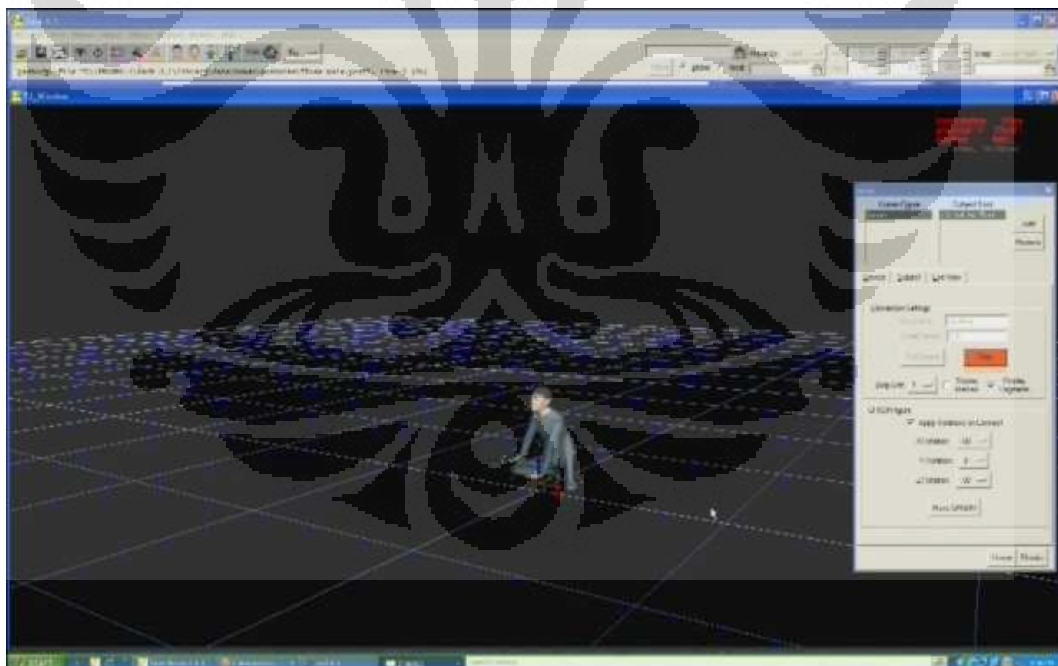
Gambar 3.26 Pengaturan Antropometri Dengan *Basic Scaling*

Setelah data manekin disesuaikan, saatnya menyatukan data postur model dengan manekin di *software* Jack 6.1. Perbedaan manekin yang belum disatukan

dengan model dan yang sudah disatukan dengan model dapat dilihat pada gambar 3.17 dibawah ini.



Gambar 3.27 Manekin yang Belum Disatukan

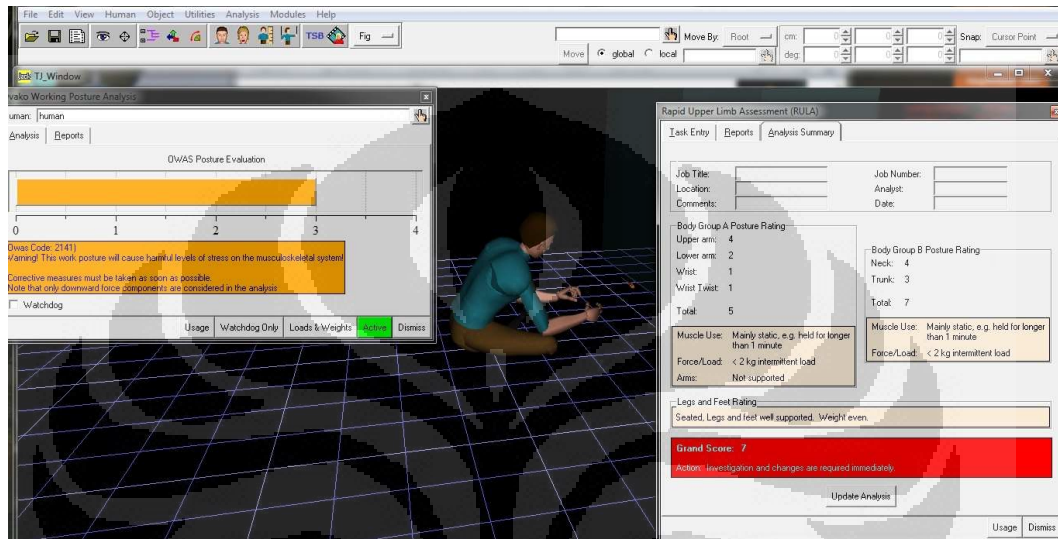


Gambar 3.28 Manekin yang Sudah Disatukan

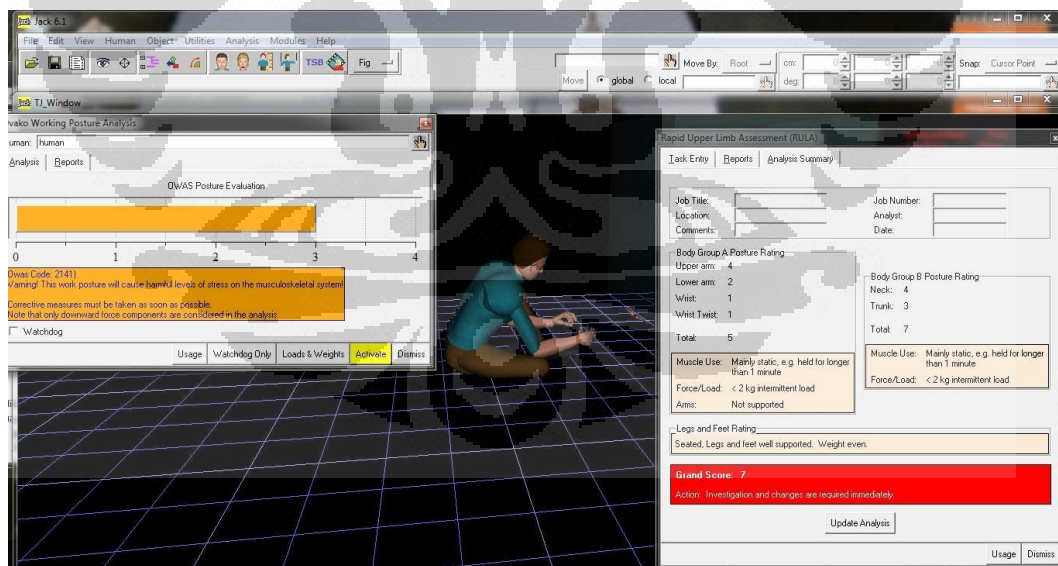
Setelah proses diatas, maka manekin diuji verifikasi dan validitasnya. Uji verifikasi adalah dimana objek tersebut dapat bergerak sesuai simulasi yang telah dibuat dan jika diperhatikan pada saat *Task analysis Toolkit* adanya perubahan nilai. Kemudian uji validasi, mengujinya dengan merekayasa beban yang diterima

**Universitas Indonesia**

model. Beban yang diberikan lebih berat dari keadaan normal, jika pada TAT ada perubahan nilai analisa, maka model tersebut valid. Model yang disimulasikan, ketika diuji adanya perubahan pada nilai analisa RULA dan OWAS. Pada posisi pengelasannya tidak terjadi perubahan nilai, karena pada saat tidak diberikan beban sudah menunjukkan nilai maksimum. Gambar 3.18 berikut ini adalah hasil analisa OWAS dan RULA pada persentil 5 dan 95.



Gambar 3.29 Data Persentil 5



Gambar 3.30 Data Persentil 95

Dari gambar 3.26 terlihat nilai yang didapat dari OWAS dan RULA adalah nilai maksimal, yaitu 3 untuk OWAS dan 7 untuk RULA pada persentil 5 dan 3 untuk OWAS dan 7 untuk RULA pada persentil 95.

### 3.4. Validasi Data

Untuk membuktikan apakah hasil analisis dari Jack 6.1 sesuai atau tidak, perlu dilakukan suatu validasi untuk membuktikan hasil tersebut. Validasi data pada penelitian ini adalah dengan menilai posisi kerja dengan metode RULA dan OWAS secara manual, kemudian dicocokkan nilai dari hasil analisis dengan hasil perhitungan manual.

Validasi yang pertama adalah dengan metode RULA, dimana pada video rekaman dilakukan penilaian pada posisi kerja dengan menggunakan form penilaian RULA. Pada *form* tersebut penilaian dibagi menjadi dua grup, grup A meliputi lengan atas dan bawah serta pergelangan tangan. Sedangkan grup B meliputi leher, punggung dan kaki. Yang mempengaruhi pembobotan pada grup A adalah posisi lengan atas, posisi lengan bawah, posisi pergelangan tangan, putaran pergelangan tangan, pemakaian otot dan beban yang diterima. Sedangkan grup B dipengaruhi oleh posisi leher, posisi punggung, posisi kaki, pemakaian otot, dan beban yang diterima. Dari hasil pembobotan pada grup A didapat hasilnya adalah 5 dan hasil dari pembobotan grup B adalah 8. Maka akan muncul nilai akhir yang menentukan kondisi aktual dari posisi kerja yang sedang dilakukannya. Nilai akhir dari penilaian RULA adalah 7. Nilai tersebut sama dengan hasil dari analisa Jack 6.1, hal ini membuktikan bahwa penilaian dengan menggunakan Jack 6.1 sudah menyerupai perhitungan manual. Adanya perbedaan pada penilaian grup A dan B antara hasil komputansi Jack 6.1 dan hasil manual disebabkan karena kurang teliti dalam memberikan nilai dan adanya subyektifitas terhadap pekerja. Namun perbedaan nilai ini masih dapat ditoleransi, dan hasil akhir dari perhitungan manual ini sama dengan hasil komputansi Jack 6.1.

Validasi yang kedua adalah dengan metode OWAS, metode penilaian sama seperti metode RULA hanya saja tidak dibagi menjadi 2 grup. Pada metode OWAS bagian tubuh yang diamati adalah punggung, lengan dan kaki serta beban yang diterima tubuh. Metode OWAS lebih memfokuskan pada punggung dan kaki. Dari hasil penilaian secara manual didapat hasilnya adalah 4. Hasil penilaian ini berbeda dengan penilaian komputansi OWAS di Jack 6.1, hal ini menunjukkan pada perhitungan dengan cara manual kurang teliti dan ada unsur subjektif pada objek penelitian.

Tabel 3.10 Penilaian RULA Tabel A

		Table A: Wrist Posture Score							
Upper Arm	Lower Arm	1		2		3		4	
		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist		Wrist Twist	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	6	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Sumber: Applied Ergonomics (1993)

Tabel 3.11 Penilaian RULA Tabel B

		Table B: Trunk Posture Score											
Neck Posture Score		1		2		3		4		5		6	
		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs		Legs	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1		1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2		2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3		3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4		5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8
5		7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6		8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Sumber: Applied Ergonomics (1993)

Tabel 3.12 Penilaian Akhir RULA Tabel C

		Table C: Neck, trunk and leg score						
Wrist and Arm Score		1	2	3	4	5	6	7+
		1	1	2	3	3	4	5
2	2	2	3	4	4	5	5	
3	3	3	3	4	4	5	6	
4	3	3	3	4	5	6	6	
5	4	4	4	5	6	7	7	
6	4	4	5	6	6	7	7	
7	5	5	6	6	7	7	7	
8+	5	5	6	7	7	7	7	

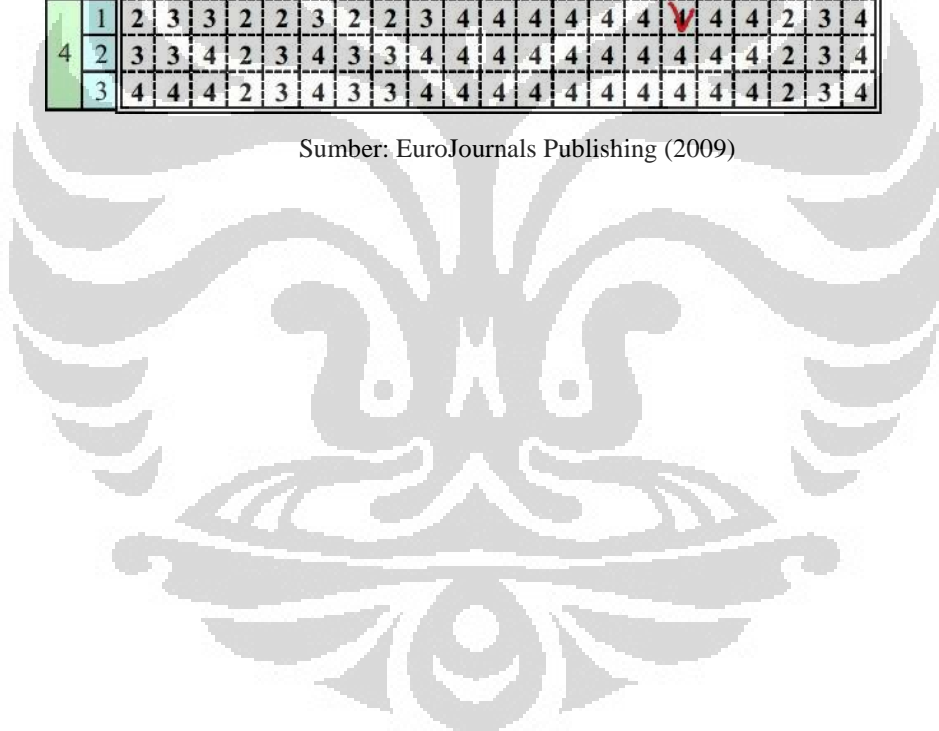
Sumber: Applied Ergonomics (1993)

Perbedaan yang selisih 1 poin ini masih dapat ditoleransi mengingat dengan menggunakan Jack 6.1 sudah menyerupai perhitungan manual.

Tabel 3.13 Penilaian OWAS

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs	Load Handled
		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	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	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	3	3		
	2	2	2	3	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	2	3	4		
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1		
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	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	V	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: EuroJournals Publishing (2009)





## BAB 4

### ANALISIS DAN PERBAIKAN

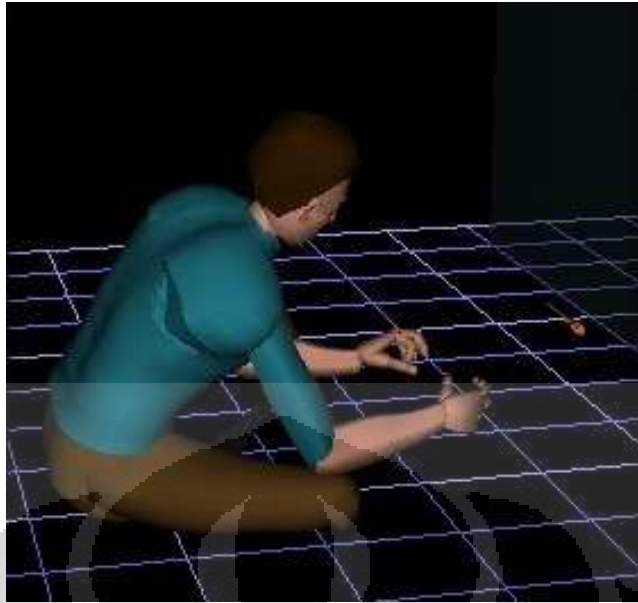
Bab keempat membahas mengenai analisis dari model yang sedang memeragakan kondisi aktual dan jika ditemukan masalah dilakukan perbaikan terhadap model tersebut. Model yang sudah dirancang akan dianalisis menggunakan fitur-fitur yang ada pada Jack 6.1 yaitu RULA dan OWAS.

#### 4.1. Analisis Model

Setelah model divalidasi pada bab sebelumnya, kemudian model akan dianalisis menggunakan fitur-fitur analisis yang tersedia pada Jack 6.1. Fitur-fitur yang tersedia pada Jack 6.1 adalah analisis umum ergonomis yang sering digunakan dalam penelitian-penelitian yang dilakukan di dunia selama ini. Seperti Static Strength Prediction, NIOSH, RULA, dan sebagainya. Software Jack 6.1 hanya mengkomputansi perhitungan yang umumnya digunakan untuk analisis secara otomatis sehingga memudahkan pekerjaan peneliti dalam menganalisis modelnya. Pada penelitian ini hanya difokuskan pada satu kondisi dari masing-masing persentil dari manekin yaitu persentil 5 dan 95. Pengambilan kedua persentil tersebut ini bertujuan untuk mengetahui level ergonomis pada kondisi ekstrim minimum dan ekstrim maksimum. Dari hasil analisis tersebut akan dilihat nilai ergonomis dari dua metode yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan menggunakan persentil 5 dan 95 akan dilihat perbedaan dampak yang terjadi pada dua persentil tersebut. Gambar 4.1 dan 4.2 adalah salah satu bagian dari simulasi masing-masing dari kedua persentil model.

##### 4.1.1. *Rapid Upper Limb Analysis* (RULA)

Simulasi yang dilakukan pada *motion capture* kemudian dipindahkan ke Jack 6.1 untuk dianalisis. Analisis RULA lebih memfokuskan diri pada tubuh bagian atas. Analisis RULA dilakukan pada dua model manekin dengan antropometri yang berbeda sesuai persentil 5 dan 95 yang didapat dari kondisi aktual. Pada penelitian kali ini posisi kerja yang dianalisis adalah saat sedang melakukan pengelasan, sebagaimana yang dikeluhkan oleh para pekerja. Skor yang tinggi menandakan kondisi yang semakin tidak ergonomis dalam bekerja atau sudah beresiko terhadap gangguan muskuloskeletal.



Gambar 4.1 Model Manekin Persentil 5



Gambar 4.2 Model Manekin Persentil 95

Hasil komputansi analisis RULA pada persentil 5 dapat dilihat pada gambar 4.3, dimana nilai akhir adalah 7, yang artinya harus diadakan investigasi pada posisi kerja yang sedang dialami dan harus dilakukan perubahan terhadap posisi kerja yang saat ini dilakukan. Dalam analisis tersebut terlihat dimana skor akhir dipengaruhi oleh dua grup, grup A dan grup B. Dimana grup A itu sendiri dipengaruhi oleh lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan, putaran pergelangan tangan.

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

Job Information	
Job Title:	[Empty]
Location:	[Empty]
Comments:	[Empty]
Job Number:	[Empty]
Analyst:	[Empty]
Date:	[Empty]

Body Group A Posture Rating	
Upper arm:	4
Lower arm:	2
Wrist:	1
Wrist Twist:	1
<b>Total:</b>	<b>5</b>

Body Group B Posture Rating	
Neck:	4
Trunk:	3
<b>Total:</b>	<b>7</b>

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

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

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

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar 4.3 Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 5

Terlihat pada gambar 4.3 nilai untuk tiap elemen adalah:

- a. Lengan bagian atas adalah 4
- b. Nilai lengan bagian bawah adalah 2
- c. Nilai pergelangan adalah 1
- d. Nilai putaran pergelangan tangan adalah 1.

Nilai total untuk grup A adalah 5, jika diamati pada elemen penentu nilai grup A, lengan bagian atas mendapat nilai paling besar, yaitu 4. Nilai ini didapat dari lengan atas yang membentuk sudut 50°. Perlu mendapat perhatian karena akan berpengaruh pada masalah gangguan muskuloskeletal bagian lengan atas. Sedangkan lengan bagian bawah mendapat nilai terparah nomor dua dari grup A, nilai 2 ini didapat dari posisi siku yang membentuk sudut 110°. Lengan bagian

bawah perlu juga harus diperbaiki posisinya agar dapat menghindari gangguan muskuloskeletal. Pada bagian pergelangan tangan dan posisi putaran pergelangan tangan tidak mengalami nilai yang buruk. Dua elemen terakhir tidak menjadi penyebab nilai pada grup A menjadi tinggi. Karena posisi pergelangan tidak memutar dan tidak menekuk.

Adapun nilai total dari grup B adalah 7. Jika diamati pada elemen penentu dari nilai grup B, adalah bagian leher dan bagian punggung. Terlihat pada gambar 4.3 nilai tiap elemen adalah:

- a. Nilai bagian leher adalah 4.
- b. Nilai bagian punggung adalah 3.

Nilai total untuk grup B adalah 7, jika diamati pada elemen penentu nilai grup B, bagian leher dan bagian punggung sama-sama mendapat nilai yang besar yaitu 4. Nilai 4 pada bagian leher dikarenakan posisi leher saat bekerja menekuk ke samping dan sedikit menengadahkan. Hal ini membahayakan karena dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal pada bagian kepala. Oleh karena itu perlu mendapat perhatian pada bagian ini. Sedangkan pada bagian punggung mendapat nilai 3, hal ini dikarenakan pada posisi punggung membungkuk hingga  $50^\circ$  dan membengkok ke samping. Nilai yang besar ini harus segera dilakukan perbaikan, karena akan berdampak pada pekerja sehingga mendapat gangguan muskuloskeletal.

Oleh karena itu pada model manekin dengan persentil 5 yang dianalisis dengan metode RULA bagian yang perlu mendapat perhatian adalah, bagian leher, bagian punggung, dan lengan bagian atas.

Hasil komputansi analisis RULA pada persentil 95 dapat dilihat pada gambar 4.4, dimana nilai akhir adalah 7, yang artinya harus diadakan investigasi pada posisi kerja yang sedang dialami dan harus dilakukan perubahan terhadap posisi kerja yang saat ini dilakukan. Dalam analisis tersebut terlihat dimana skor akhir dipengaruhi oleh dua grup, grup A dan grup B. Dimana grup A itu sendiri dipengaruhi oleh lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan, putaran pergelangan tangan. Terlihat pada gambar 4.3 nilai untuk tiap elemen adalah:

- a. Lengan bagian atas adalah 4
- b. Nilai lengan bagian bawah adalah 2

- c. Nilai pergelangan adalah 1
- d. Nilai putaran pergelangan tangan adalah 1.

Nilai total untuk grup A adalah 5, jika diamati pada elemen penentu nilai grup A, lengan bagian atas mendapat nilai paling besar, yaitu 4. Nilai ini didapat dari lengan atas yang membentuk sudut 50°.

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

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

Body Group A Posture Rating	
Upper arm:	4
Lower arm:	2
Wrist:	1
Wrist Twist:	1
<b>Total:</b>	<b>5</b>

Body Group B Posture Rating	
Neck:	4
Trunk:	3
<b>Total:</b>	<b>7</b>

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

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

**Grand Score: 7**

Action: Investigation and changes are required immediately.

