

**PERBAIKAN SISTEM KERJA PROSES EVAKUASI YANG
DILAKUKAN PETUGAS PARAMEDIS AMBULANS
MENGUNAKAN *VIRTUAL ENVIRONMENT MODELING***

SKRIPSI

**HERIAN ATMA
0606032026**



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

**PERBAIKAN SISTEM KERJA PROSES EVAKUASI YANG
DILAKUKAN PETUGAS PARAMEDIS AMBULANS
MENGUNAKAN *VIRTUAL ENVIRONMENT MODELING***

SKRIPSI

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

**HERIAN ATMA
0606032026**



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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Herian Atma

NPM : 0606032026

Tanda tangan :

Tanggal : 29 Juni 2010

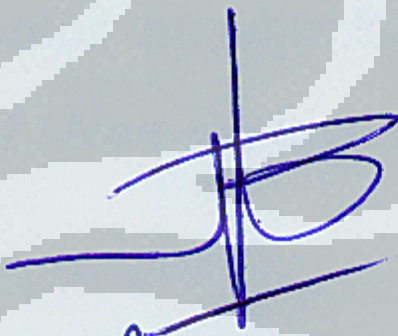
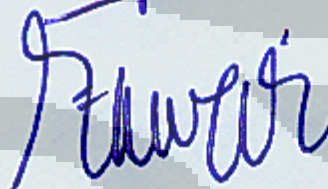
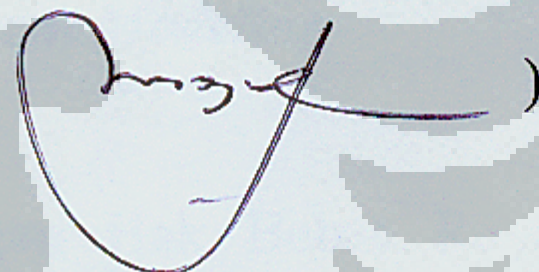
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Herian Atma
NPM : 060632026
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Perbaikan Sistem Kerja Proses Evakuasi yang Dilakukan Petugas Paramedis Ambulans menggunakan *Virtual Environment Modeling*

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Erlinda Muslim, MEE ()
Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, M.Si. ()
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2010

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

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

Nama : Herian Atma

NPM : 0606032026

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**Perbaikan Sistem Kerja Proses Evakuasi yang Dilakukan Petugas Paramedis
Ambulans menggunakan *Virtual Environment Modeling***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 29 Juni 2010

Yang Menyatakan

(Herian Atma)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Sumber dari suara-suara hati yang bersifat mulia. Sumber ilmu pengetahuan, Sumber segala kebenaran, Penabur cahaya ilham, Sang Kekasih tercinta yang tak terbatas pencahayaan cinta-Nya bagi umat, Allah Subhanahu wa Ta'ala. Shalawat serta salam teruntuk Nabi Muhammad SAW, yang telah memberikan serta menyampaikan kepada kita semua ajaran Rukun Iman dan Rukun Islam yang telah terbukti kebenarannya, serta makin terus terbukti kebenarannya.

Penelitian ini disusun dalam rangka melengkapi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Progam Pendidikan Sarjana di Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dan bimbingan dari berbagai pihak, penelitian ini tentunya mustahil dapat diselesaikan, oleh karena itu saya ingin menyampaikan terima kasih kepada:

- (1) Kedua orang tua saya, Muslihan dan Hartini Anwar sebagai sumber kehidupan saya, pembimbing utama hidup saya, pendidik saya. Mereka memiliki peran sangat penting dan tak terhingga, hingga rasanya ucapan terima kasih saja tidak akan pernah cukup untuk menggambarkan wujud penghargaan saya. Juga untuk kedua adikku yang akan menjadi orang besar nantinya, Hermulia Hadie Putra dan Herta Dinata, atas ucapan penyemangatnya yang tidak pernah berhenti.
- (2) Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE., selaku dosen pembimbing yang telah begitu banyak menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan kesabarannya yang luar biasa untuk mengarahkan saya dalam penelitian ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan ibu dengan kebaikan yang lebih banyak.
- (3) Bapak Ir. Boy Nurtjahyo Moch., MSIE dan Ibu Arian Dhini, ST., MT. Terima kasih atas segala motivasi, saran, dan bimbingannya. Semoga Allah SWT membalas kebaikannya dengan kebaikan yang lebih banyak.
- (4) Ibu Ir. Fauzia Dianawati, M.Si., dan keluarga. Terima kasih atas segala bantuannya, baik atas saran-saran yang diberikan selama pembuatan skripsi,

keramahan yang diberikan kepada saya dalam membantu penyelesaian skripsi ini.