Buttons: Update Analysis, Usage, Dismiss

Gambar 4.4 Analisis RULA Kondisi Aktual Persentil 95

Perlu mendapat perhatian karena akan berpengaruh pada masalah gangguan muskuloskeletal bagian lengan atas. Sedangkan lengan bagian bawah mendapat nilai terparah nomor dua dari grup A, nilai 2 ini didapat dari posisi siku yang membentuk sudut 110°. Lengan bagian bawah perlu juga harus diperbaiki posisinya agar dapat menghindari gangguan muskuloskeletal. Pada bagian

pergelangan tangan dan posisi putaran pergelangan tangan tidak mengalami nilai yang buruk. Dua elemen terakhir tidak menjadi penyebab nilai pada grup A menjadi tinggi. Karena posisi pergelangan tidak memutar dan tidak menekuk.

Adapun nilai total dari grup B adalah 7. Jika diamati pada elemen penentu dari nilai grup B, adalah bagian leher dan bagian punggung. Terlihat pada gambar 4.3 nilai tiap elemen adalah:

- a. Nilai bagian leher adalah 4.
- b. Nilai bagian punggung adalah 3.

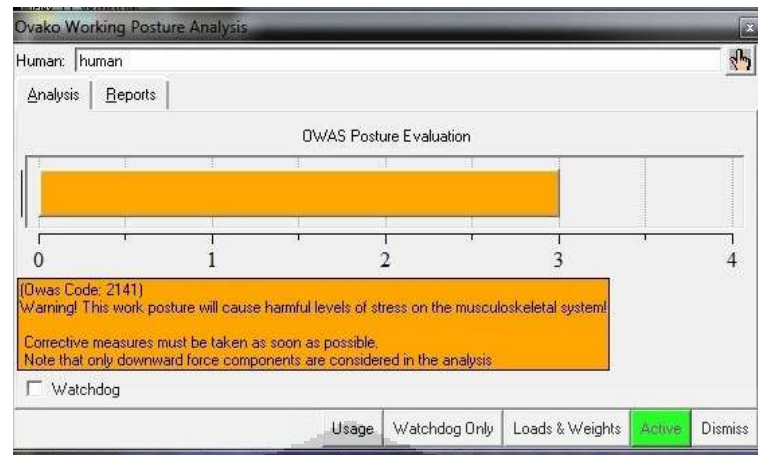
Nilai total untuk grup B adalah 7, jika diamati pada elemen penentu nilai grup B, bagian leher mendapat nilai yang paling besar yaitu 4. Nilai 4 pada bagian leher dikarenakan posisi leher saat bekerja menekuk ke samping dan sedikit menengadahkan. Hal ini membahayakan karena dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal pada bagian kepala. Oleh karena itu perlu mendapat perhatian pada bagian ini. Sedangkan pada bagian punggung mendapat nilai 3, hal ini dikarenakan pada posisi punggung membungkuk hingga  $50^\circ$  dan membengkok ke samping. Nilai yang besar ini harus segera dilakukan perbaikan, karena akan berdampak pada pekerja sehingga mendapat gangguan muskuloskeletal.

Pada simulasi model manekin dengan persentil 95 yang dianalisis dengan metode RULA bagian yang perlu mendapat perhatian adalah, bagian leher, bagian punggung, dan lengan bagian atas.

#### 4.1.2. *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*

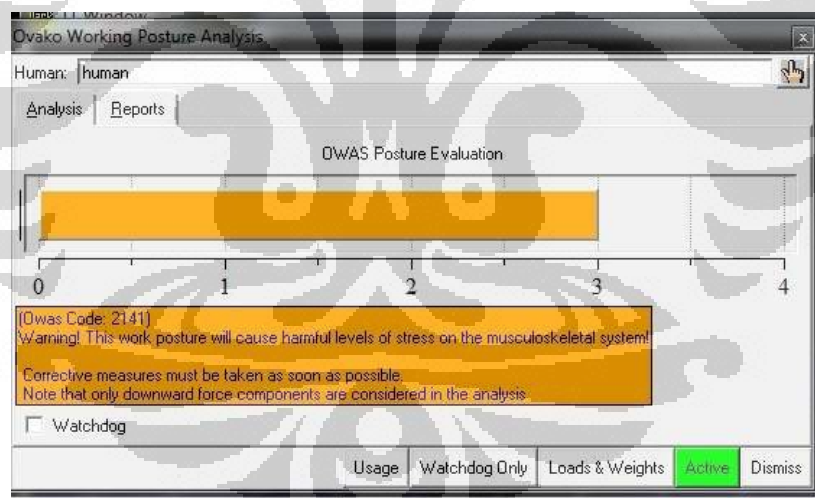
Simulasi yang dilakukan pada *motion capture* kemudian dipindahkan ke Jack 6.1 untuk dianalisis. Analisis OWAS lebih memfokuskan diri pada tubuh bagian bawah. Analisis OWAS dilakukan pada dua model manekin dengan antropometri yang berbeda sesuai persentil 5 dan 95 yang didapat dari kondisi aktual.

Pada penelitian kali ini posisi kerja yang dianalisis adalah saat sedang melakukan pengelasan, sebagaimana yang dikeluhkan oleh para pekerja. Skor yang tinggi menandakan kondisi yang semakin tidak ergonomis dalam bekerja atau sudah beresiko terhadap gangguan muskuloskeletal.



Gambar 4.5 Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 5

Hasil komputansi analisis OWAS pada persentil 5 dapat dilihat pada gambar 4.5, dimana nilai akhir adalah 3, yang artinya postur pekerja dalam kondisi berbahaya yang dapat mempengaruhi sistem muskuloskeletal pada tubuh sehingga mengganggu sistem tersebut. Oleh karena itu perlu adanya sebuah tindakan perbaikan untuk memperbaiki posisi bekerja saat ini agar tidak mengganggu sistem muskuloskeletal pada tubuh pekerja.



Gambar 4.6 Analisis OWAS Kondisi Aktual Persentil 95

Hasil komputansi analisis OWAS pada persentil 95 dapat dilihat pada gambar 4.6, dimana nilai akhir adalah 3, yang artinya postur pekerja dalam kondisi berbahaya yang dapat mempengaruhi sistem muskuloskeletal pada tubuh sehingga mengganggu sistem tersebut. Oleh karena itu perlu adanya sebuah tindakan perbaikan untuk memperbaiki posisi bekerja saat ini agar tidak mengganggu sistem muskuloskeletal pada tubuh pekerja.

## 4.2. Perbaikan

Sebagaimana diketahui pada analisis model, posisi kerja saat ini mendapat nilai yang kurang ergonomis dari analisis RULA dan OWAS. Posisi kerja saat ini tentunya perlu mendapatkan perhatian guna menghindari gangguan muskuloskeletal pada pekerja.

Tabel 4.1 Data Nilai Posisi Kerja Aktual

No.	Data	Nilai	
		RULA	OWAS
1	Persentil 5	7	3
2	Persentil 95	7	3

Analisis ergonomis dalam penelitian ini menggunakan metode RULA dan OWAS. Analisis ini dilakukan setelah sebelumnya melakukan simulasi model manekin ke dalam *virtual environment*. Dari tabel 4.1 terlihat nilai hasil analisis komputansi Jack 6.1, maka tahapan analisis posisi kerja aktual pada penelitian ini sudah selesai. Tabel 4.1 terlihat tidak ada perbedaan yang antara data dengan persentil 5 dengan persentil 95. Kedua persentil menunjukkan bahwa posisi kerja pada kondisi aktual harus diperbaiki guna mencegah adanya gangguan muskuloskeletal pada pekerja. Langkah selanjutnya adalah melakukan perbaikan terhadap posisi kerja pada objek penelitian. Dengan mengacu pada permasalahan yang ada, penelitian dilakukan terhadap model manekin. Hasil dari perbaikan pada manekin nanti akan dianalisis kembali menggunakan RULA dan OWAS serta pada hasil yang optimal nanti akan dibandingkan dengan kondisi sebelum perbaikan untuk melihat seberapa signifikan perbaikan yang telah dibuat.

### 4.2.1. Pelaksanaan Perbaikan

Dengan mengacu pada hasil analisis RULA dan OWAS dari Jack 6.1, maka sektor perbaikan yang akan dilakukan difokuskan pada bagian leher, bagian punggung, dan lengan bagian atas. Walaupun secara umum akan dilakukan perbaikan posisi secara menyeluruh, namun fokus perbaikan berada pada bagian tersebut. Untuk lebih jelas mengenai posisi terbaru untuk usulan perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini. Tabel tersebut menjelaskan tubuh yang akan disimulasikan dengan berbagai posisi. Dimana model posisi yang akan disimulasikan dipengaruhi oleh alat bantu berupa kursi kecil, posisi leher, posisi punggung, sudut membungkuk punggung dan tinggi objek.



Tabel 4.2 Posisi yang Akan Disimulasikan

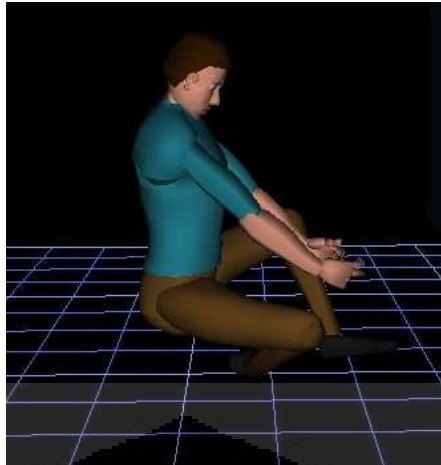
No.	Pose	Posisi Leher	Posisi Punggung	Sudut Punggung	Tinggi Objek
1	Duduk dengan kursi	Tegak lurus dengan punggung (tidak bengkok ke samping)	Tegak lurus dengan bidang duduk	0°	5 cm
2					10 cm
3					15 cm
4				5°	5 cm
5					10 cm
6					15 cm
7				10°	5 cm
8					10 cm
9					15 cm
10				15°	5 cm
11					10 cm
12					15 cm
13				20°	5 cm
14					10 cm
15					15 cm
16	Duduk tanpa kursi	Tegak lurus dengan punggung (tidak bengkok ke samping)	Tegak lurus dengan bidang duduk	0°	5 cm
17					10 cm
18					15 cm
19				5°	5 cm
20					10 cm
21					15 cm
22				10°	5 cm
23					10 cm
24					15 cm
25				15°	5 cm
26					10 cm
27					15 cm
28				20°	5 cm
29					10 cm
30					15 cm

Berdasarkan usulan simulasi yang akan dilakukan, seperti terlihat pada tabel 4.2. Akan ada 30 model manekin yang akan disimulasikan untuk mencari desain

posisi kerja terbaik. Pada salah satu desain, dikatakan menggunakan alat bantu berupa kursi. Kursi ini adalah kursi kecil dengan tinggi kursi hanya 15 cm saja, tujuannya untuk membantu posisi pekerja itu sendiri. Kemudian posisi leher yang diusulkan adalah tegak lurus dengan bahu kanan dan kiri, didesain agar tidak bengkok ke samping. Jika melihat hasil dari analisis sebelumnya dimana bagian leher memiliki nilai paling besar dari grup B. Berdasarkan dari literatur penilaian dengan metode RULA yaitu akan lebih baik jika leher tidak membengkok ke samping. Kemudian yang menjadi perhatian selanjutnya adalah posisi punggung. Posisi punggung yang membengkok ke samping akan berbahaya bagi pekerja jika posisi tersebut dilakukan secara statis, ini akan menyebabkan gangguan muskuloskeletal pada pekerja. Berdasarkan dari literatur penilaian dengan metode RULA yaitu akan lebih baik jika punggung tidak membengkok ke samping. Oleh karena itu pada posisi kerja yang akan disimulasikan, posisi punggung akan tegak lurus bidang duduk pekerja tersebut. Selanjutnya adalah sudut dari punggung tersebut. Sudut bungkuk pada punggung juga mempengaruhi kondisi pekerja, sebagaimana diketahui sudut membungkuk yang dilakukan oleh pekerja pada kondisi aktual adalah  $50^\circ$ . Hal ini berbahaya mengingat pekerjaan dilakukan pada kondisi statis selama lebih dari 1 menit, ini akan mengganggu sistem muskuloskeletal pekerja. Sedangkan kondisi ideal saat membungkuk adalah tidak lebih dari  $20^\circ$ . Oleh karena itu, pada simulasi yang akan dilakukan nanti menggunakan sudut pada punggung sebesar  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$ , dan  $20^\circ$ . Dan pada simulasi nanti, posisi benda kerja juga akan mengalami perubahan. Dimana benda kerja akan dinaikkan sebesar 5 cm, 10 cm, dan 15 cm dari kondisi awal. Ini dilakukan untuk mendukung posisi punggung pekerja untuk menghindari dari postur yang terlalu membungkuk dan membengkok ke samping. Dengan adanya simulasi kerja yang baru ini diharapkan akan ditemukan posisi kerja yang lebih ideal yang akan dilakukan oleh pekerja pada masa yang akan datang.

#### 4.2.2. Analisis Hasil Perbaikan

Setelah model manekin perbaikan selesai dibuat, hasilnya kemudian akan dianalisis kembali dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* yang dimiliki Jack 6.1, yaitu RULA dan OWAS. Analisis postur yang pertama dilakukan adalah RULA kemudian OWAS.



Gambar 4.7 Postur Simulasi ke 1

Pada gambar 4.7 adalah postur simulasi nomor 1, pada gambar terlihat manekin duduk pada sebuah benda dengan ketinggian 15 cm dan objek benda kerja dinaikkan 5 cm dari kondisi awal. Seperti pada langkah analisis kondisi aktual, simulasi perbaikan ini juga akan dianalisis menggunakan RULA dan OWAS.

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

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

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute  
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

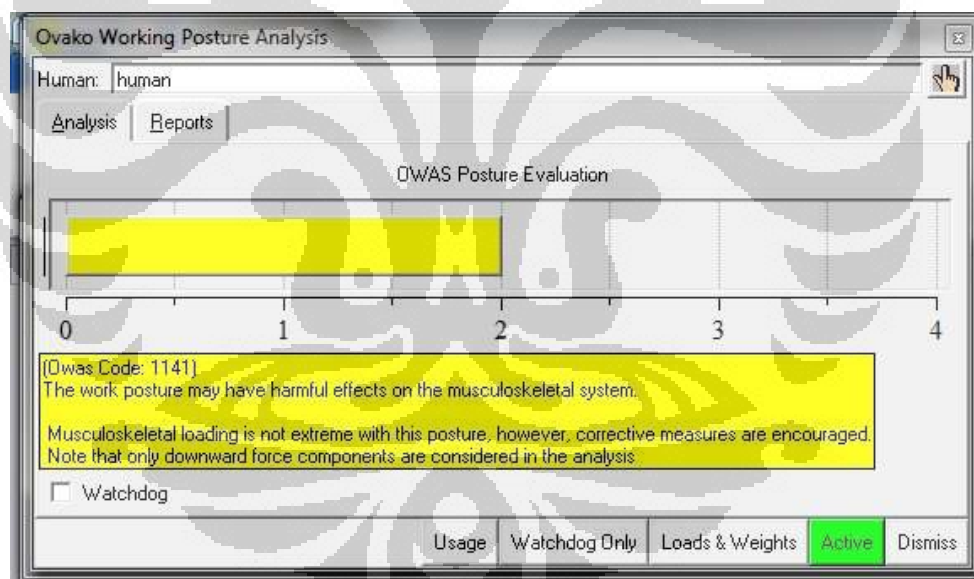
Legs and Feet Rating  
 Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

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

Gambar 4.8 Analisis RULA Pada Simulasi ke 1 Persentil 95

Seperti terlihat pada gambar 4.8 dimana nilai pada grup A mendapatkan nilai 5. Nilai tersebut masih tergolong besar, meskipun ada perubahan pada nilai

pada lengan bagian atas yang berkurang 1 poin menjadi 3, namun nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan justru naik 1 poin, menjadi 3 dan 2. Kenaikan nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan tangan disebabkan karena posisi lengan yang dipaksakan untuk mencapai benda kerja justru menyebabkan kondisi bagian tangan tersebut menjadi tidak nyaman. Hal inilah yang menyebabkan nilai perbaikan pada grup A tidak mengalami perubahan. Adapun pada grup B mendapatkan nilai 6. Ini disebabkan adanya pengurangan nilai 3 poin menjadi 1 pada bagian punggung setelah posisi punggung diubah menjadi tegak dengan sudut  $0^\circ$  tidak membengkok ke samping maupun membungkuk ke depan. Sedangkan pada bagian leher tidak mengalami pengurangan poin, hal ini dikarenakan posisi leher yang terlalu membungkuk meskipun sudah tidak membengkok ke samping. Dengan nilai dari grup A adalah 5 dan grup B adalah 6, maka nilai akhirnya adalah 7. Nilai postur tersebut tidak mengalami perubahan karena perubahan pada posturnya sendiri tidak signifikan.



Gambar 4.9 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 1 Persentil 95

Sedangkan analisis OWAS seperti pada gambar 4.9. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.9, nilai posisi pekerja setelah mengalami perubahan posisi mengalami penurunan 1 poin, menjadi 2. Penurunan nilai tersebut jika merujuk pada kode OWAS adalah beban pada sistem muskuloskeletal tidak terlalu ekstrim dengan kondisi postur pada simulasi ke 1 ini, namun tetap perlu ada pengukuran perbaikan pada posisi ini. Dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2, menunjukkan pada postur kesatu ini masih belum memperlihatkan postur yang

ergonomis bagi pekerja. Hasil yang sama juga didapat dengan persentil 5, dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2. Maka postur kesatu masih belum sesuai dengan postur pekerja baik dengan ukuran persentil 5 maupun persentil 95.



Gambar 4.10 Postur Simulasi ke 2

Pada gambar 4.10 adalah postur simulasi nomor 2, pada gambar terlihat manekin duduk pada sebuah benda (kursi kecil) dengan ketinggian 15 cm dan objek benda kerja dinaikkan 10 cm dari kondisi awal. Seperti pada langkah analisis kondisi aktual, simulasi perbaikan ini juga akan dianalisis menggunakan RULA dan OWAS.

Seperti terlihat pada gambar 4.11 dimana nilai pada grup A mendapatkan nilai 5. Nilai tersebut masih tergolong besar, meskipun ada perubahan pada nilai pada lengan bagian atas yang berkurang 1 poin menjadi 3, namun nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan justru naik 1 poin, menjadi 3 dan 2. Kenaikan nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan tangan disebabkan karena posisi lengan yang dipaksakan untuk mencapai benda kerja justru menyebabkan kondisi bagian tangan tersebut menjadi tidak nyaman. Hal inilah yang menyebabkan nilai perbaikan pada grup A tidak mengalami perubahan.

Adapun pada grup B mendapatkan nilai 6. Ini disebabkan adanya pengurangan nilai 3 poin menjadi 1 pada bagian punggung setelah posisi punggung diubah menjadi tegak tidak membengkok ke samping maupun membungkuk ke depan. Sedangkan pada bagian leher tidak mengalami pengurangan poin, hal ini dikarenakan posisi leher yang terlalu membungkuk meskipun sudah tidak membengkok ke samping. Dengan nilai dari grup A adalah

5 dan grup B adalah 6, maka nilai akhirnya adalah 7. Nilai postur tersebut tidak mengalami perubahan karena perubahan pada posturnya sendiri tidak signifikan.

Gambar 4.11 Analisis RULA Pada Simulasi ke 2 Persentil 95

Gambar 4.12 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 2 Persentil 95

Sedangkan analisis OWAS seperti pada gambar 4.12. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.12, nilai posisi pekerja setelah mengalami perubahan posisi mengalami penurunan 1 poin, menjadi 2. Penurunan nilai tersebut jika merujuk pada kode OWAS adalah beban pada sistem muskuloskeletal tidak terlalu ekstrim dengan kondisi postur pada simulasi ke 2 ini, namun tetap perlu ada pengukuran perbaikan pada posisi ini. Dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2, menunjukkan pada postur ke 2 ini masih belum memperlihatkan postur yang ergonomis bagi pekerja. Hasil yang sama juga didapat dengan persentil 5, dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2. Maka postur ke 2 masih belum sesuai dengan postur pekerja baik dengan ukuran persentil 5 maupun persentil 95.



Gambar 4.13 Postur Simulasi ke 3

Pada gambar 4.13 adalah postur simulasi ke 3, pada gambar terlihat manekin duduk pada sebuah benda (kursi kecil) dengan ketinggian 15 cm dan objek benda kerja dinaikkan 15 cm dari kondisi awal. Seperti pada langkah analisis kondisi aktual, simulasi perbaikan ini juga akan dianalisis menggunakan RULA dan OWAS.

Seperti terlihat pada gambar 4.14 dimana nilai pada grup A mendapatkan nilai 5. Nilai tersebut masih tergolong besar, meskipun ada perubahan pada nilai pada lengan bagian atas yang berkurang 1 poin menjadi 3, namun nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan justru naik 1 poin, menjadi 3 dan 2. Kenaikan nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan tangan disebabkan

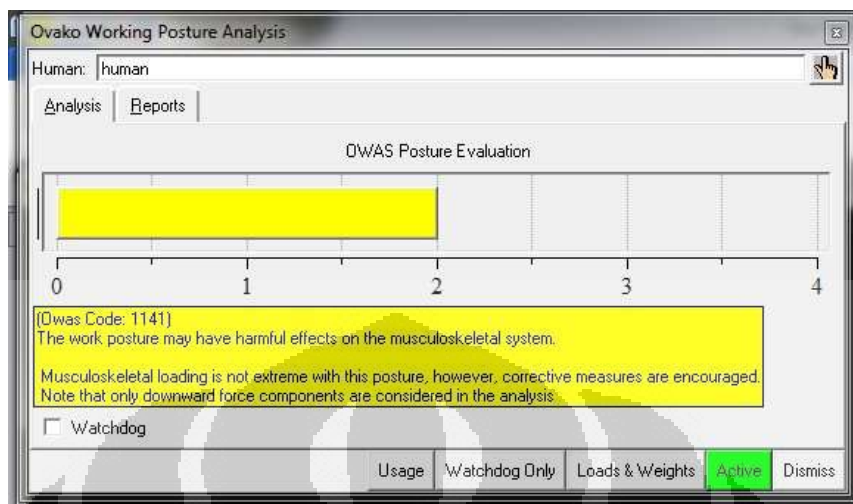
karena posisi lengan yang dipaksakan untuk mencapai benda kerja justru menyebabkan kondisi bagian tangan tersebut menjadi tidak nyaman.

Gambar 4.14 Analisis RULA Pada Simulasi ke 3 Persentil 5

Hal inilah yang menyebabkan nilai perbaikan pada grup A tidak mengalami perubahan. Adapun pada grup B mendapatkan nilai 6. Ini disebabkan adanya pengurangan nilai 3 poin menjadi 1 pada bagian punggung setelah posisi punggung diubah menjadi tegak tidak membengkok ke samping maupun membungkuk ke depan. Sedangkan pada bagian leher tidak mengalami pengurangan poin, hal ini dikarenakan posisi leher yang terlalu membungkuk meskipun sudah tidak membengkok ke samping. Dengan nilai dari grup A adalah



5 dan grup B adalah 6, maka nilai akhirnya adalah 7. Nilai postur tersebut tidak mengalami perubahan karena perubahan pada posturnya sendiri tidak signifikan.