- (5) Bapak John Marbun, Bapak Abu Hanifah, Pak Kartiko, Pak Dedi, Pak Habibie, Pak Abdul Rosyid, dan seluruh karyawan dan petugas AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta, atas segala kemudahan dan keramahan yang diberikan selama saya mengambil data dan melakukan penelitian di sana.
- (6) Ibu Wike, Bapak Danang, dan Mbak Dwi, dan segenap pihak-pihak di RSUD Pasar Rebo, yang dengan senang hati membantu dan mempermudah urusan saya selama penelitian ini. Semoga Allah SWT membalasnya.
- (7) Pak Mursyid, Mas Latief, dan Mas Iwan atas kesediannya menunggu saya dan teman-teman memakai lab Ergonomic Center hingga larut malam dan akhir pekan.
- (8) Dia yang menjadi motivasi saya untuk terus maju dan melangkah ke depan, dan menjadi orang sukses di dunia dan akhirat. Yang memperindah cahaya di pelupuk mata saya, di manapun ia berada.
- (9) Bacul, Budink, Arya, Ayu, Novi, Venita, Herbert, Jenni, Herman, Amenk, Sanny, Fero, Sadam, dan Yunika, atas 6 bulan yang tak terlupakan di dalam tim ergocen.
- (10) Yudi, Fatur, dan Faishal, yang tak bosan-bosan menghibur saya dengan cara mereka. Semoga Allah membalas kebaikan kalian dan memberi petunjuk, jalan terbaik yang harus kalian pilih.
- (11) Rekan-rekan TI 2006 lainnya yang telah menjadi sahabat setia penulis baik dalam suka maupun duka selama kuliah.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama ini. Semoga penelitian ini dapat berguna di masa yang akan datang.

Depok, 29 Juni 2010

Penulis

ABSTRAK

Nama : Herian Atma
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Perbaikan Sistem Kerja Proses Evakuasi yang Dilakukan Petugas Paramedis Ambulans menggunakan *Virtual Environment Modeling*.

Pekerjaan petugas paramedis ambulans saat proses evakuasi pasien melibatkan pekerjaan pengangkatan (*lifting task*) dalam situasi yang darurat, sehingga berisiko menimbulkan gangguan muskuloskeletal seperti *low back pain*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji lingkungan kerja dan aspek ergonomi yang mempengaruhi postur petugas paramedis tersebut dengan menggunakan metode simulasi pada lingkungan virtual. Model biomekanis (manekin) dari petugas disimulasikan dan dianalisis dengan metode LBA dan OWAS. Model kemudian diberi suatu perbaikan dengan menggunakan prinsip-prinsip ergonomi yang ada dan kemudian dianalisis kembali. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan rekomendasi terhadap lingkungan kerja petugas operasional ambulans yang sesuai dengan aspek-aspek ergonomi.

Kata Kunci:

Ergonomi, *Virtual Environment*, Petugas Paramedis Ambulans, *Low Back Pain*, *Low Back Compression Force*, OWAS

ABSTRACT

Name : Herian Atma
Study Program : Industrial Engineering
Title : Work System Improvement of Evacuation Process Conducted by Emergency Medical Technicians using Virtual Environment Modeling

The work of emergency medical technicians (EMT) during patient evacuation involves lifting task in an emergency situation, which results in the increasing risk of musculoskeletal disorders such as low back pain. The purpose of this research was to investigate the workplace and ergonomic aspect that influence work posture of the EMT using simulation approach in a virtual environment. Biomechanic model (mannequin) of the EMT had been simulated and analyzed by using LBA and OWAS method. The mannequin was given an improvement based on ergonomic principle of manual lifting task and then was reanalyzed. The results of this research can be used as a recommendation to the work system of the EMT.

Keywords:

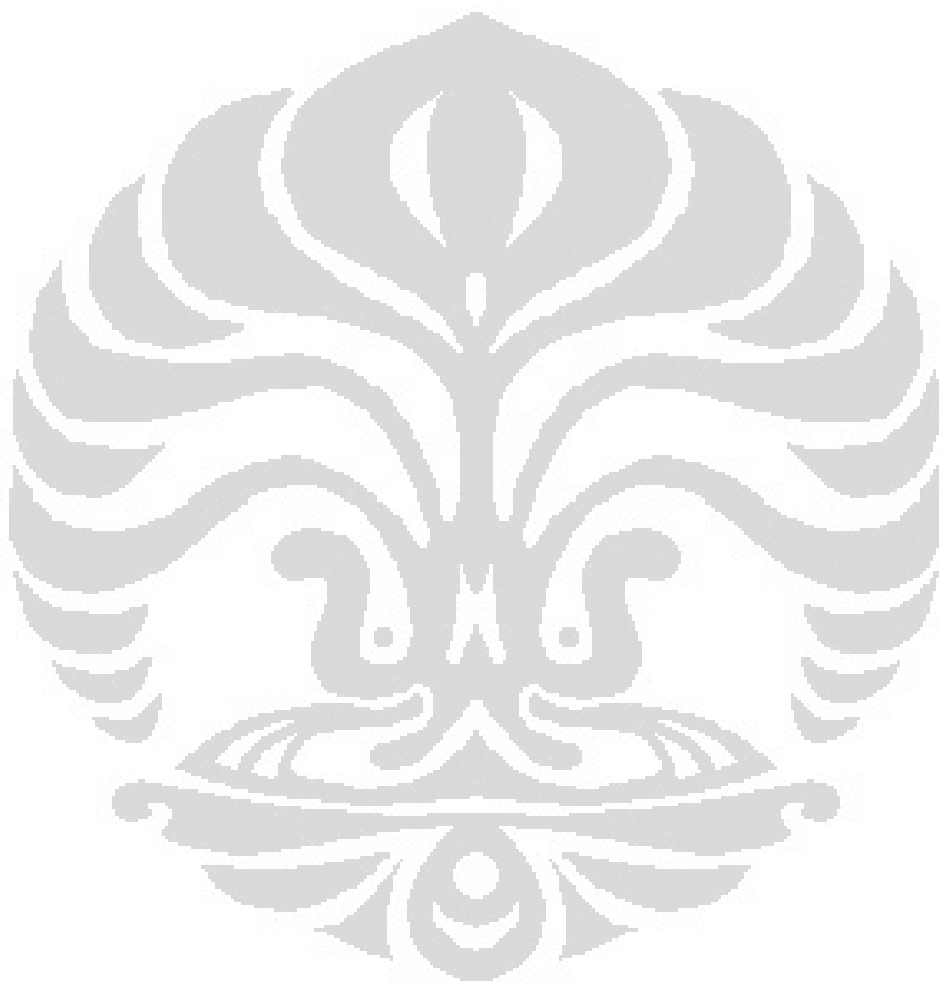
Ergonomic, Virtual Environment, Emergency Medical Technicians, Low Back Pain, Low Back Compression Force, OWAS

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	4
1.3 Perumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metodologi Penelitian	6
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 LANDASAN TEORI	9
2.1 Ergonomi	9
2.1.1 Pengertian Ergonomi	9
2.1.2 Ergonomi pada Lingkungan Kerja (<i>Workplace Ergonomic</i>)	10
2.1.3 <i>Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSD)</i>	12
2.1.4 <i>Proper Lifting Techniques</i>	13
2.1.5 Antropometri	15
2.2 Analisis Ergonomis	19
2.2.1 <i>Low Back Analysis</i>	19

2.2.2	<i>Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)</i>	23
2.3	<i>Virtual Environment (VE)</i>	26
2.3.1	<i>Software NX 6.0</i>	26
2.3.2	<i>Software Jack 6.1</i>	27
BAB 3 PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL		30
3.1	Tinjauan Umum Objek Penelitian	30
3.1.1	Profil Ambulans Gawat Darurat (AGD).....	30
3.1.2	Seksi Pelayanan AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta	34
3.2	Pengumpulan Data.....	36
3.2.1	Data Permasalahan Lingkungan Kerja	37
3.2.2	Data Antropometri Pekerja	40
3.2.3	Data Bentuk dan Dimensi dari Peralatan.....	44
3.2.3.1	Mobil Ambulans.....	44
3.2.3.2	<i>Long Spine Board (LSB)</i>	44
3.2.3.3	<i>Stretcher (Usungan)</i>	45
3.2.4	Data Postur dan Gerakan Pekerja.....	46
3.3	Perancangan Model	46
3.3.1	Membuat <i>Virtual Environment</i>	48
3.3.2	Membuat Model Biomekanis Manusia (Manekin)	49
3.3.3	Mengatur Postur dan Posisi Manekin pada <i>Virtual Environment</i> ...	51
3.3.4	Membuat Gerakan Manekin.....	53
3.3.5	Melakukan Pengujian Model	53
3.3.5.1	Verifikasi Model	53
3.3.5.2	Validasi Model.....	55
BAB 4 ANALISIS DAN PERBAIKAN		58
4.1	Analisis Model	58
4.1.1	<i>Low Back Analysis (LBA)</i>	59
4.1.2	<i>Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)</i>	63