Gambar 4.15 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 3 Persentil 5

Sedangkan analisis OWAS seperti pada gambar 4.15. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.15, nilai posisi pekerja setelah mengalami perubahan posisi mengalami penurunan 1 poin, menjadi 2. Penurunan nilai tersebut jika merujuk pada kode OWAS adalah beban pada sistem muskuloskeletal tidak terlalu ekstrim dengan kondisi postur pada simulasi ke 3 ini, namun tetap perlu ada pengukuran perbaikan pada posisi ini. Dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2, menunjukkan pada postur ke 3 ini masih belum memperlihatkan postur yang ergonomis bagi pekerja. Hasil yang sama juga didapat dengan persentil 95, dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2. Maka postur ke 3 masih belum sesuai dengan postur pekerja baik dengan ukuran persentil 5 maupun persentil 95.



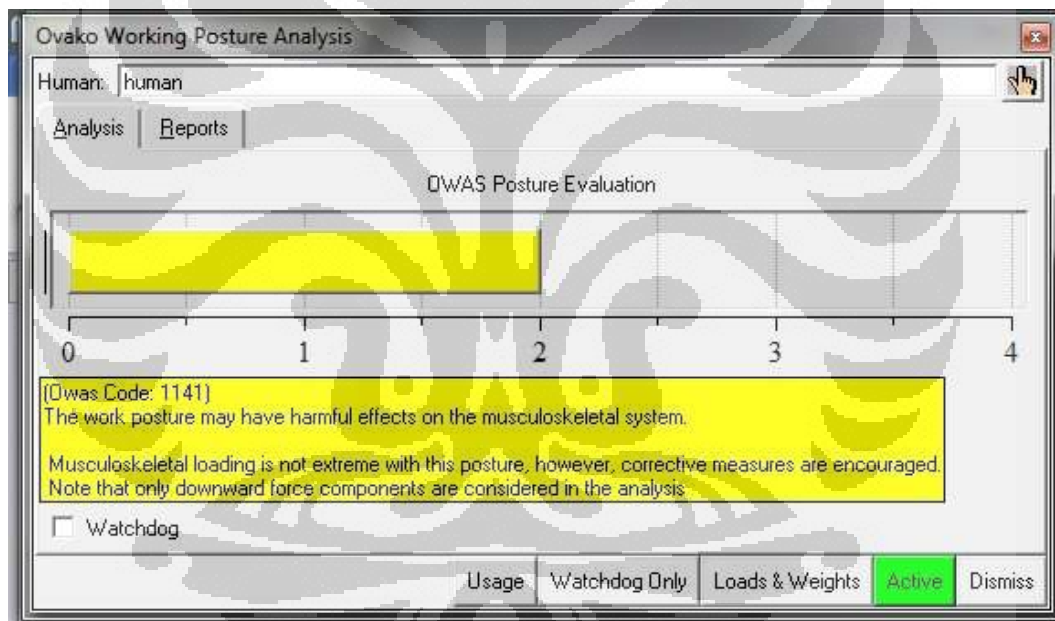
Gambar 4.16 Postur Simulasi ke 6

Pada gambar 4.16 adalah postur simulasi nomor 6, pada gambar terlihat manekin duduk pada sebuah benda (kursi kecil) dengan ketinggian 15 cm dan objek benda kerja dinaikkan 15 cm dari kondisi awal. Seperti pada langkah analisis kondisi aktual, simulasi perbaikan ini juga akan dianalisis menggunakan RULA dan OWAS.

Gambar 4.17 Analisis RULA Pada Simulasi ke 6 Persentil 5

Seperti terlihat pada gambar 4.17 dimana nilai pada grup A mendapatkan nilai 5. Nilai tersebut masih tergolong besar, meskipun ada perubahan pada nilai pada lengan bagian atas yang berkurang 1 poin menjadi 3, namun nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan justru naik 1 poin, menjadi 3 dan 3. Kenaikan nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan tangan disebabkan karena posisi lengan yang dipaksakan untuk mencapai benda kerja justru

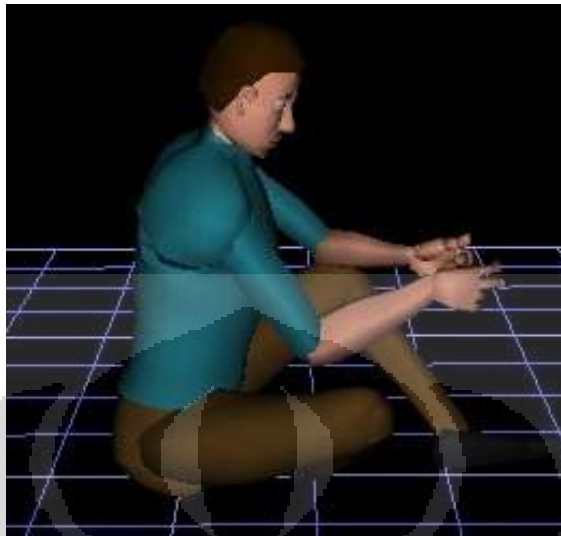
menyebabkan kondisi bagian tangan tersebut menjadi tidak nyaman. Hal inilah yang menyebabkan nilai perbaikan pada grup A tidak mengalami perubahan. Adapun pada grup B mendapatkan nilai 4. Ini disebabkan adanya pengurangan nilai 1 poin menjadi 2 pada bagian punggung setelah posisi punggung diubah menjadi tegak tidak membengkok ke samping maupun membungkuk ke depan, dimana sudut punggung hanya 20°. Sedangkan pada bagian leher mengalami pengurangan 1 poin menjadi 3, hal ini dikarenakan posisi leher yang lebih baik meskipun masih membungkuk dan sudah tidak membengkok ke samping. Dengan nilai dari grup A adalah 5 dan grup B adalah 4, maka nilai akhirnya adalah 5. Nilai postur tersebut tidak mengalami perubahan karena perubahan pada posturnya sendiri tidak signifikan. Adanya perubahan nilai dikarenakan postur bagian punggung membungkuk 15°.



Gambar 4.18 Analisis OWAS Pada Simulasi ke 6 Persentil 5

Sedangkan analisis OWAS seperti pada gambar 4.18. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.18, nilai posisi pekerja setelah mengalami perubahan posisi mengalami penurunan 1 poin, menjadi 2. Penurunan nilai tersebut jika merujuk pada kode OWAS adalah beban pada sistem muskuloskeletal tidak terlalu ekstrim dengan kondisi postur pada simulasi ke 6 ini, namun tetap perlu ada pengukuran perbaikan pada posisi ini. Dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2, menunjukkan pada postur ke 6 ini masih belum memperlihatkan postur yang ergonomis bagi pekerja. Hasil yang sama juga didapat dengan persentil 95,

dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2. Maka postur ke 6 masih belum sesuai dengan postur pekerja baik dengan ukuran persentil 5 maupun persentil 95.



Gambar 4.19 Postur Simulasi ke 27

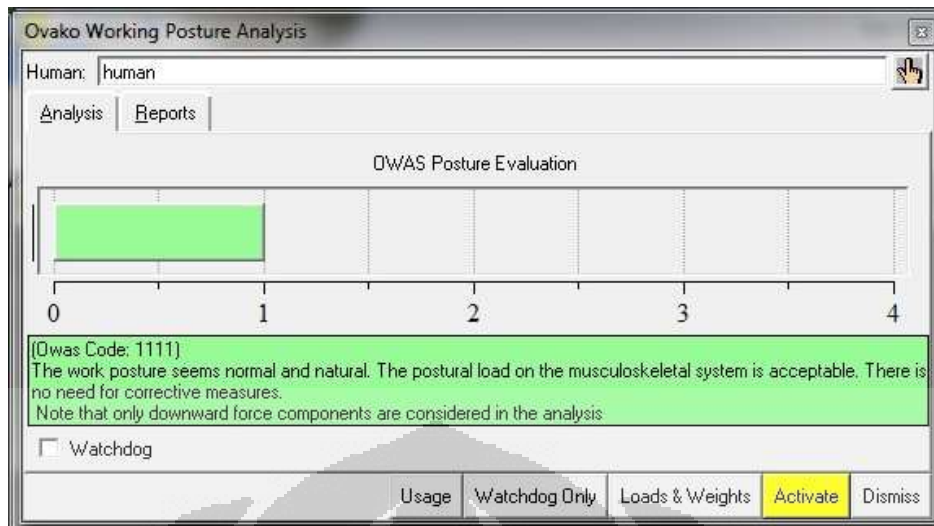
Pada gambar 4.19 adalah postur simulasi nomor 27, pada gambar terlihat manekin tidak menggunakan alat bantu berupa benda (kursi kecil) dan benda kerja dinaikkan 15 cm dari kondisi awal. Seperti pada langkah analisis kondisi aktual, simulasi perbaikan ini juga akan dianalisis menggunakan RULA dan OWAS.

Seperti terlihat pada gambar 4.20 dimana nilai pada grup A mendapatkan nilai 5. Nilai tersebut masih tergolong besar, meskipun ada perubahan pada nilai pada lengan bagian atas yang berkurang 1 poin menjadi 3, namun nilai pada lengan bagian bawah turun 1 poin menjadi 2 dan pergelangan justru naik 1 poin, menjadi 2. Kenaikan nilai pada lengan bagian bawah dan pergelangan tangan disebabkan karena posisi lengan yang dipaksakan untuk mencapai benda kerja justru menyebabkan kondisi bagian tangan tersebut menjadi tidak nyaman. Hal inilah yang menyebabkan nilai perbaikan pada grup A tidak mengalami perubahan. Adapun pada grup B mendapatkan nilai 3. Ini disebabkan adanya pengurangan nilai 1 poin menjadi 2 pada bagian punggung setelah posisi punggung diubah menjadi tegak tidak membengkok ke samping maupun membungkuk ke depan, dimana sudut punggung didesain membungkuk  $20^{\circ}$ . Sedangkan pada bagian leher juga mengalami pengurangan 2 poin menjadi 2, hal ini dikarenakan posisi leher yang lebih baik meskipun masih membengkok hanya  $10^{\circ}$  dan sudah tidak membengkok ke samping. Dengan nilai dari grup A adalah 5

dan grup B adalah 3, maka nilai akhirnya adalah 4. Nilai postur tersebut tidak mengalami perubahan karena perubahan pada posturnya sendiri tidak signifikan. Adanya perubahan nilai dikarenakan postur bagian punggung membungkuk 15°.

Gambar 4.20 Analisis RULA Pada Simulasi ke 27 Persentil 5

Sedangkan analisis OWAS seperti pada gambar 4.21. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.21, nilai posisi pekerja setelah mengalami perubahan posisi mengalami penurunan 3 poin, menjadi 1. Penurunan nilai tersebut jika merujuk pada kode OWAS adalah beban pada sistem muskuloskeletal berada pada kondisi normal tidak terlalu ekstrim dengan kondisi postur pada simulasi ke 27 ini, beban pada postur dapat diterima. Dengan nilai RULA adalah 4 dan OWAS adalah 1, menunjukkan pada postur ke 12 ini adalah postur yang paling ergonomis bagi pekerja. Hasil yang sama juga didapat dengan persentil 95, dengan nilai RULA adalah 7 dan OWAS adalah 2. Maka postur ke 27 sudah menunjukkan kondisi postur pekerja yang paling baik dengan ukuran persentil 5 maupun persentil 95.



Gambar 4.21 Analisis RULA Pada Simulasi ke 27 Persentil 5

Tabel 4.3 Rekapitulasi Simulasi Persentil 5

No.	Pose	Posisi Leher	Posisi Punggung	Sudut Punggung	Tinggi Objek	Nilai	
						Persentil 5	
						OWAS	RULA
1	Duduk dengan kursi	Tegak lurus dengan punggung (tidak bengkok ke samping)	Tegak lurus dengan bidang duduk	0°	5 cm	2	7
2					10 cm	2	7
3					15 cm	2	7
4				5°	5 cm	2	5
5					10 cm	2	5
6					15 cm	2	5
7				10°	5 cm	2	6
8					10 cm	2	6
9					15 cm	2	6
10				15°	5 cm	2	5
11					10 cm	2	5
12					15 cm	2	5
13				20°	5 cm	3	6
14					10 cm	3	6
15					15 cm	3	6
16	Duduk tanpa kursi			0°	5 cm	1	5
17					10 cm	1	5
18					15 cm	1	5
19				5°	5 cm	1	5
20					10 cm	1	5

Tabel 4.3 Rekapitulasi Simulasi Persentil 5 (lanjutan)

No.	Pose	Posisi Leher	Posisi Punggung	Sudut Punggung	Tinggi Objek	Nilai	
						Persentil 5	
						OWAS	RULA
21	Duduk tanpa kursi	Tegak lurus dengan punggung (tidak bengkok ke samping)	Tegak lurus dengan bidang duduk	5°	15 cm	1	5
22				10°	5 cm	1	5
23					10 cm	1	5
24					15 cm	1	5
25				15°	5 cm	1	5
26					10 cm	1	5
27					15 cm	1	4
28				20°	5 cm	2	4
29					10 cm	2	4
30					15 cm	2	4

Tabel 4.4 Rekapitulasi Simulasi Persentil 95

No.	Pose	Posisi Leher	Posisi Punggung	Sudut Punggung	Tinggi Objek	Nilai	
						Persentil 95	
						OWAS	RULA
1	Duduk dengan kursi	Tegak lurus dengan punggung (tidak bengkok ke samping)	Tegak lurus dengan bidang duduk	0°	5 cm	2	7
2					10 cm	2	7
3					15 cm	2	7
4				5°	5 cm	2	5
5					10 cm	2	5
6					15 cm	2	5
7				10°	5 cm	2	6
8					10 cm	2	6
9					15 cm	2	6
10				15°	5 cm	2	7
11					10 cm	2	7
12					15 cm	2	5
13				20°	5 cm	3	6
14					10 cm	3	6
15					15 cm	3	6
16	Duduk tanpa kursi	Tegak lurus dengan punggung (tidak bengkok ke samping)	Tegak lurus dengan bidang duduk	0°	5 cm	1	5
17					10 cm	1	5

Tabel 4.4 Rekapitulasi Simulasi Persentil 95 (lanjutan)

No.	Pose	Posisi Leher	Posisi Punggung	Sudut Punggung	Tinggi Objek	Nilai	
						Persentil 95	
						OWAS	RULA
18	Duduk tanpa kursi	Tegak lurus dengan punggung (tidak bengkok ke samping)	Tegak lurus dengan bidang duduk	0°	15 cm	1	5
19				5°	5 cm	1	5
20					10 cm	1	5
21					15 cm	1	5
22				10°	5 cm	1	5
23					10 cm	1	5
24					15 cm	1	5
25				15°	5 cm	1	5
26					10 cm	1	5
27					15 cm	1	4
28				20°	5 cm	2	4
29					10 cm	2	4
30					15 cm	2	4

Tabel 4.3 dan 4.4 adalah rekapitulasi dari model simulasi yang dibuat untuk perbaikan. Dari tabel tersebut terlihat dari ke 30 model manekin simulasi yang menunjukkan kondisi paling ergonomis adalah percobaan ke 27. Pada percobaan ke 27 ini, dimana percobaan ini adalah yang paling optimum. Maka perlu dilakukan validasi pada untuk memastikan bahwa simulasi yang dibuat adalah sebenarnya postur yang ideal. Validasi RULA seperti terlihat pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Validasi RULA

	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7



Tabel 4.6 Rekapitulasi Validasi OWAS

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	Load Handled
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	2	
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3		
	2	2	2	3	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	2	3		4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	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	

Pada tabel 4.5 terlihat bahwa hasil penilaian model dengan menggunakan RULA secara manual memiliki nilai yang berbeda dengan hasil komputansi Jack 6.1, ini bisa disebabkan karena perhitungan manual masih subjektif. Dan tabel 4.6 menunjukkan penilaian model dengan menggunakan OWAS juga memiliki nilai yang sama dengan hasil komputansi Jack 6.1.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai Akhir RULA dan OWAS Sebelum-Sesudah Perbaikan

No.	Data	Sebelum		Sesudah	
		RULA	OWAS	RULA	OWAS
1	Persentil 5	7	3	4	1
2	Persentil 95	7	3	4	1

Hasil dari rekapitulasi dari nilai RULA dan OWAS pada sebelum dan sesudah perbaikan menunjukkan bahwa keadaan dari postur menjadi semakin ergonomis, dengan kata lain resiko cedera pada sistem muskuloskeletal dapat dihindari. Ini dapat dilihat dari nilai RULA dan OWAS tersebut berkurang signifikan. Dalam penelitian ini, disinyalir penyebab buruknya nilai RULA dan OWAS pada kondisi aktual disebabkan posisi punggung, leher, dan lengan bagian atas yang kurang ergonomis.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kelima membahas mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian ini. Dengan dihasilkannya kesimpulan dan saran, maka diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pelaku usaha, pekerja, dan akamedik dalam menerapkan disiplin ilmu yang dimiliki.

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya kemudian dapat diperoleh beberapa kesimpulan, seperti dijabarkan dibawah ini.

Kondisi posisi kerja saat ini berdasarkan penelitian ini memang tidak ergonomis, ini terlihat dari nilai RULA dan OWAS yang rendah. Dimana nilai OWAS adalah 3 dan RULA 7 untuk kedua jenis persentil.

Perbaikan yang dapat digunakan untuk para pekerja dari postur kerja yang dilakukan oleh pekerja adalah dari segi ergonomis ketika melakukan proses pengelasan titik pada bagian *rocker panel*. Setelah model mengalami perbaikan, dengan menggunakan metode analisis RULA terlihat bahwa yang terjadi pada manekin setelah perbaikan jauh berkurang dibandingkan saat model sebelum perbaikan. Dengan metode ini juga dapat dilihat bahwa penyebab ketidak-ergonomisan suatu postur juga dapat diketahui secara rinci, ini terlihat dari ditemukannya bagian-bagian tubuh manekin yang secara spesifik mempengaruhi nilai total dari RULA

Sedangkan dengan metode OWAS, nilai evaluasi akhir manekin mengalami perubahan yang signifikan. Berkurangnya nilai OWAS menandakan secara menyeluruh postur dari pekerja semakin membaik. Metode RULA memberikan analisis pada tubuh bagian atas secara rinci, sehingga memudahkan melakukan perbaikan. Sedangkan metode OWAS memberikan analisis pada tubuh bagian bawah secara umum. Dengan memadukan dua metode tersebut maka penanganan terhadap gangguan muskuloskeletal dapat dilakukan.

Model yang disimulasikan untuk perbaikan dalam penelitian ini memperlihatkan pada percobaan ke 27 adalah yang paling ergonomis. Jika posisi

tubuh pada percobaan ke 27 tersebut diterapkan ke pekerja, keluhan mengenai gangguan muskuloskeletal dapat berkurang.

## 5.2. Saran

Pada dasarnya manusia berusaha untuk memiliki kemampuan untuk melanjutkan keberlangsungan hidup. Seiring dengan perkembangan zaman, perkembangan ilmu-ilmu yang berhubungan dengan postur manusia dalam bekerja. Dengan adanya ilmu pengetahuan mengenai ergonomis dalam bekerja, maka akan ada sebuah tindakan perbaikan dari permasalahan ergonomi dalam bekerja. Dengan adanya perbaikan tersebut maka perbaikan ini dapat diterapkan pada bengkel Deal Workshop dan bengkel-bengkel lain yang sejenis. Pada perbaikan ini tidak memerlukan biaya yang tinggi, hanya memerlukan peralatan yang tersedia di bengkel. Namun penelitian ini masih dapat dikembangkan lebih lanjut. Salah satu yang memungkinkan dikembangkannya penelitian ini adalah dengan mendesain alat bantu yang dapat meringankan pekerja. Sehingga beban postur pekerja menjadi lebih baik dari penelitian ini. Alat bantu yang dapat didesain atau digunakan seperti *lift hidraulic single post*. Dengan alat bantu ini, pekerjaan dapat dilakukan dengan posisi berdiri atau duduk, karena alat ini dapat diatur tinggi kendaraan disesuaikan dengan tinggi pekerja dan kenyamanan pekerja. Dan dapat juga membandingkan hasil penelitian tersebut dengan bengkel yang sudah lebih maju dalam penerapan teknologinya. Dengan demikian dapat dibandingkan hasil penelitian dimasa yang akan datang dengan hasil penelitian ini, apakah berpengaruh atau tidak terhadap postur pekerja. Penelitian ini dilakukan pada waktu yang sangat singkat sehingga untuk melakukan penelitian lebih lanjut memerlukan waktu yang lebih banyak.

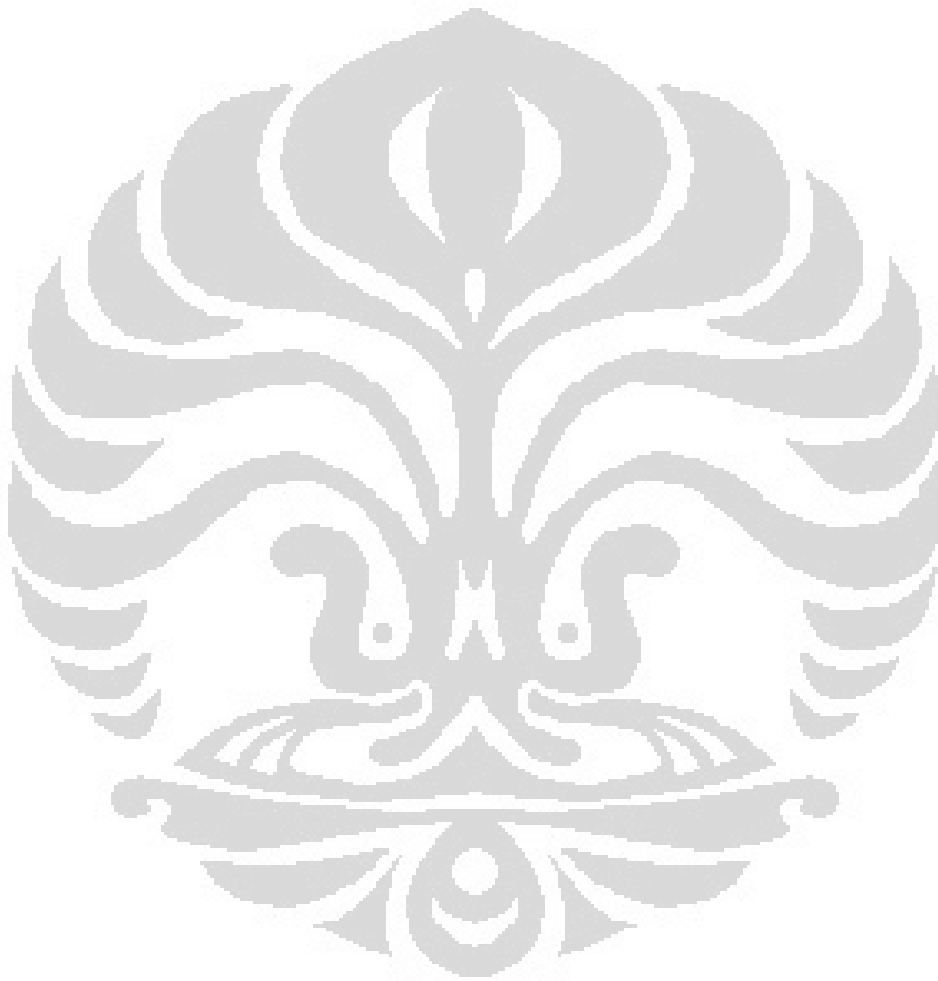
## DAFTAR REFERENSI

- Attwood, A. D., Deeb, J. M, & Danz-Reece, M. E. (2004). *Ergonomic Solutions for the Process Industries*. Jordan Hill: Elsevier.
- Ismail, A. R., *et al.* (2009). Assessment of Postural Loading among the Assembly Operators: A Case Study at Malaysian Automotive Industry. *European Journal of Scientific Research* (Vol 30), 2, 224-235.
- Jack User Manual Version 6.1*. California: Siemens Product Lifecycle Management Software.
- Karwowski, Waldemar (Ed.). (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (Vol. 1). Florida: Taylor & Francis.
- McAtamney, Lynn & Corlett, E.N. (1993). RULA: A Survey Method for The Investigation of Work-Related Upper Limb Disorder. *Applied Ergonomics* (Vol 24), 2, 91-99.
- Modul Praktikum: Vicon Motion Capture System* (n.d.). Depok: Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia.
- Pheasant, Stephen. (1991). *Ergonomics, Works and Health*. Hampshire: Macmillan Academic And Professional.
- Pheasant, Stephen. (2003). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work* (2nd ed.). London: Taylor & Francis.
- Pulat, M. B., (1992). *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Sanders, M. J. (Ed.). (2004). *Ergonomics and the Management of Musculoskeletal Disorders* (2nd ed.). St. Louis: Elsevier.
- Simoneau, S., St-Vincent, M., & Chicione, D. (1996). *Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs): A Better Understanding for More Effective Prevention*. Saint-Leonard: Irsst.
- Stanton, N. A., & Young, Mark. (2003). *A Guide To Methodology in Ergonomics: Designing For Human Use*. London: Taylor & Francis.
- Stanton, Neville., *et al.* (2004). *The Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Florida: CRC Press.

Task Analysis Toolkit (n.d).

[http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/assembly\\_planning/jack/task\\_analysis\\_toolkit.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/assembly_planning/jack/task_analysis_toolkit.shtml).

*TSB User's Guide*. (2008). California: Siemens Product Lifecycle Management Software.



## LAMPIRAN

### Lampiran 1: Form Wawancara Dengan Pemilik Atau Penanggung Jawab Bengkel



1. Nama Bengkel, waktu berdiri, pemilik?
2. Jumlah karyawan?
3. Usia kendaraan yang biasa ditangani dalam setahun?  5th  5-15th.  >15th
4. Pernahkah menangani kendaraan yang termasuk kelompok retro atau klasik dalam setahun? Pernah. Tidak pernah. Berapa banyak kelompok kendaraan ini ditangani dalam setahun?  1-2 unit,  3-4 unit,  >5 unit.
5. Dari usia kendaraan yang sering ditangani dalam setahun, tipe kendaraan yang paling banyak ditangani dalam setahun? Sedan. Minibus.
6. Dari tipe kendaraan yang paling banyak ditangani, tingkat kerusakan kendaraan yang sering ditangani dalam setahun?  <20%.  21%-59%.  >60%
7. Pernahkah pemilik atau pengelola menerima keluhan nyeri dari karyawan terkait pekerjaan dalam setahun? Tidak pernah. Pernah. Jika pernah, bagian mana yang sering menerima keluhan karyawan? A. Pengelasan b. Pengecatan.
8. Kendaraan yang paling sering ditangani? A. Asia, B. Eropa, C. Amerika, D. Australia.

## Lampiran 2: Kuisisioner Bagian Pertama



# TEKNIK INDUSTRI

## UNIVERSITAS INDONESIA

### Kuisisioner Mengenai Perbaikan Posisi Pekerjaan Pengelasan Pada Bengkel Perbaikan Bodi.

Saya mahasiswa Teknik Industri UI sedang mengadakan penelitian tugas akhir mengenai posisi kerja yang dialami pekerja bagian pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek posisi kerja yang dialami saat ini sehingga menimbulkan keluhan pada pekerja. Oleh karena itu, kami memerlukan bantuan bapak/saudara untuk mengisi kuisisioner ini dengan jawaban – jawaban yang tepat dan sesuai menurut anda.

Terima kasih.

Nama :

Tinggi Badan :

Alat yang digunakan :

Berat Badan :

Usia :

Jenis Kelamin :

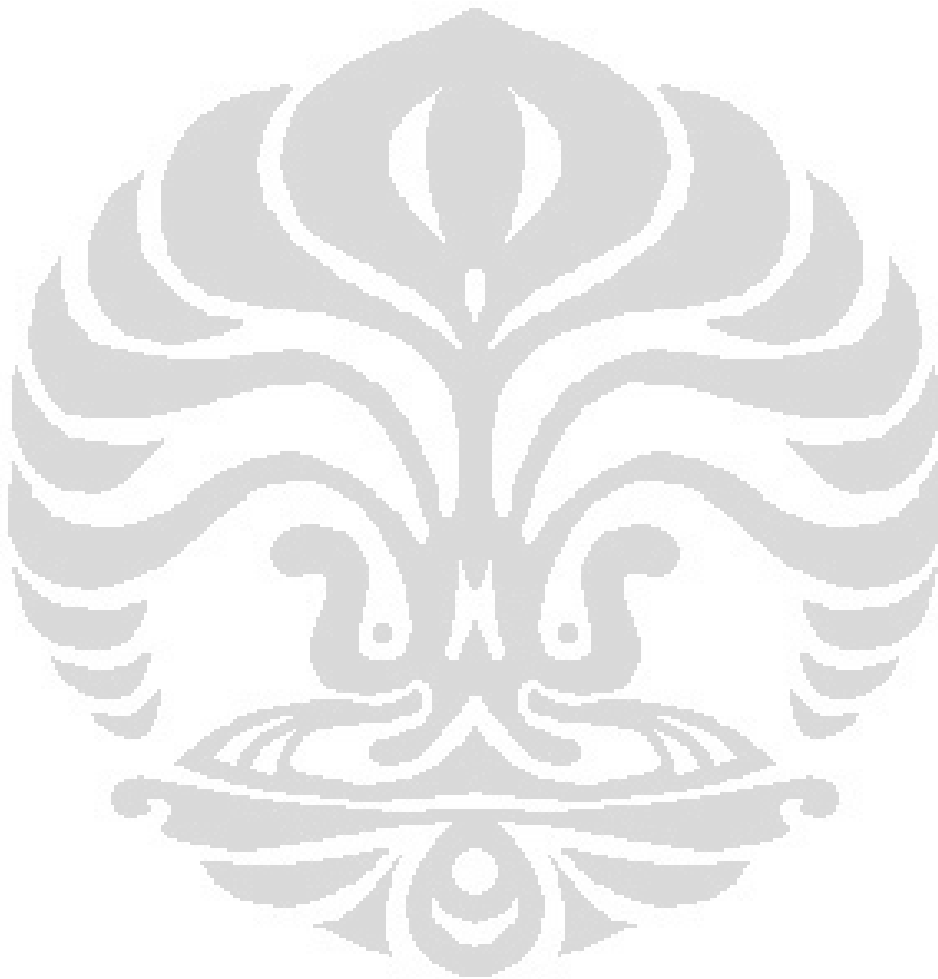
- 
1. Apakah anda merasa terganggu dengan posisi bekerja yang biasa anda lakukan?
   
 Ya                       Tidak
  2. Apakah anda mengetahui bahaya yang ditimbulkan dari posisi kerja yang tidak ergonomis?
   
 Ya                       Tidak
  3. Bagaimana tingkat kepuasan Anda terhadap tempat kerja saat ini?
   
 Sangat Puas                       Tidak Puas
   
 Puas                       Sangat Tidak Puas
   
 Biasa Saja
  4. Pada proses perbaikan bodi kendaraan, bagian manakah yang paling berat (secara fisik, posisi bekerja ada pada gambar terlampir)?
   
 a. Bagian Dek (lisplang, spatboard bagian dalam)

- b. Pintu Bagian Luar (depan, belakang, fender)
  - c. Pintu Bagian Dalam
  - d. Bagasi
  - e. Bagian depan (kompartemen mesin, atap)
5. Pada bagian tersebut proses manakah yang paling berat (secara fisik)?

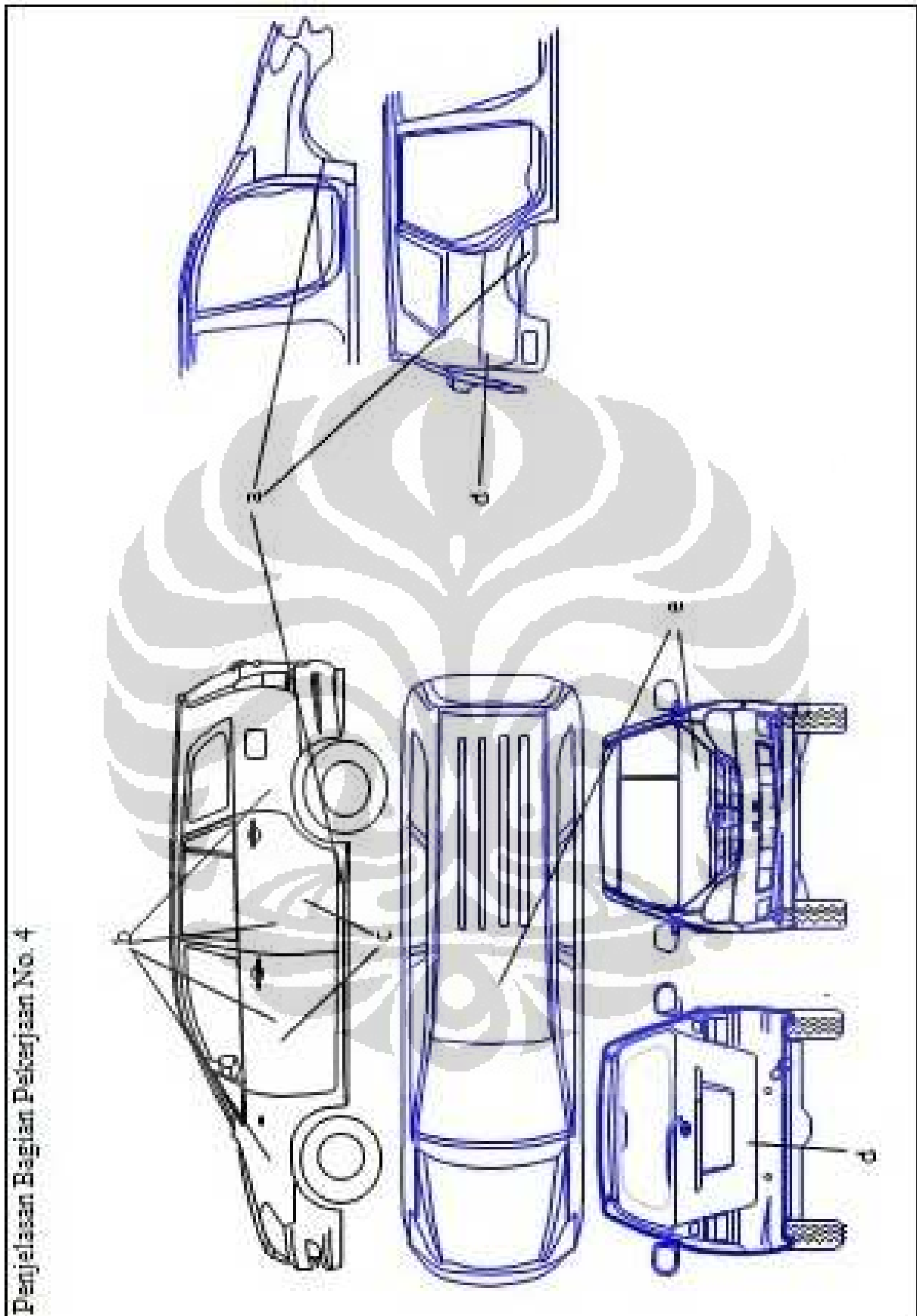
.....

.....

.....







Penjelasan Posisi Kerja Soal No. 4  
 Bagian Lisplang (*Rocker Panel*)



Pintu depan dalam (*Door*)



Bagian Dek (*Underframe*)



Pintu belakang dalam (*Door*)



Spakboard bagian dalam (*Valance*)



Bagasi (*Back Panel*)



Pintu depan bagian luar (*Door*)



Tangki bensin



Pintu belakang bagian luar (*Door*)



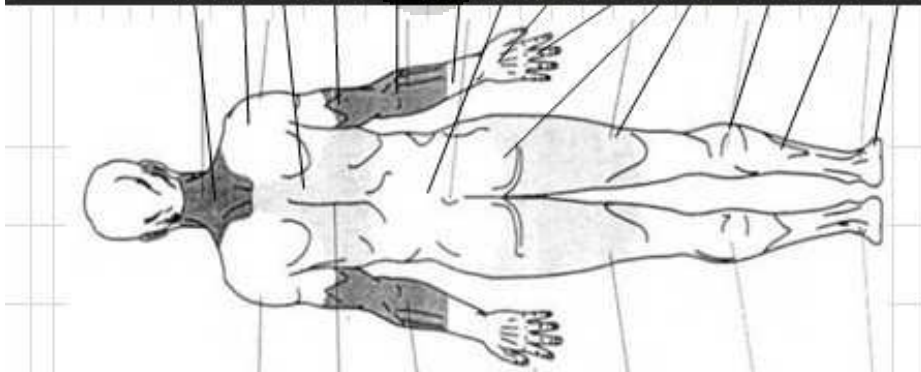
Bagian depan (*Bonnet*)



Fender (*Wing*)



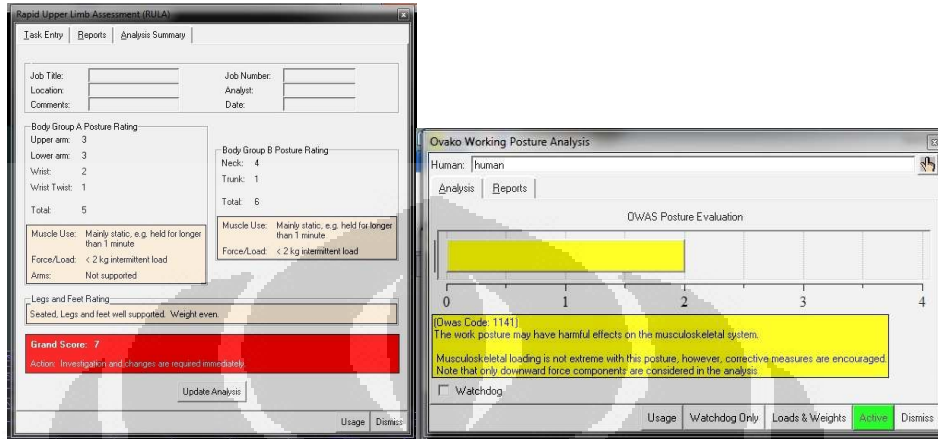
**Lampiran 3:** Kuisioner Letak Bagian Tubuh yang Merasa Sering Tidak Nyaman, Letak Bagian Tubuh yang Mengganggu Tingkat Kenyamanan, Letak Bagian Tubuh yang Mempengaruhi Kinerja



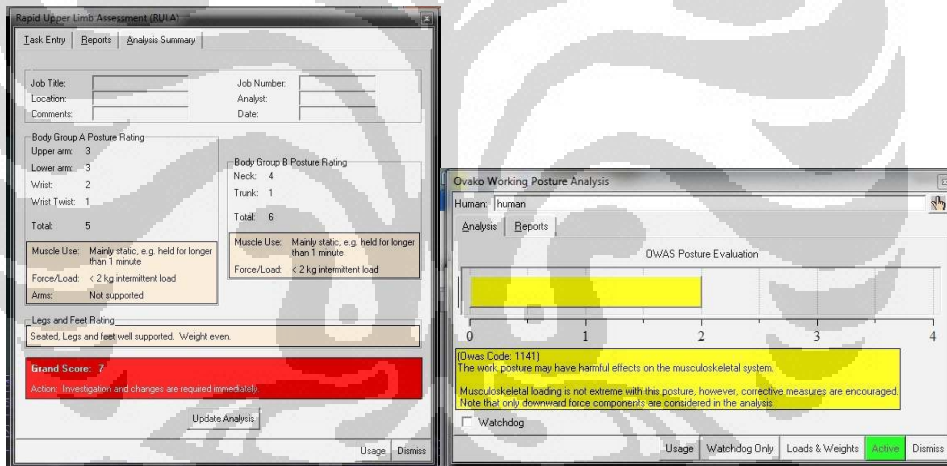
	Selama waktu kerja, seberapa sering anda merasa tidak nyaman, sakit pada			Jika Mengalami Ketidaknyamanan, sakit, nyeri, seberapa tinggi tingkat ketidaknyamanan tersebut?			Jika mengalami ketidaknyamanan, sakit, nyeri, apakah mengganggu kemampuan kerja anda?		
	Tidak sering	Sering	Sering Sekali	Sedikit tidak nyaman	Tidak nyaman	Sangat tidak nyaman	Tidak terganggu	Agak terganggu	Sangat terganggu
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"/>
Bahu (Kanan/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"/>
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"/>
Lengan Atas (Kanan/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"/>
Siku (Kanan/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"/>
Lengan Bawah (Kanan/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"/>
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"/>
Pergelangan Tangan (Kanan/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"/>
Jari Tangan (Kanan/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"/>
Panggul	<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/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"/>
Lutut (Kanan/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"/>
Betis (Kanan/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"/>
Kaki Bawah (Kanan/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"/>

## Lampiran 4: Analisis RULA dan OWAS Dari Model yang Disimulasikan Untuk Mencari Posisi yang Ergonomis

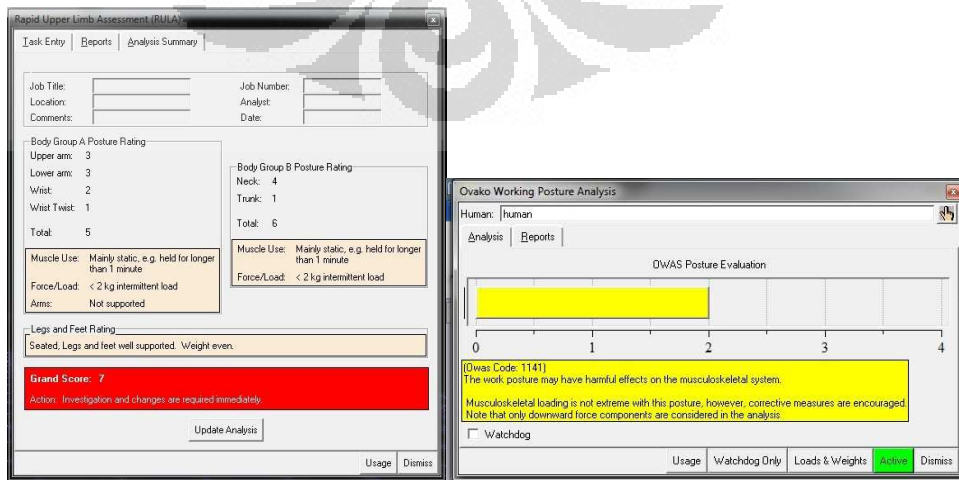
### Model #1: Persentil 5 RULA dan OWAS



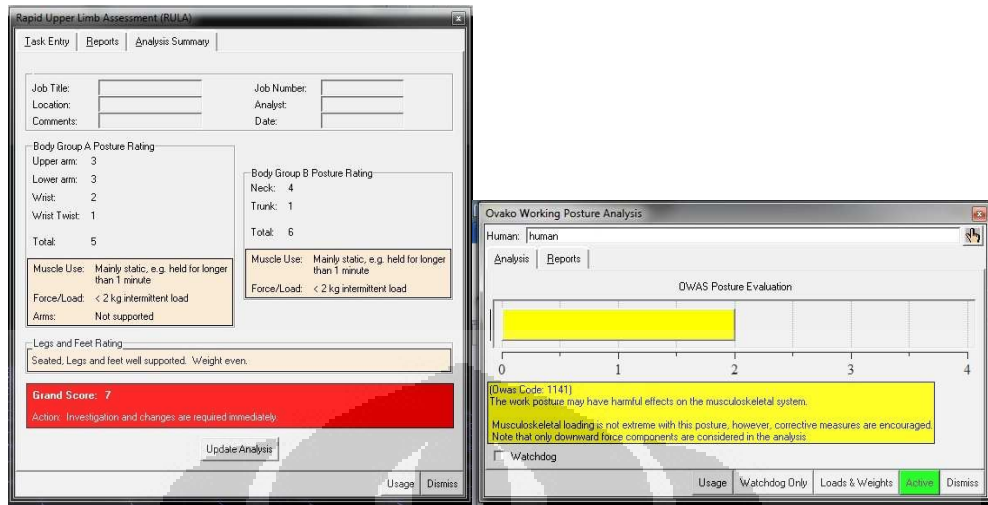
### Model #1: Persentil 95 RULA dan OWAS



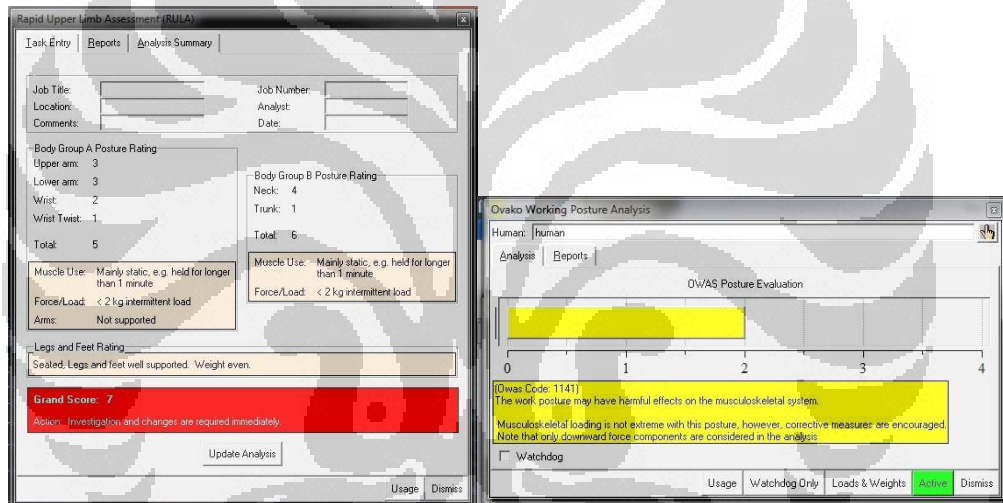
### Model #2: Persentil 5 RULA dan OWAS



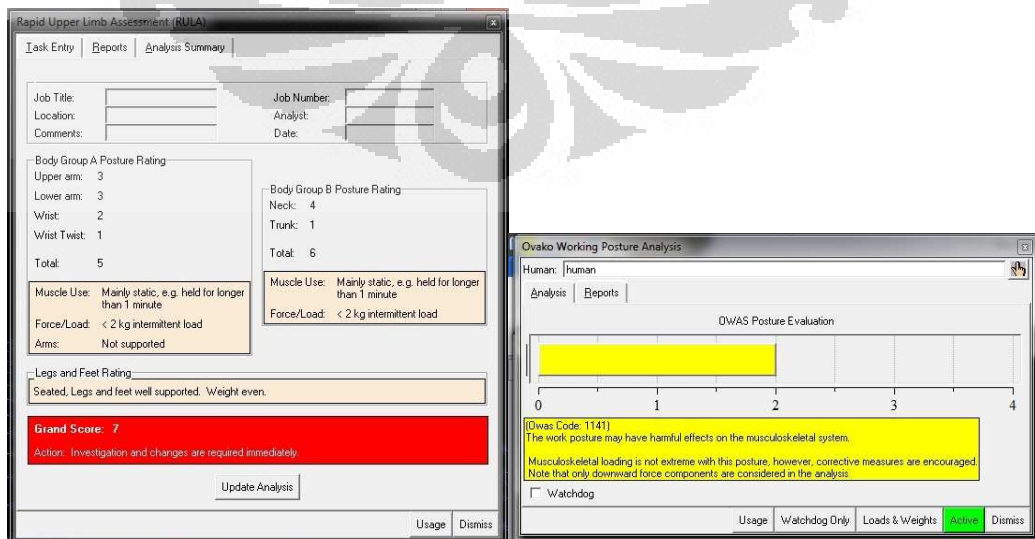
Model #2: Persentil 95 RULA dan OWAS



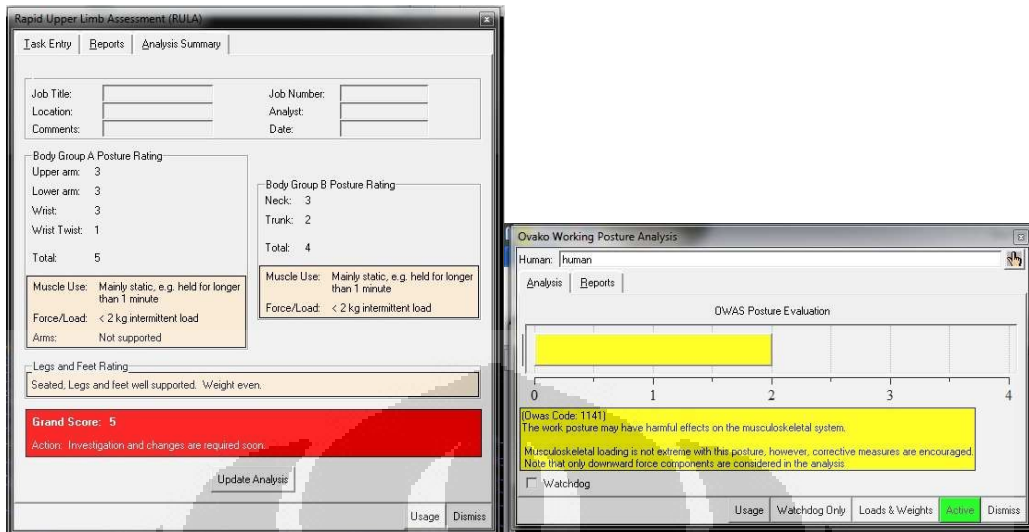
Model #3: Persentil 5 RULA dan OWAS



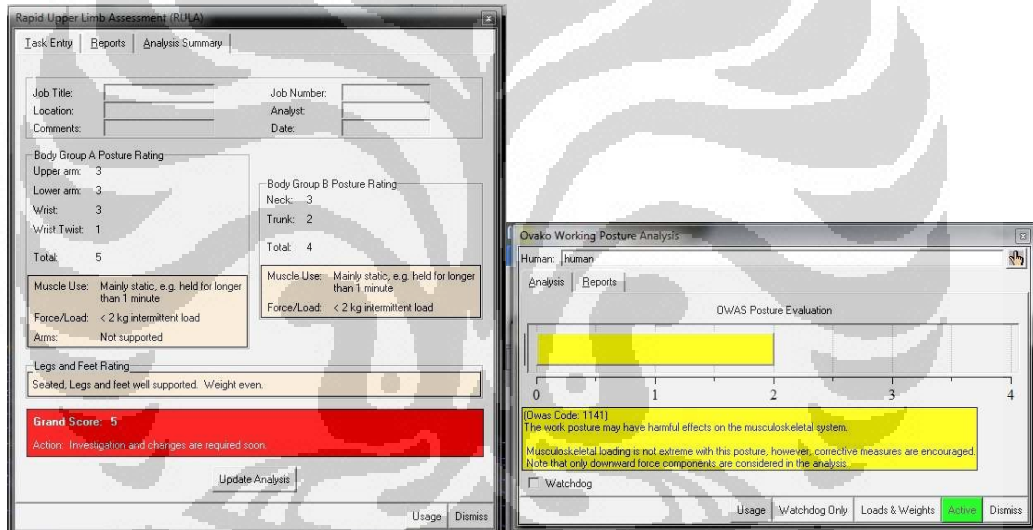
Model #3: Persentil 95 RULA dan OWAS



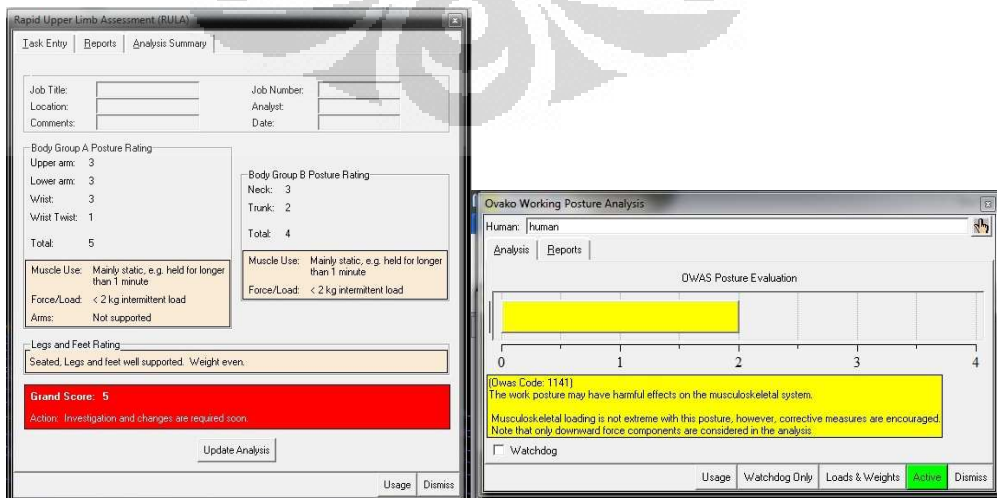
Model #4: Persentil 5 RULA dan OWAS



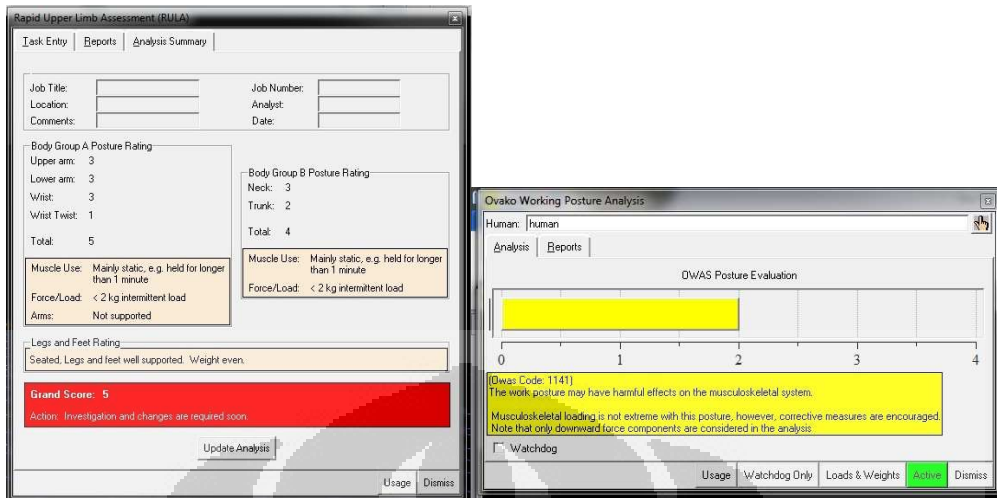
Model #4: Persentil 95 RULA dan OWAS



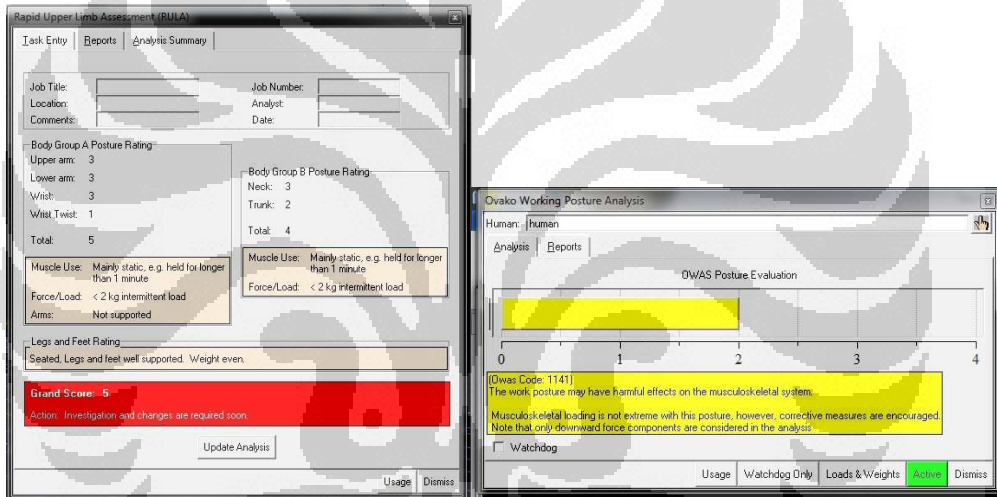
Model #5: Persentil 5 RULA dan OWAS



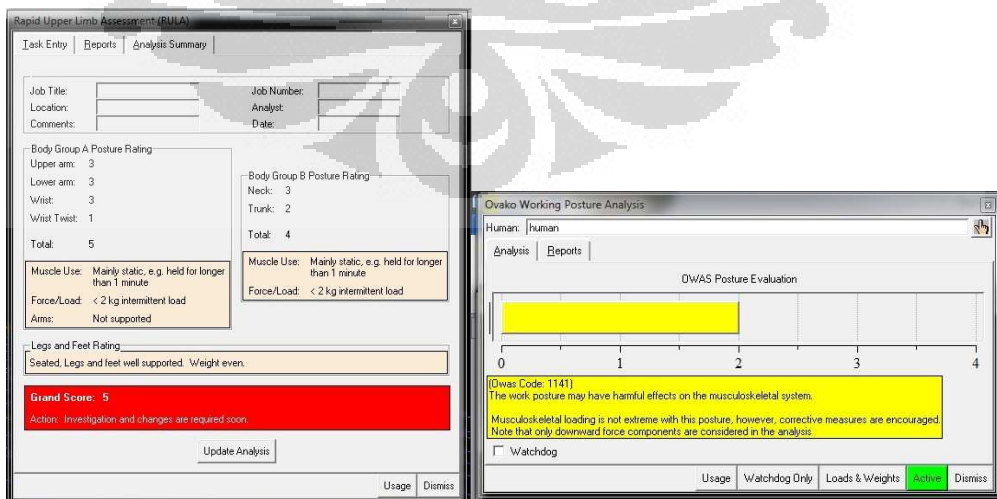
Model #5: Persentil 95 RULA dan OWAS



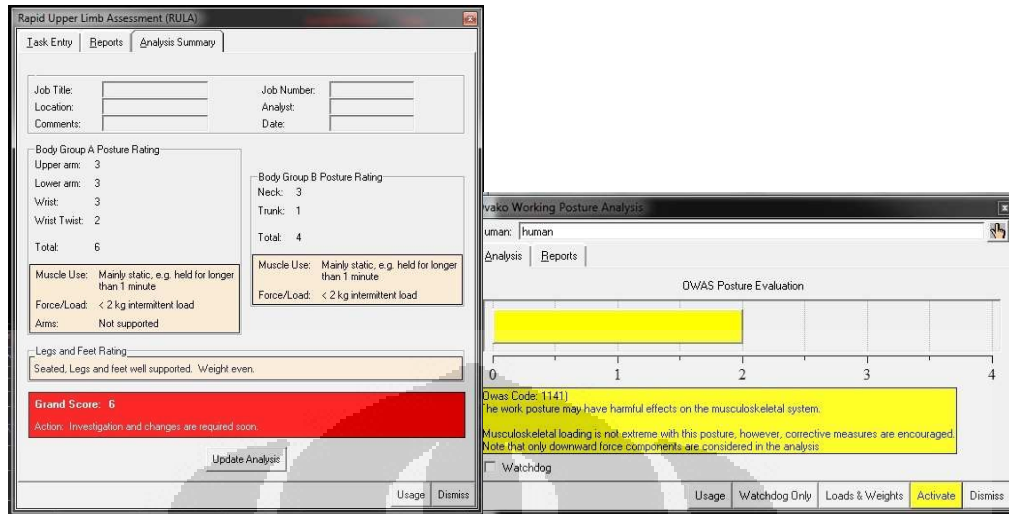
Model #6: Persentil 5 RULA dan OWAS



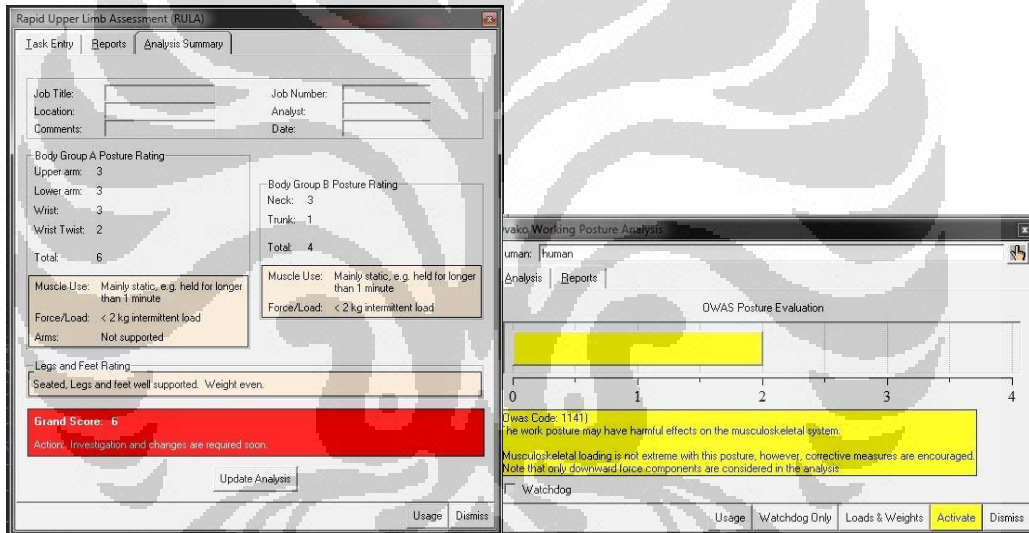
Model #6: Persentil 95 RULA dan OWAS



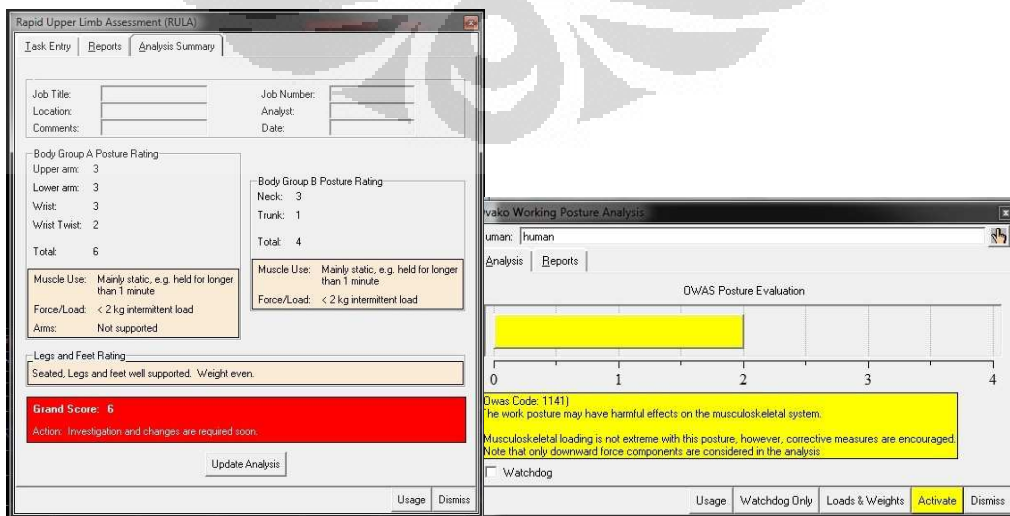
Model #7: Persentil 5 RULA dan OWAS



Model #7: Persentil 95 RULA dan OWAS

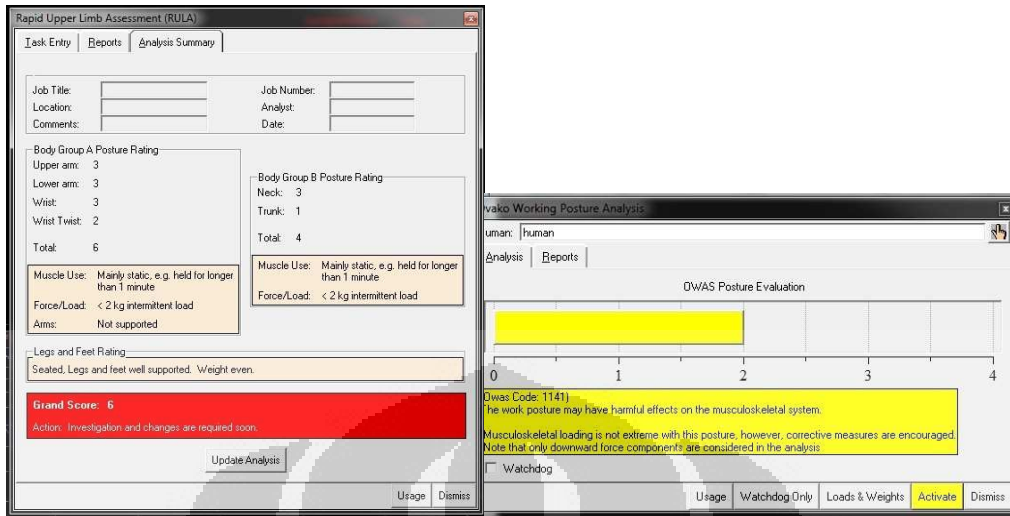


Model #8: Persentil 5 RULA dan OWAS

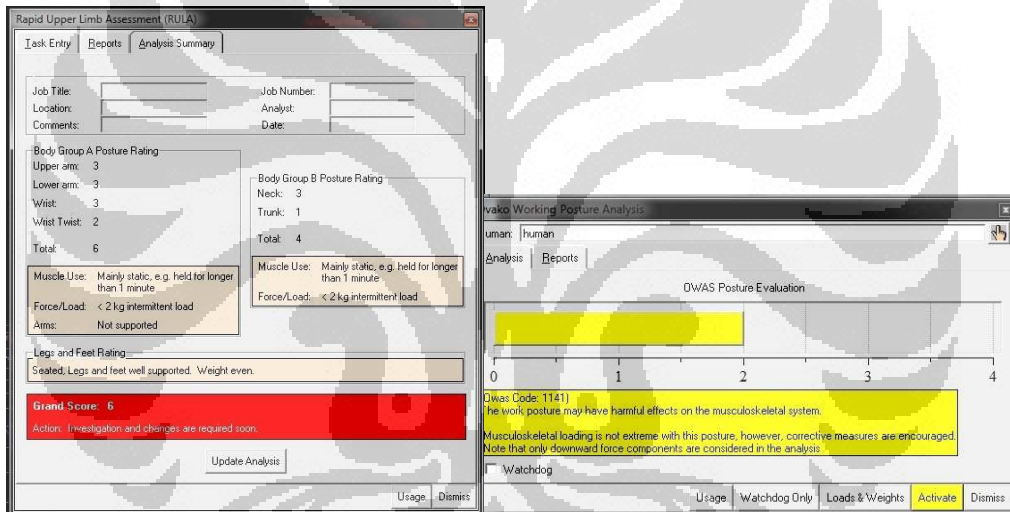




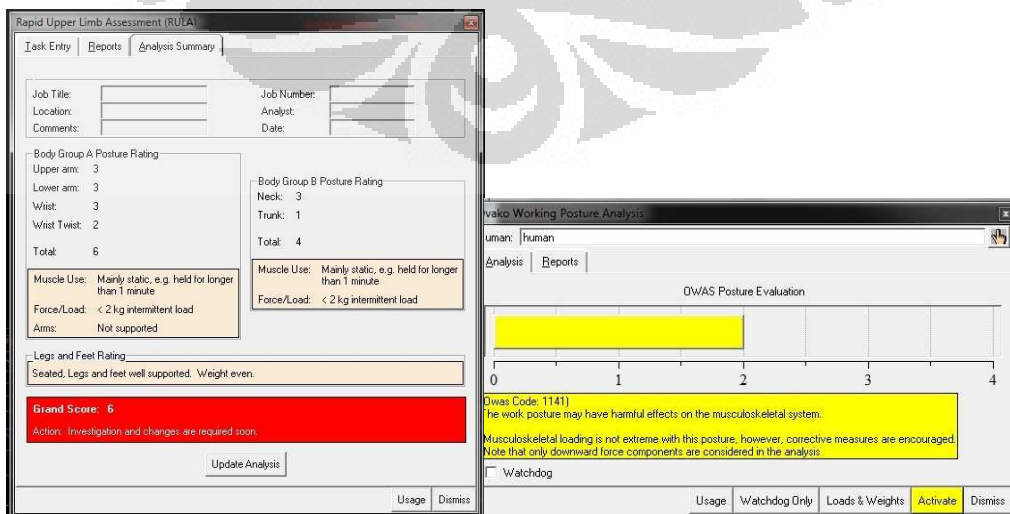
Model #8: Persentil 95 RULA dan OWAS



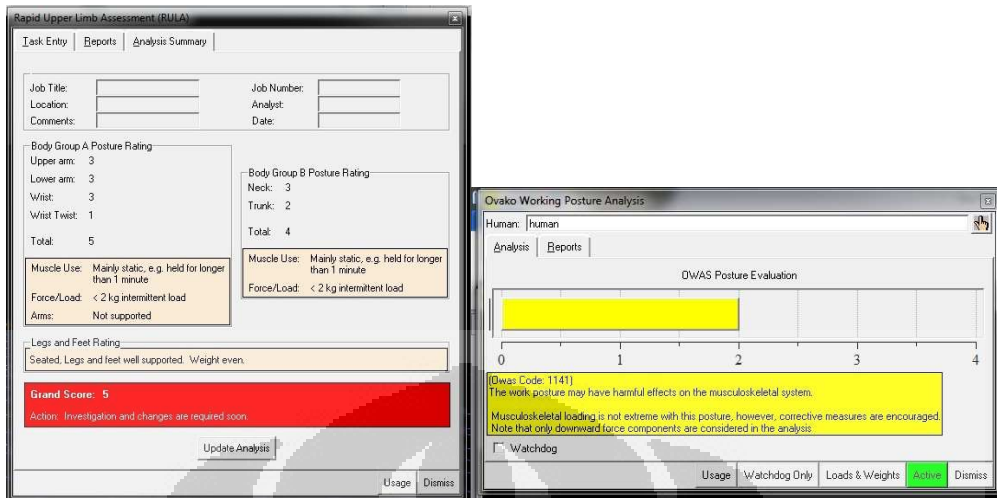
Model #9: Persentil 5 RULA dan OWAS



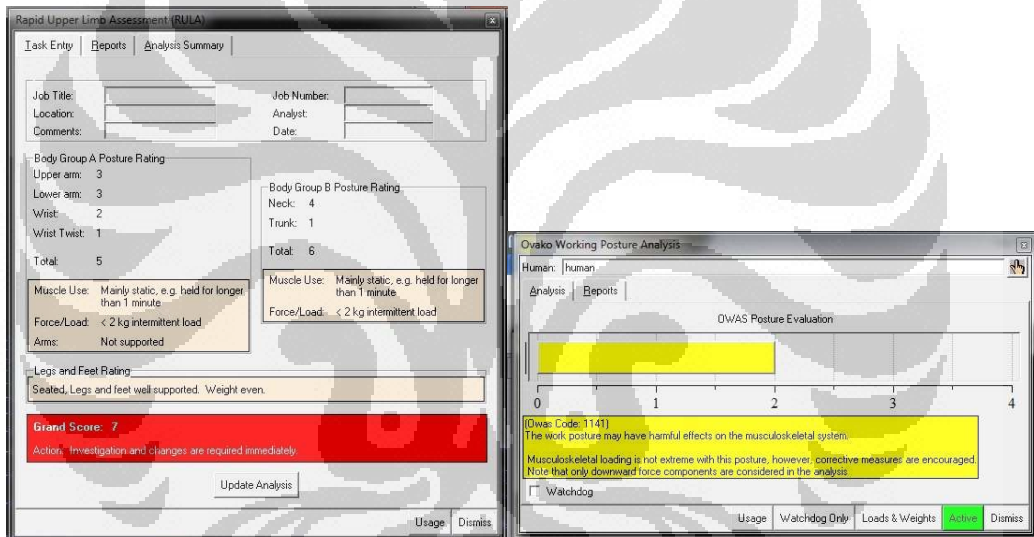
Model #9: Persentil 95 RULA dan OWAS



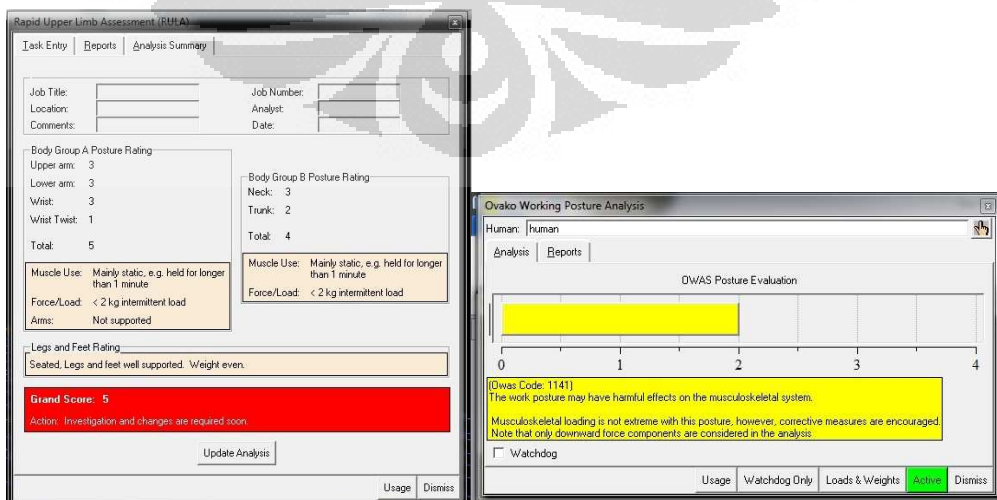
Model #10: Persentil 5 RULA dan OWAS



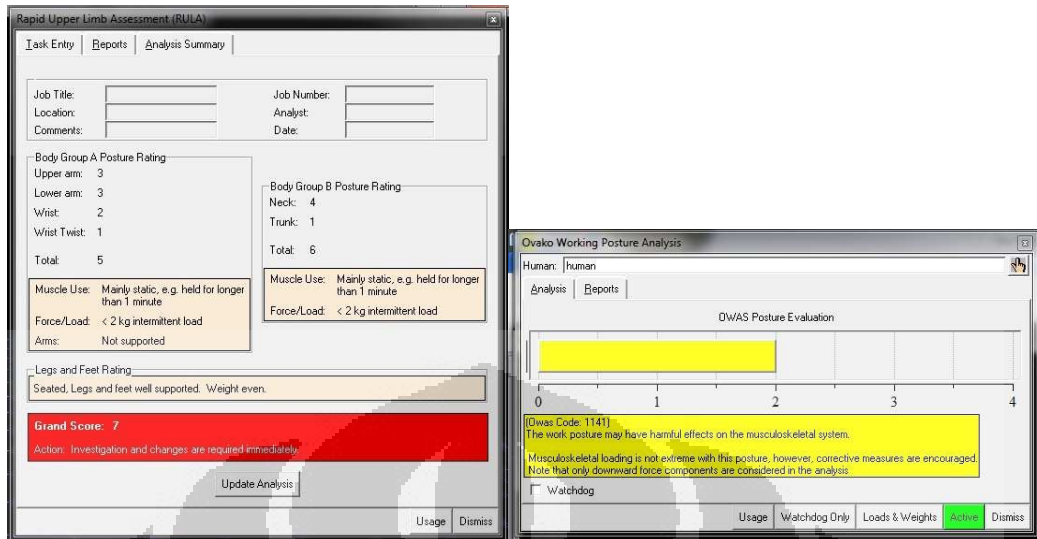
Model #10: Persentil 95 RULA dan OWAS



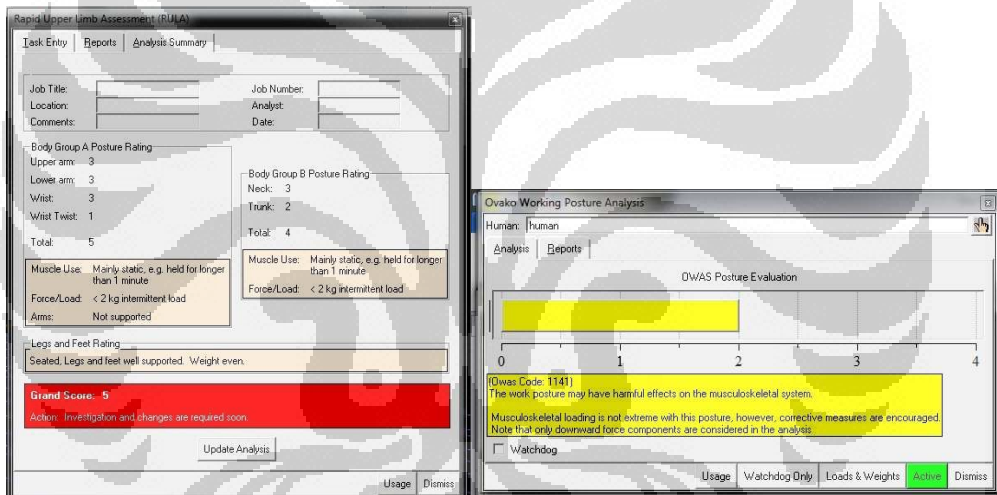
Model #11: Persentil 5 RULA dan OWAS



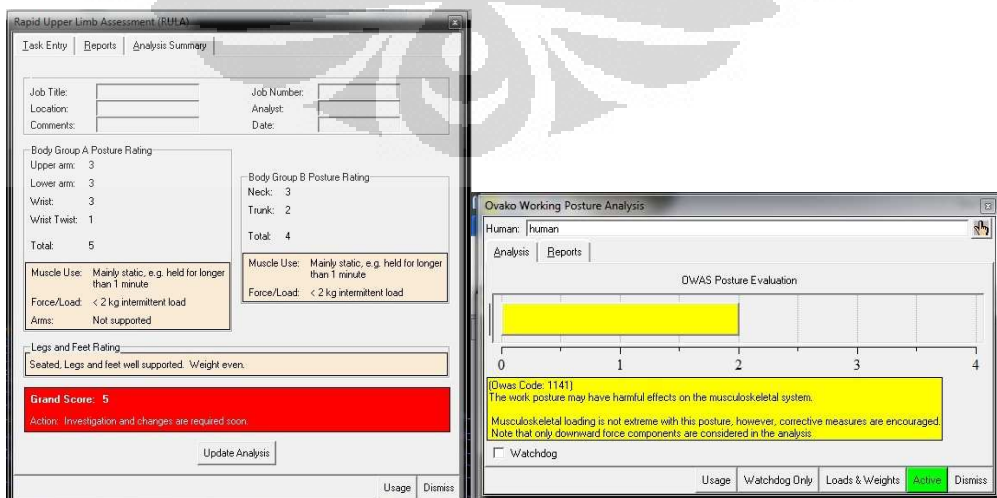
Model #11: Persentil 95 RULA dan OWAS



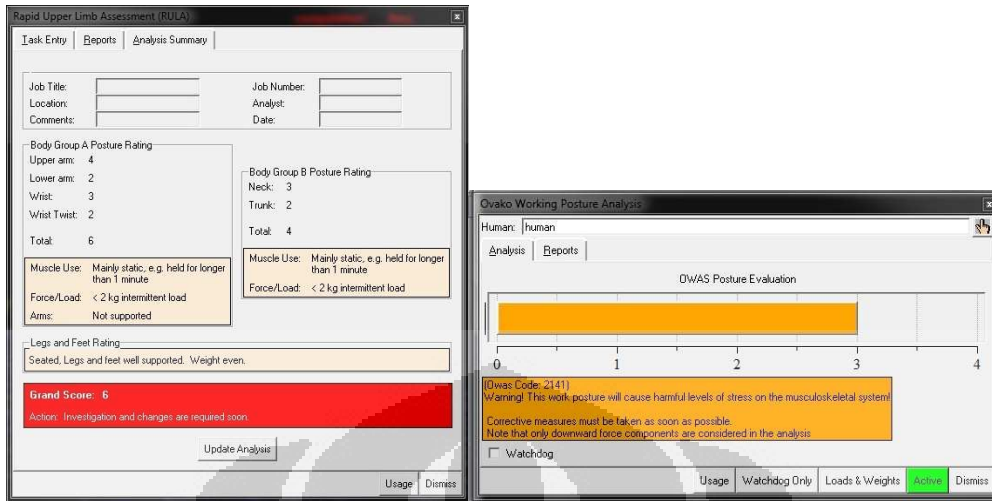
Model #12: Persentil 5 RULA dan OWAS



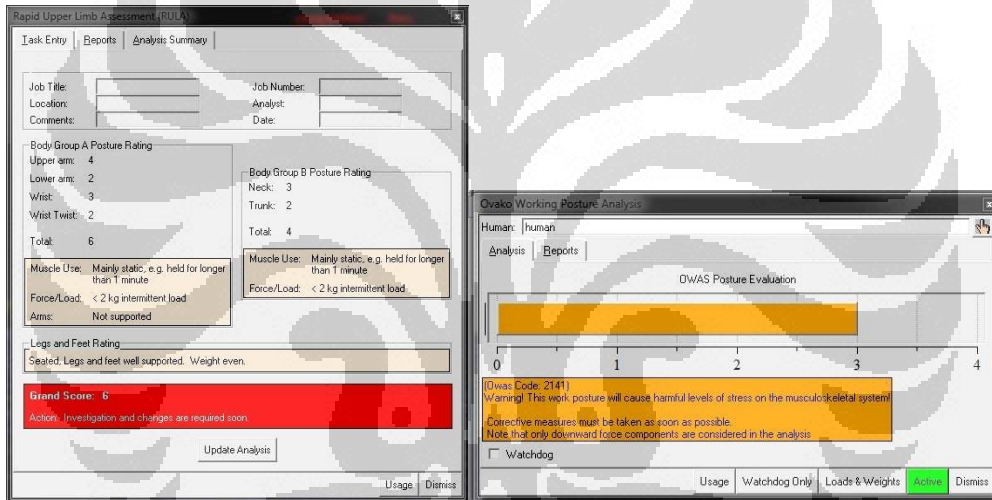
Model #12: Persentil 95 RULA dan OWAS



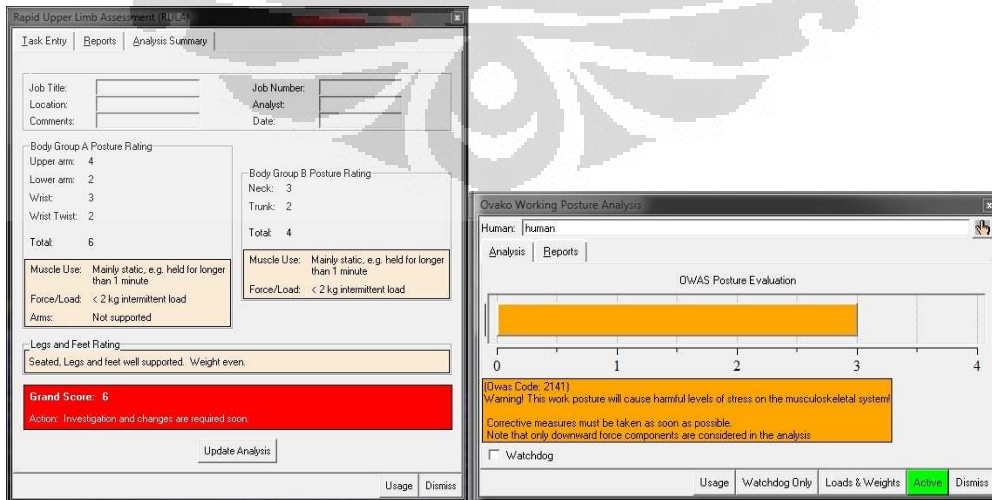
Model #13: Persentil 5 RULA dan OWAS



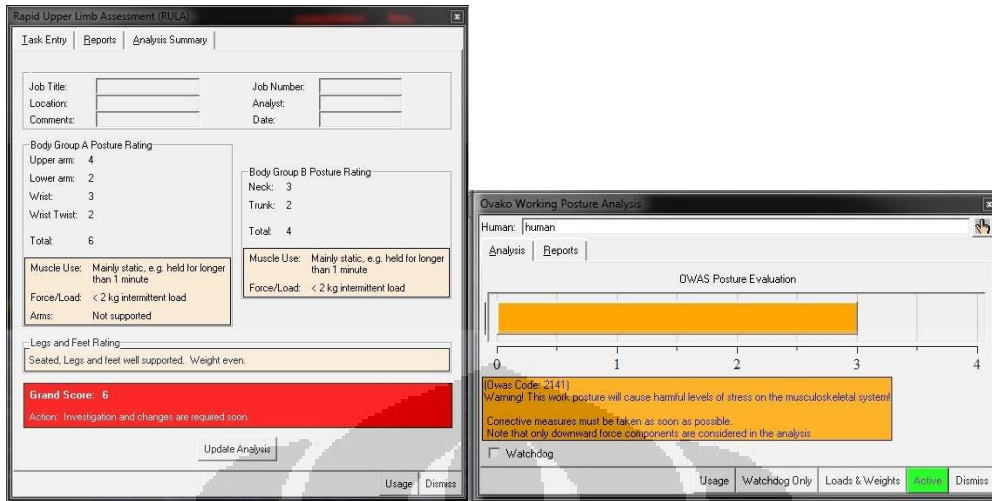
Model #13: Persentil 95 RULA dan OWAS



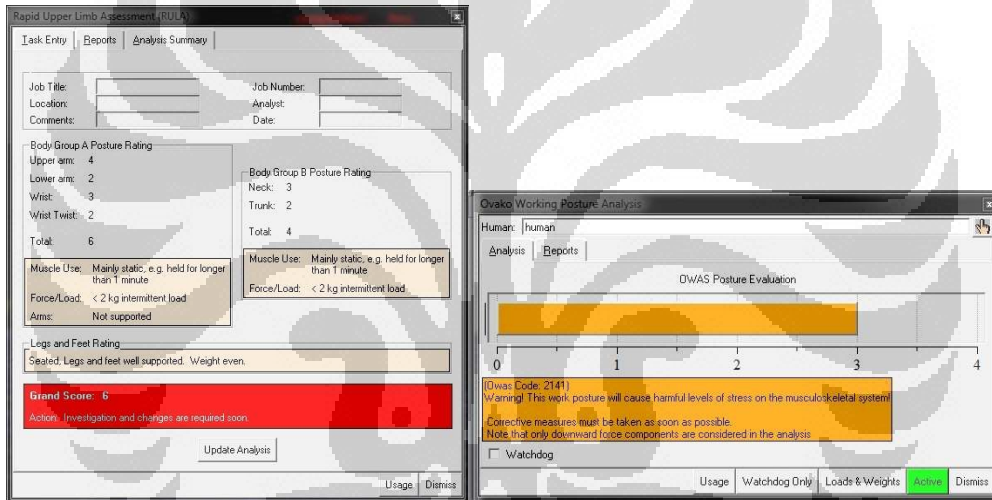
Model #14: Persentil 5 RULA dan OWAS



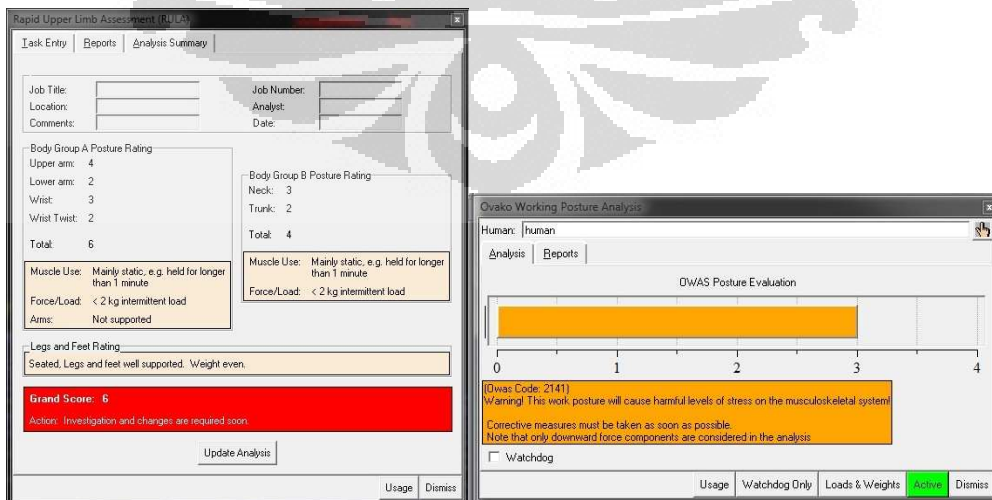
Model #14: Persentil 95 RULA dan OWAS



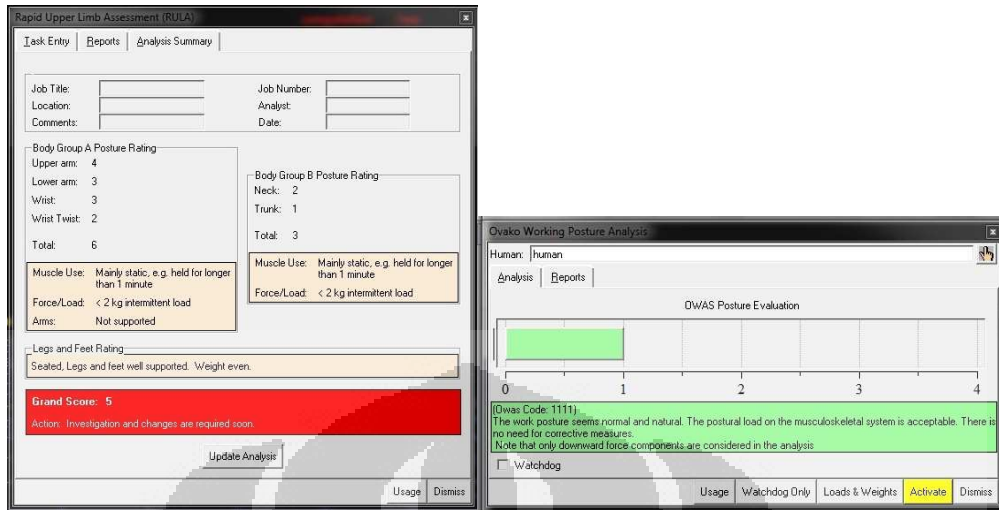
Model #15: Persentil 5 RULA dan OWAS



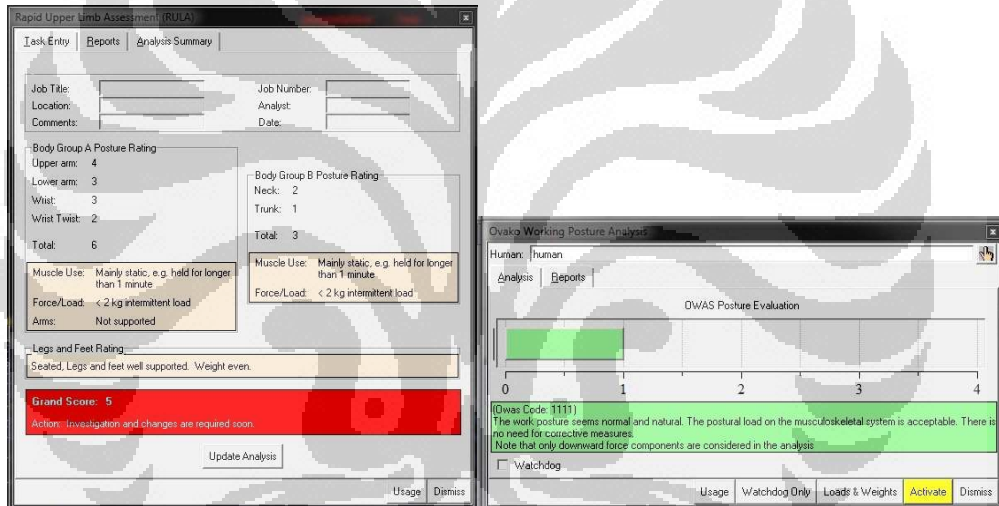
Model #15: Persentil 95 RULA dan OWAS



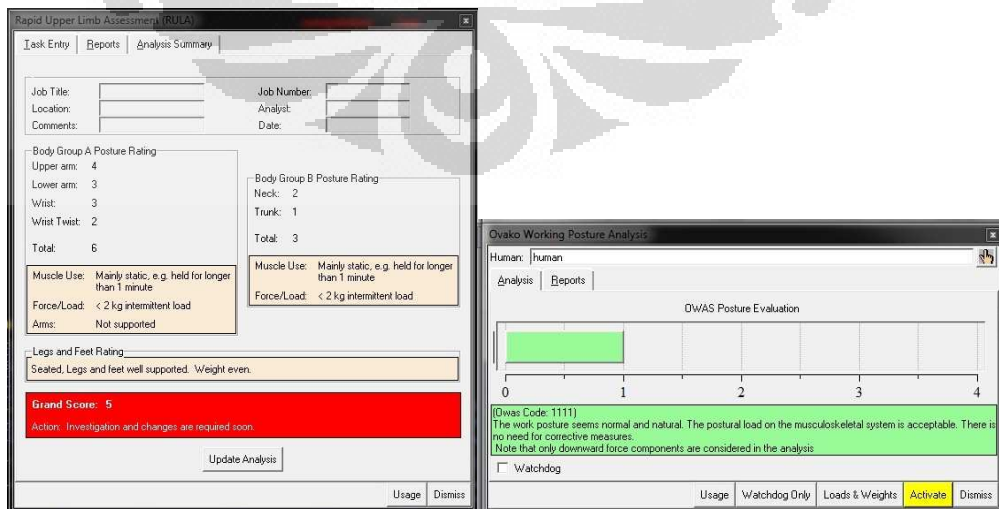
Model #16: Persentil 5 RULA dan OWAS



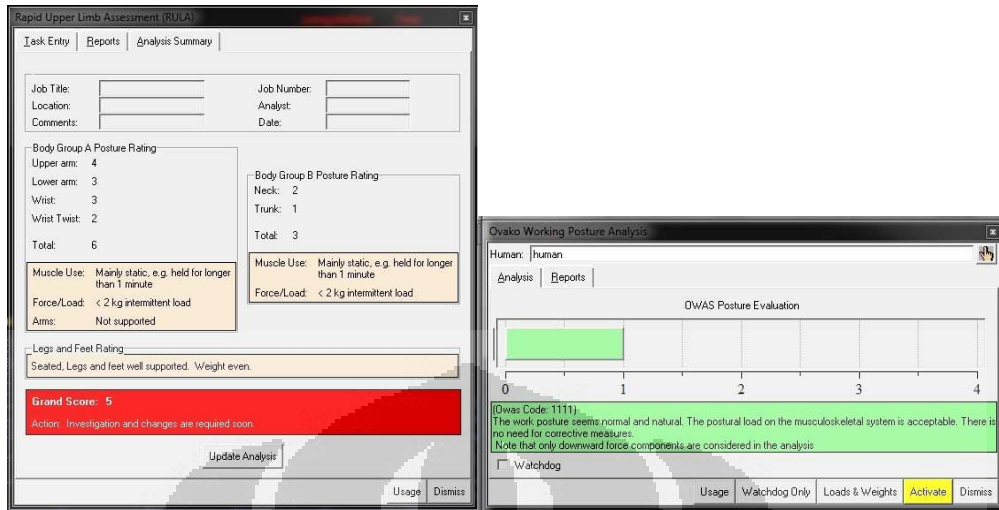
Model #16: Persentil 95 RULA dan OWAS



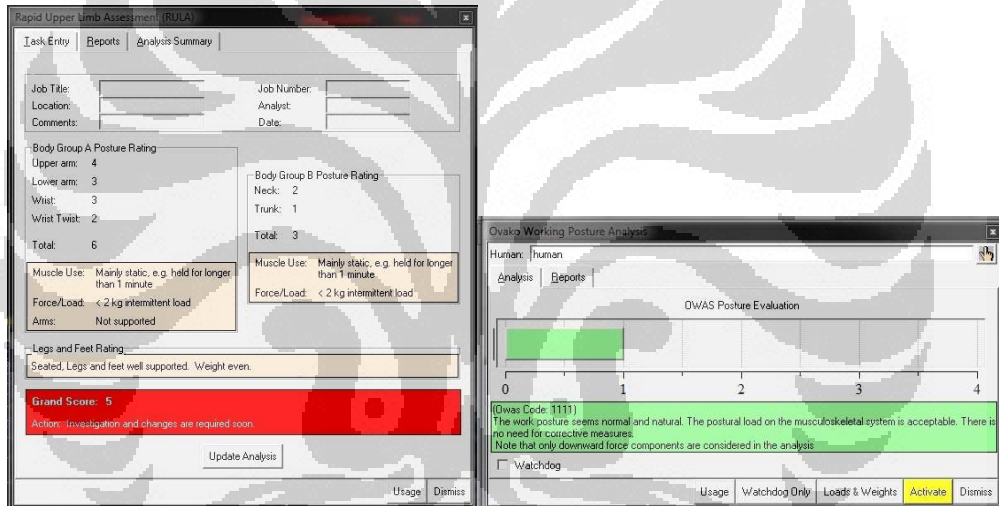
Model #17: Persentil 5 RULA dan OWAS



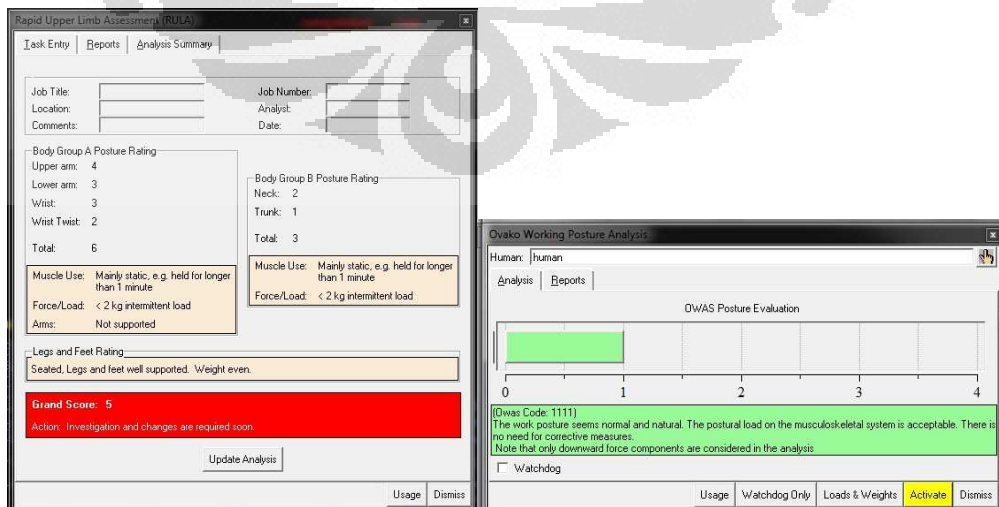
Model #17: Persentil 95 RULA dan OWAS



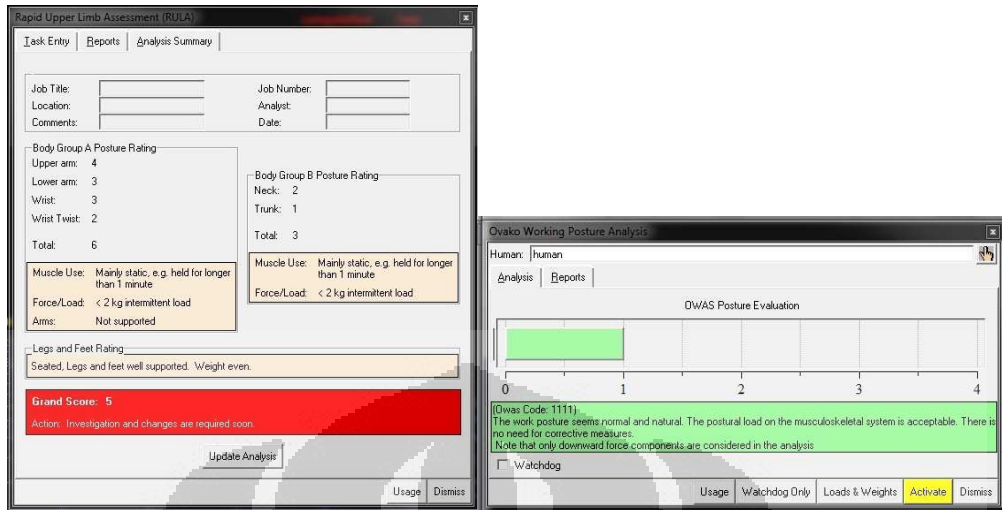
Model #18: Persentil 5 RULA dan OWAS



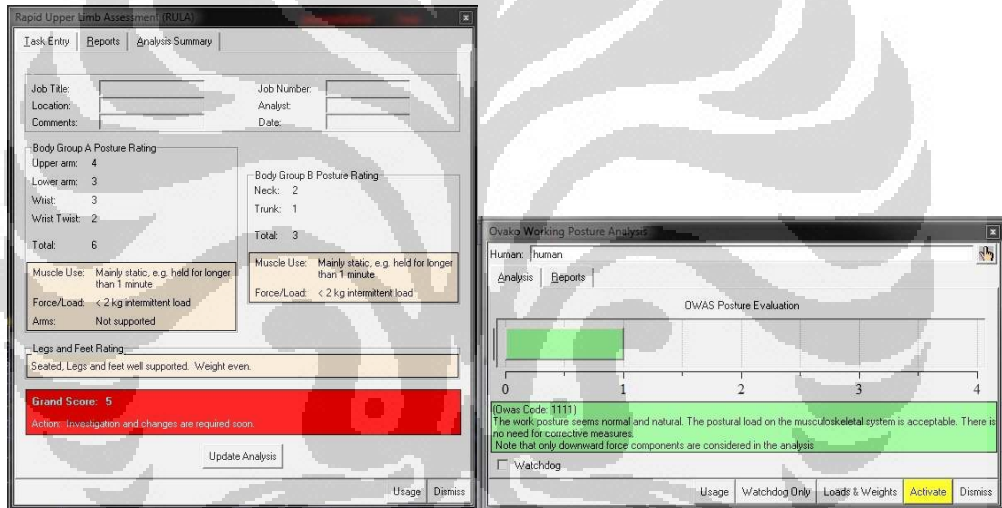
Model #18: Persentil 95 RULA dan OWAS



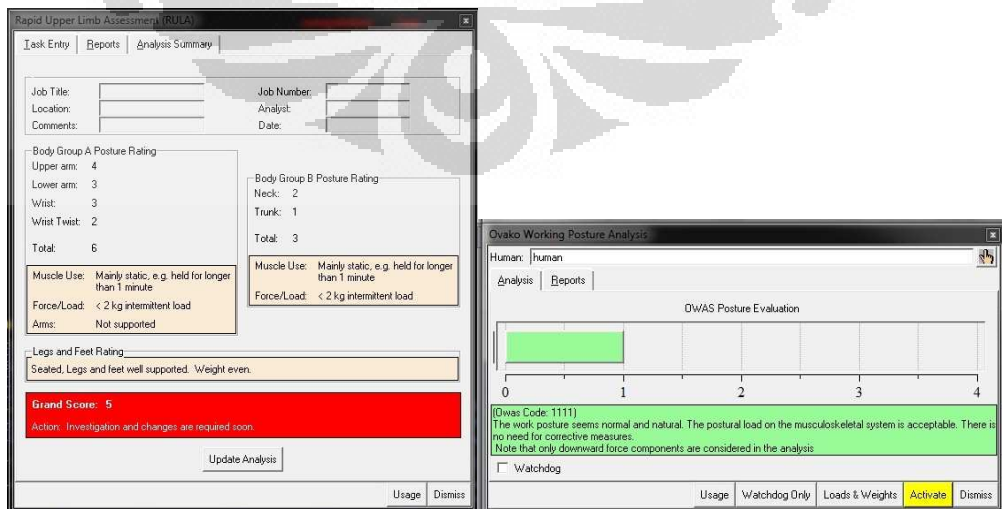
Model #19: Persentil 5 RULA dan OWAS



Model #19: Persentil 95 RULA dan OWAS

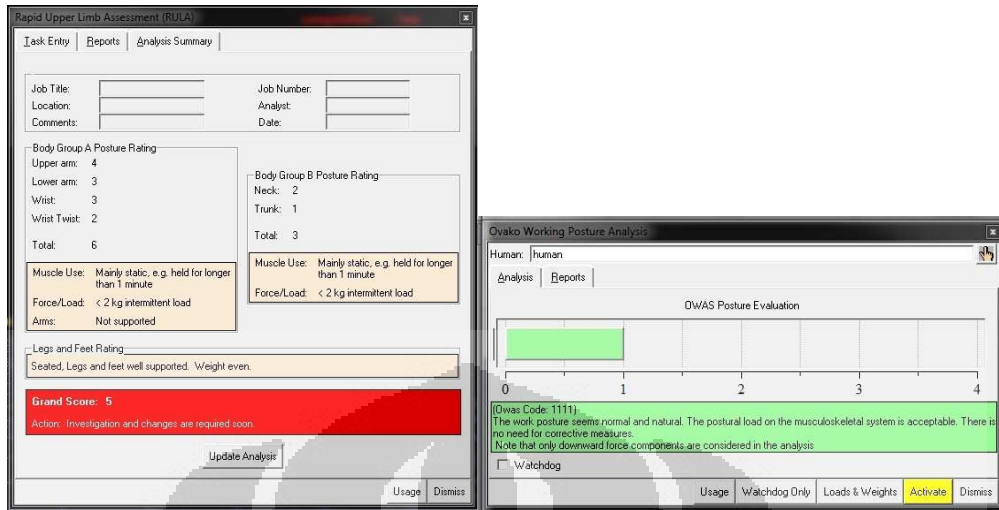


Model #20: Persentil 5 RULA dan OWAS

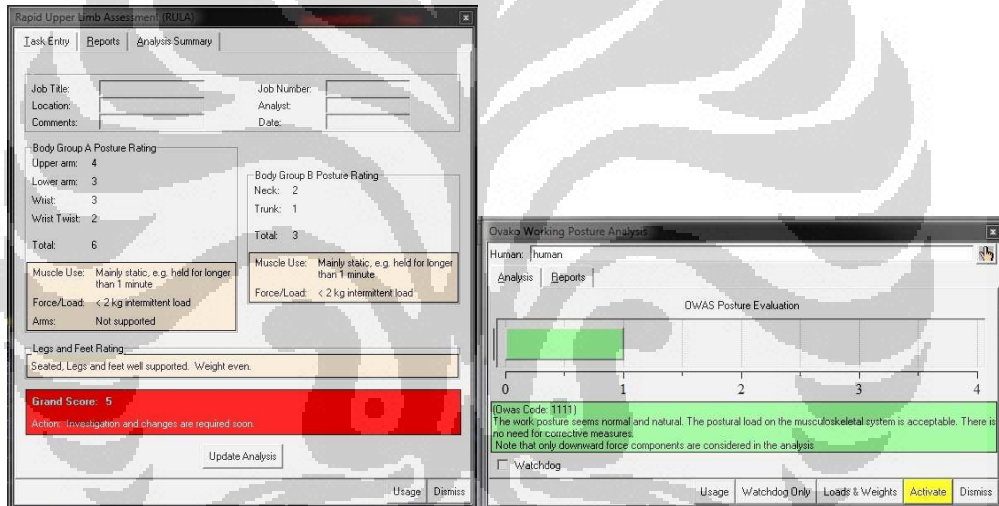




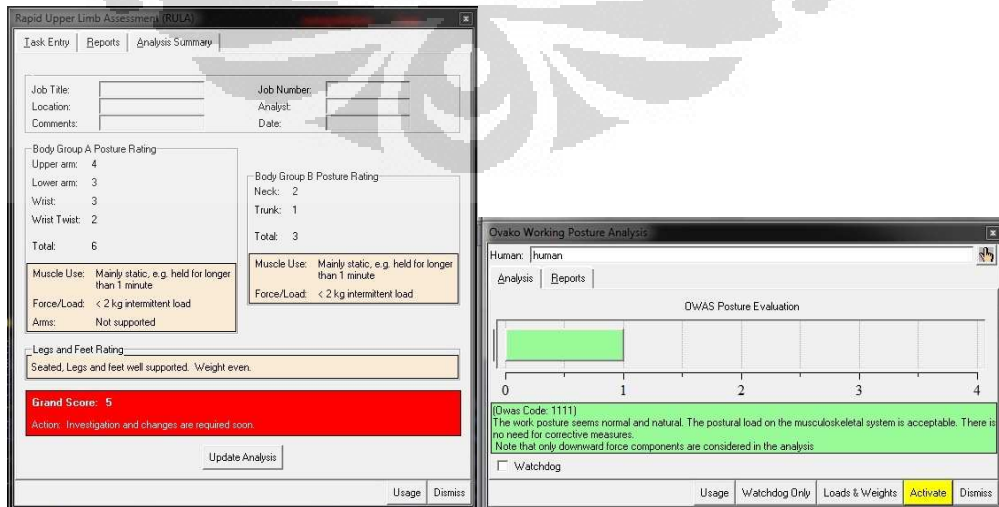
Model #20: Persentil 95 RULA dan OWAS



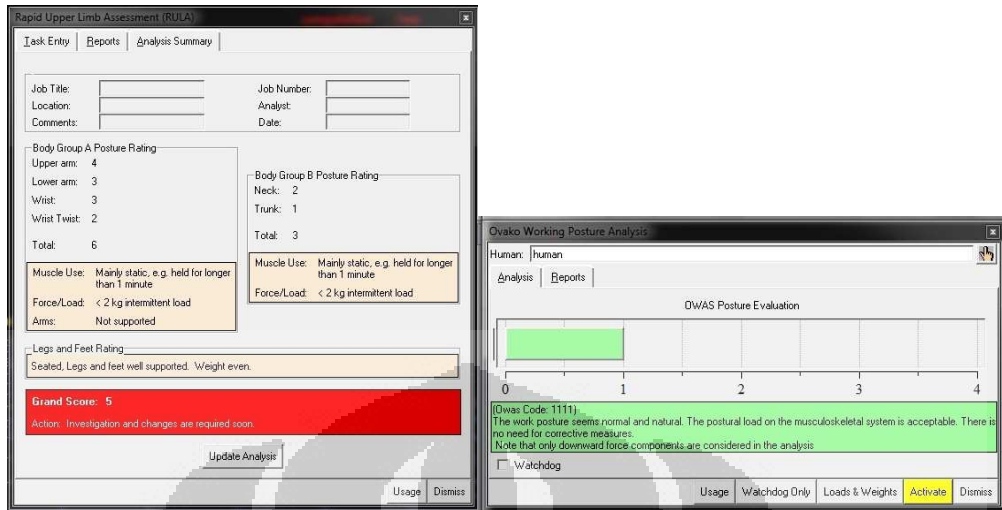
Model #21: Persentil 5 RULA dan OWAS



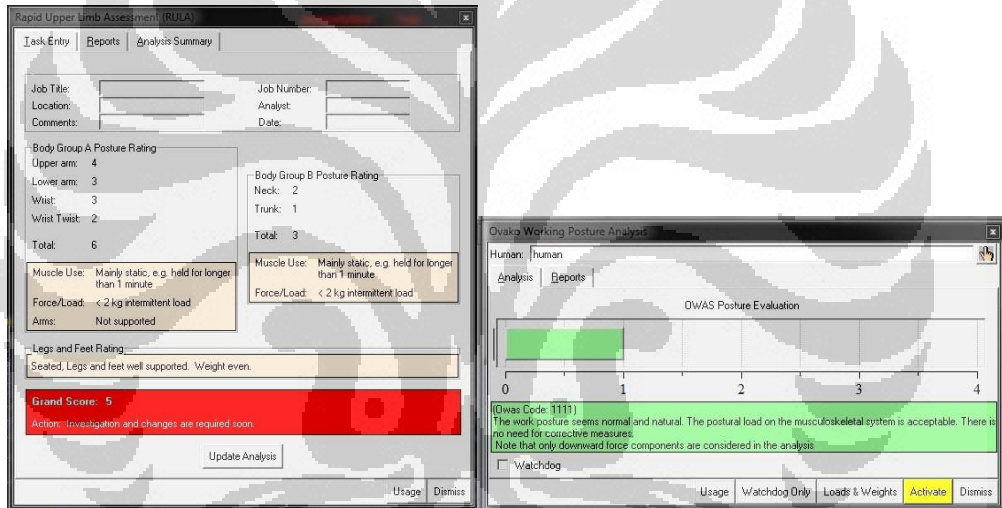
Model #21: Persentil 95 RULA dan OWAS



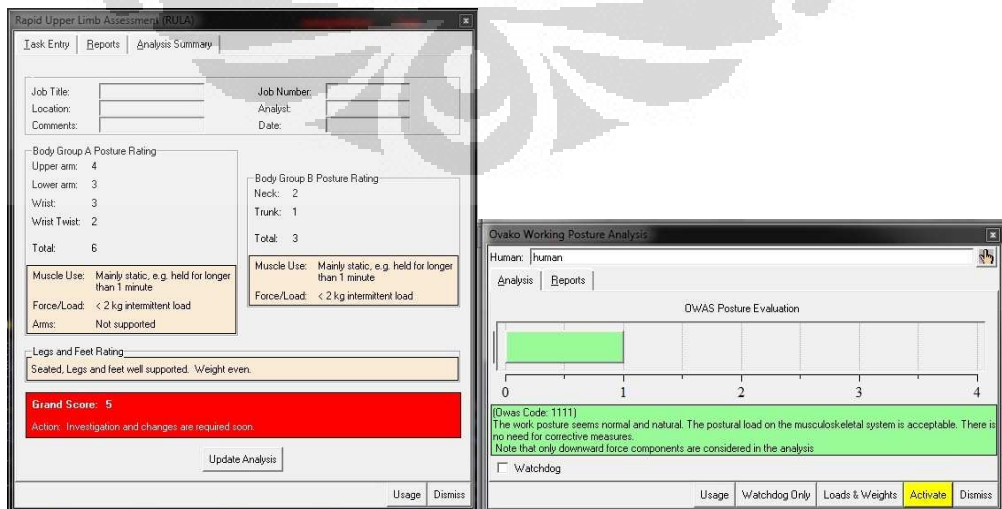
Model #22: Persentil 5 RULA dan OWAS



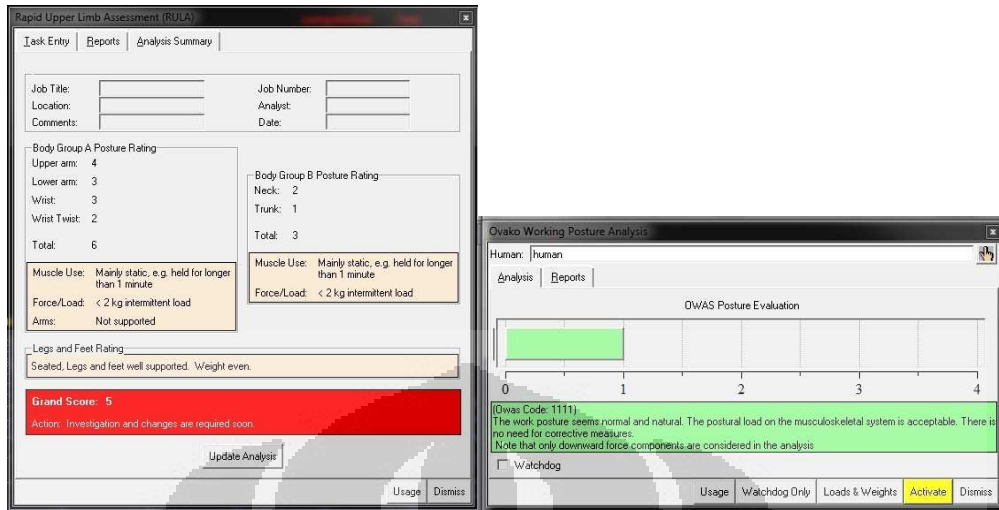
Model #22: Persentil 95 RULA dan OWAS



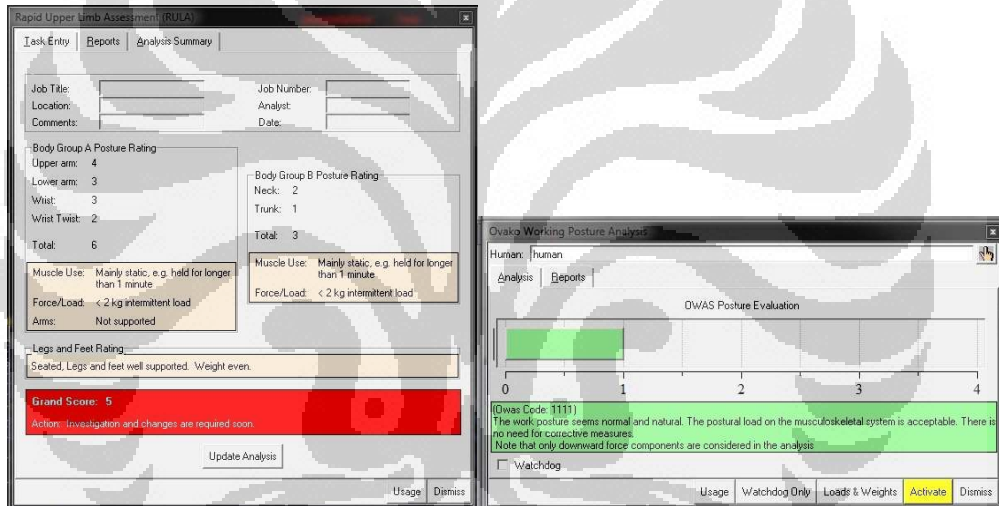
Model #23: Persentil 5 RULA dan OWAS



Model #23: Persentil 95 RULA dan OWAS



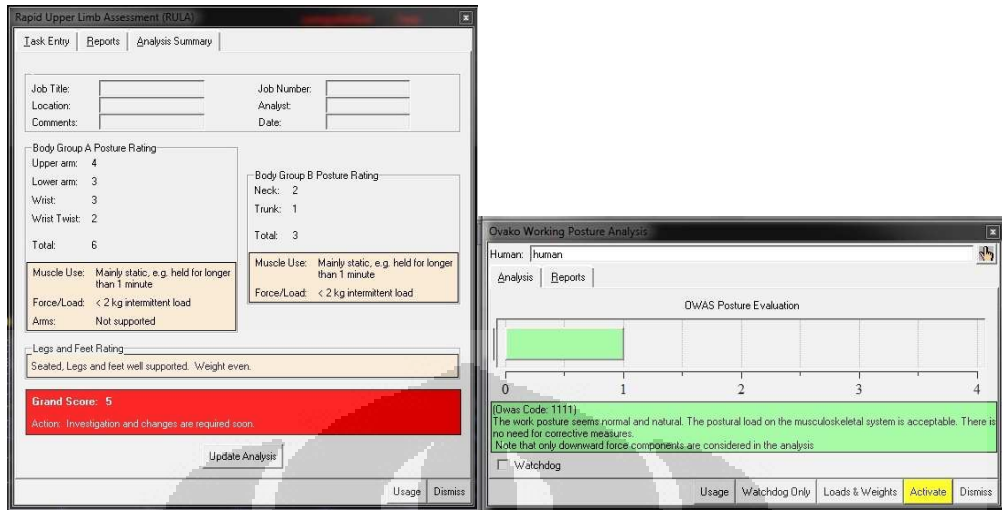
Model #24: Persentil 5 RULA dan OWAS



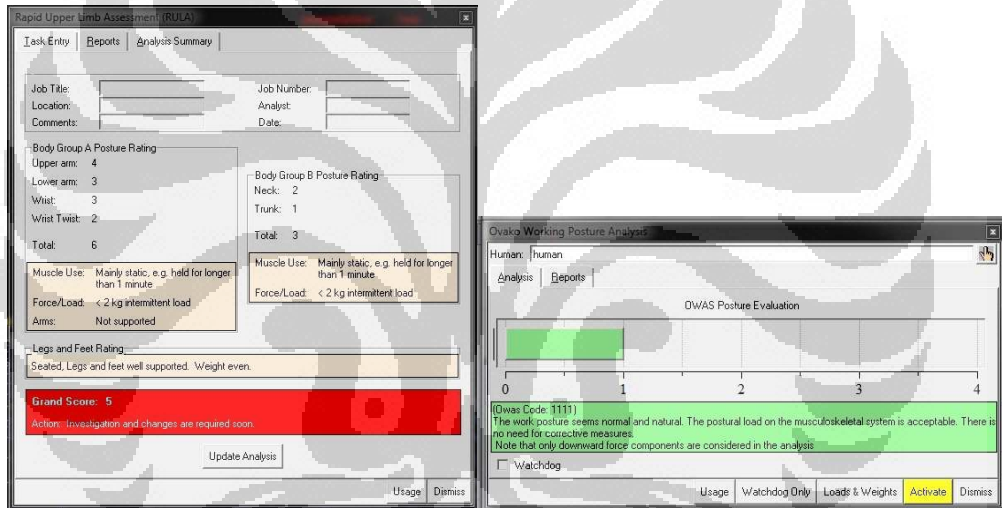
Model #24: Persentil 95 RULA dan OWAS



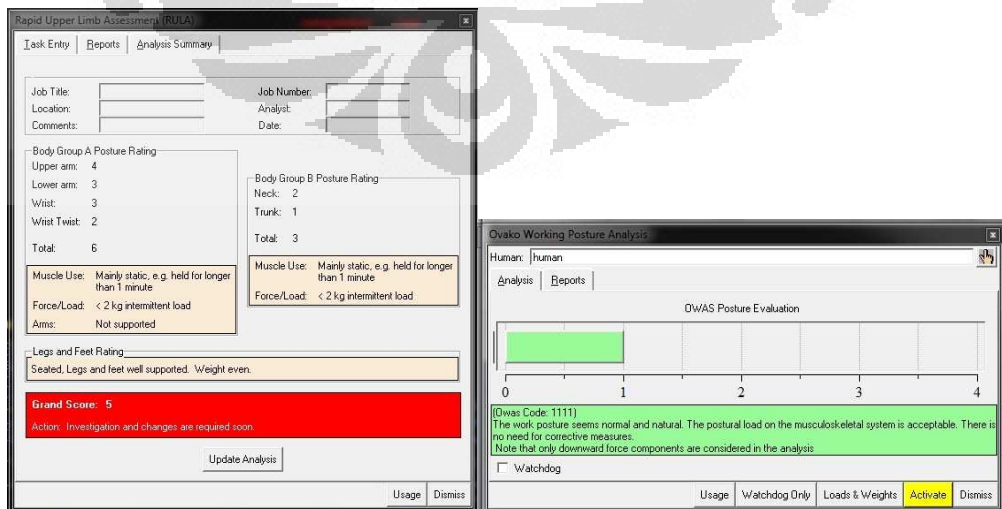
Model #25: Persentil 5 RULA dan OWAS



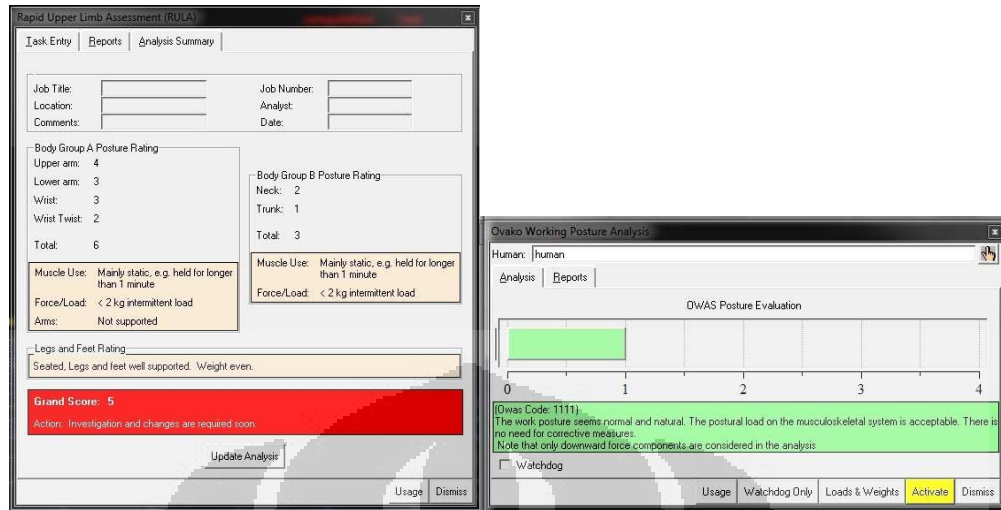
Model #25: Persentil 95 RULA dan OWAS



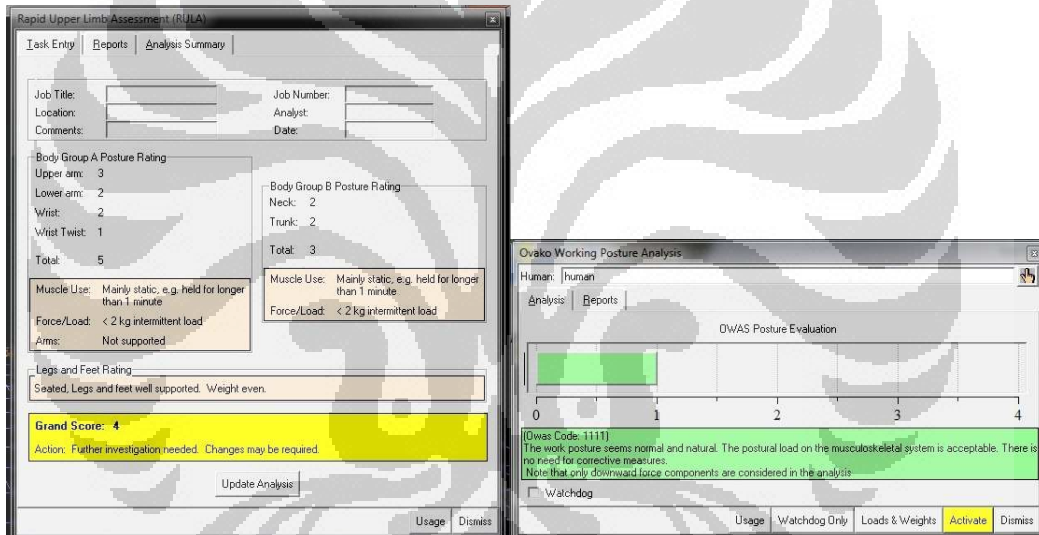
Model #26: Persentil 5 RULA dan OWAS



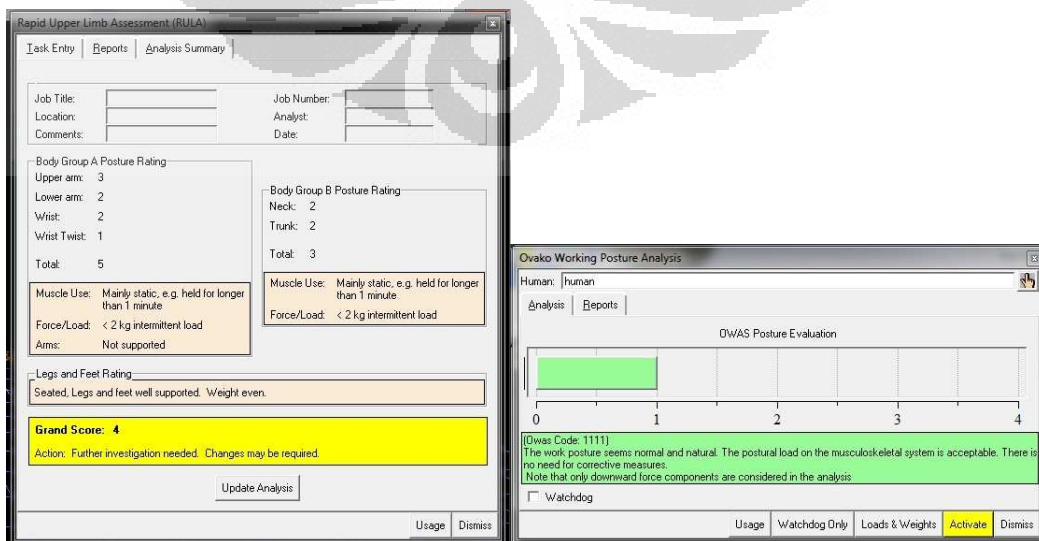
Model #26: Persentil 95 RULA dan OWAS



Model #27: Persentil 5 RULA dan OWAS



Model #27: Persentil 95 RULA dan OWAS



Model #28: Persentil 5 RULA dan OWAS

The image shows two software windows. The left window is 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' with the following data:

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

Body Group A Posture Rating:  
 Upper arm: 3  
 Lower arm: 2  
 Wrist: 2  
 Wrist Twist: 1  
 Total: 5

Body Group B Posture Rating:  
 Neck: 2  
 Trunk: 2  
 Total: 3

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

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

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

The right window is 'Ovako Working Posture Analysis' showing a 'DWAS Posture Evaluation' bar chart with a score of 2. The text below reads: '[Dwas Code: 1141] The work posture may have harmful effects on the musculoskeletal system. Musculoskeletal loading is not extreme with this posture, however, corrective measures are encouraged. Note that only downward force components are considered in the analysis.'

Model #28: Persentil 95 RULA dan OWAS

This screenshot is identical to the one above, showing the RULA and OWAS software interfaces for Model #28, Persentil 5. The data and scores are the same as in the previous image.

Model #29: Persentil 5 RULA dan OWAS

This screenshot is identical to the one above, showing the RULA and OWAS software interfaces for Model #28, Persentil 5. The data and scores are the same as in the previous image.

Model #29: Persentil 95 RULA dan OWAS

**Rapid Upper Limb Assessment (RULA)**

Task Entry | Reports | Analysis Summary

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

**Body Group A Posture Rating**  
 Upper arm: 3  
 Lower arm: 2  
 Wrist: 2  
 Wrist Twist: 1  
 Total: 5

**Body Group B Posture Rating**  
 Neck: 2  
 Trunk: 2  
 Total: 3

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

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

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

Update Analysis | Usage | Dismiss

---

**Okavko Working Posture Analysis**

Human: Human

Analysis | Reports

DWAS Posture Evaluation

0 1 2 3 4

[Dwas Code: 1141]  
 The work posture may have harmful effects on the musculoskeletal system.  
 Musculoskeletal loading is not extreme with this posture, however, corrective measures are encouraged.  
 Note that only downward force components are considered in the analysis.

Watchdog

Usage | Watchdog Only | Loads & Weights | Active | Dismiss

Model #30: Persentil 5 RULA dan OWAS

**Rapid Upper Limb Assessment (RULA)**

Task Entry | Reports | Analysis Summary

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

**Body Group A Posture Rating**  
 Upper arm: 3  
 Lower arm: 2  
 Wrist: 2  
 Wrist Twist: 1  
 Total: 5

**Body Group B Posture Rating**  
 Neck: 2  
 Trunk: 2  
 Total: 3

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

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

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

Update Analysis | Usage | Dismiss

---

**Okavko Working Posture Analysis**

Human: Human

Analysis | Reports

DWAS Posture Evaluation

0 1 2 3 4

[Dwas Code: 1141]  
 The work posture may have harmful effects on the musculoskeletal system.  
 Musculoskeletal loading is not extreme with this posture, however, corrective measures are encouraged.  
 Note that only downward force components are considered in the analysis.

Watchdog

Usage | Watchdog Only | Loads & Weights | Active | Dismiss

Model #30: Persentil 95 RULA dan OWAS

**Rapid Upper Limb Assessment (RULA)**

Task Entry | Reports | Analysis Summary

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

**Body Group A Posture Rating**  
 Upper arm: 3  
 Lower arm: 2  
 Wrist: 2  
 Wrist Twist: 1  
 Total: 5

**Body Group B Posture Rating**  
 Neck: 2  
 Trunk: 2  
 Total: 3

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

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

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

Update Analysis | Usage | Dismiss

---

**Okavko Working Posture Analysis**

Human: Human

Analysis | Reports

DWAS Posture Evaluation

0 1 2 3 4

[Dwas Code: 1141]  
 The work posture may have harmful effects on the musculoskeletal system.  
 Musculoskeletal loading is not extreme with this posture, however, corrective measures are encouraged.  
 Note that only downward force components are considered in the analysis.

Watchdog

Usage | Watchdog Only | Loads & Weights | Active | Dismiss

Lampiran 5: Form Penilaian RULA

**RULA Employee Assessment Worksheet** Based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

**A. Arm and Wrist Analysis**

**Step 1: Locate Upper Arm Position:**  
 -1 20° +2  
 20-45° +3  
 45-90° +4  
 Step 1a: Adjust...  
 If shoulder is raised: +1  
 If arm is supported or person is leaning: +1

**Step 2: Locate Lower Arm Position:**  
 -1 +2  
 Step 2a: Adjust...  
 If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

**Step 3: Locate Wrist Position:**  
 -1 +2  
 Step 3a: Adjust...  
 If wrist is bent from midline: Add +1  
**Step 4: Wrist Twist:**  
 If wrist is twisted in mid-range: +1  
 If wrist is at or near end of range: +2

**Step 5: Look-up Posture Score in Table A:**  
 Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

**Step 6: Add Muscle Use Score**  
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

**Step 7: Add Force/Load Score**  
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0  
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1  
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2  
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

**Step 8: Find Row in Table C**  
 Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

**B. Neck, Trunk and Leg Analysis**

**Step 9: Locate Neck Position:**  
 0-15° -1  
 15-25° +2  
 25-45° +3  
 >45° +4  
 Step 9a: Adjust...  
 If neck is twisted: +1  
 If neck is side bending: +1

**Step 10: Locate Trunk Position:**  
 -1 +2  
 Step 10a: Adjust...  
 If trunk is twisted: +1  
 If trunk is side bending: +1

**Step 11: Legs:**  
 If legs and feet are supported: +1  
 If not: -2

**Step 12: Look-up Posture Score in Table B:**  
 Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B.

**Step 13: Add Muscle Use Score**  
 If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

**Step 14: Add Force/Load Score**  
 If load < 4.4 lbs (intermittent): +0  
 If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1  
 If load 4.4 to 22 lbs (static or repeatedly): +2  
 If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

**Step 15: Find Column in Table C**  
 Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find column in Table C.

**SCORES**

Upper Arm	Wrist Posture Score			
	Lower Arm	Twist	Wrist	Twist
1	1	2	2	3
2	2	2	2	3
3	3	3	3	4
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9

**Table C: Neck, trunk and leg score**

1	1	2	3	3	4	5
2	2	2	3	4	4	5
3	3	3	3	4	5	6
4	4	4	4	5	6	6
5	5	5	5	6	7	7
6	6	6	6	7	7	7
7	7	7	7	8	8	8
8	8	8	8	9	9	9
9	9	9	9	9	9	9

**Table B: Trunk Posture Score**

Neck	Trunk Posture Score		
	Legs	Legs	Legs
1	1	2	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9

**Table A: Wrist Posture Score**

Upper Arm	Wrist Posture Score			
	Lower Arm	Twist	Wrist	Twist
1	1	2	2	3
2	2	2	2	3
3	3	3	3	4
4	4	4	4	4
5	5	5	5	5
6	6	6	6	6
7	7	7	7	7
8	8	8	8	8
9	9	9	9	9

**Scoring: (final score from Table C)**  
 1 or 2 = acceptable posture  
 3 or 4 = further investigation, change may be needed  
 5 or 6 = further investigation, change soon  
 7 = investigate and implement change

**Final Score**

Task name: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
 Reviewer: \_\_\_\_\_

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in RULA. © 2004 NIOSH Consulting, Inc. rhanke@nihsamart.com (816) 494-1667



Lampiran 6: Form Penilaian OWAS

Back	Arms		1	2	3	4	5	6	7	Legs		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1
3	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	1	1
1	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	2	3
2	2	2	2	3	2	3	3	4	3	4	2	3
3	3	4	2	3	3	3	4	4	4	4	4	2
1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	1	1
2	2	3	1	1	1	2	4	4	4	3	3	1
3	2	3	1	1	2	3	4	4	4	4	4	1
1	2	3	2	2	2	3	4	4	4	4	4	2
2	3	3	4	2	3	4	4	4	4	4	4	2
3	4	4	2	3	4	3	4	4	4	4	4	2
4	4	4	2	3	4	3	4	4	4	4	4	2
3	4	4	2	3	4	3	4	4	4	4	4	2