4.2	Perbaikan (<i>Improvement</i>).....	66
4.2.1	Pelaksanaan Perbaikan.....	67
4.2.2	Analisis Hasil Perbaikan.....	69
BAB 5 KESIMPULAN.....		78
DAFTAR PUSTAKA.....		79
LAMPIRAN.....		81



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian	7
Gambar 2.1 Pekerjaan Pengangkatan (<i>Lifting Task</i>)	11
Gambar 2.2 Cara Mengangkat yang Aman.....	14
Gambar 2.3 Data Antropometri Struktural	18
Gambar 2.4 Data Antropometri Fungsional.....	19
Gambar 2.5 Ilustrasi dari <i>L4/L5 Disc</i> dan <i>L5/S1 Disc</i>	20
Gambar 2.6 Perhitungan dari <i>Compression Force F</i> yang Terjadi di Punggung ..	21
Gambar 2.7 (A) Mengangkat dengan Punggung Membengkok. (B) Mengangkat dengan Punggung Lurus	22
Gambar 2.8 Contoh Tampilan <i>Software NX 6.0</i>	26
Gambar 2.9 Contoh Tampilan <i>Environment Software Jack 6.1</i>	28
Gambar 2.10 Contoh Postur Tubuh Manusia pada <i>Software Jack 6.1</i>	28
Gambar 3.1 Strukur Organisasi AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta 2010.....	32
Gambar 3.2 Alur Kerja dari Operasional AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta	36
Gambar 3.3 Rekapitulasi Pertanyaan Pertama	38
Gambar 3.4 Rekapitulasi Pertanyaan Kedua.....	39
Gambar 3.5 Rekapitulasi Pertanyaan Ketiga	39
Gambar 3.6 Hasil Uji Normalitas Data Tinggi Badan.....	41
Gambar 3.7 Hasil Uji Normalitas Data Berat Badan.....	41
Gambar 3.8 Ambulans	44
Gambar 3.9 <i>Long Spine Board</i>	45
Gambar 3.10 <i>Stretcher</i> Ambulans	45
Gambar 3.11 Petugas Paramedis Mengangkat Korban dengan LSB	46
Gambar 3.12 Diagram Alir Perancangan Model.....	48
Gambar 3.13 Hasil Pembuatan LSB dan <i>Stretcher</i> dengan <i>Software NX 6.0</i>	49
Gambar 3.14 Hasil Impor <i>3D Object</i> ke dalam <i>Software Jack 6.1</i>	49
Gambar 3.15 Pengaturan Antropometri Manekin dengan <i>Advanced Body Scaling</i>	50

Gambar 3.16 Model Manekin Petugas Paramedis Persentil 95	51
Gambar 3.17 Penyesuaian Postur dari Manekin	52
Gambar 3.18 Petugas Paramedis di <i>Virtual Environment</i>	52
Gambar 3.19 Pemberian Gerakan pada Modul <i>Animation System</i>	53
Gambar 3.20 Hasil Uji Dimensi/Analisis Unit pada <i>Software Jack 6.1</i>	54
Gambar 3.21 Uji Validitas dengan Penambahan Beban yang Ekstrim	56
Gambar 3.22 Hasil Analisis LBA setelah Penambahan 5 kg pada Model.....	57
Gambar 4.1 Model Manekin dengan Persentil 5	59
Gambar 4.2 Model Manekin dengan Persentil 95	59
Gambar 4.3 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #1.....	60
Gambar 4.4 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #9.....	61
Gambar 4.5 Grafik Garis dari Hasil Rekapitulasi Analisis LBA	63
Gambar 4.6 Hasil Analisis OWAS untuk Kondisi Simulasi #2	64
Gambar 4.7 Hasil Analisis OWAS untuk Kondisi Simulasi #10	65
Gambar 4.8 Cara Mengangkat dengan Bertumpu pada Otot Paha.....	68
Gambar 4.9 Model Manekin yang Memakai Prinsip <i>Proper Lifting Techniques</i> .	68
Gambar 4.10 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #1 setelah Perbaikan.	69
Gambar 4.11 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #9 setelah Perbaikan.	70
Gambar 4.12 Grafik Garis dari Hasil Rekapitulasi Analisis LBA	72
setelah Perbaikan	72
Gambar 4.13 Perbandingan Sebelum-Sesudah Perbaikan Persentil 5.....	73
Gambar 4.14 Perbandingan Sebelum-Sesudah Perbaikan Persentil 95	74
Gambar 4.15 Hasil Analisis OWAS Kondisi Simulasi #2.....	74
setelah Perbaikan	74
Gambar 4.16 Hasil Analisis OWAS untuk Kondisi Simulasi #10	75
setelah Perbaikan	75

DAFTAR TABEL

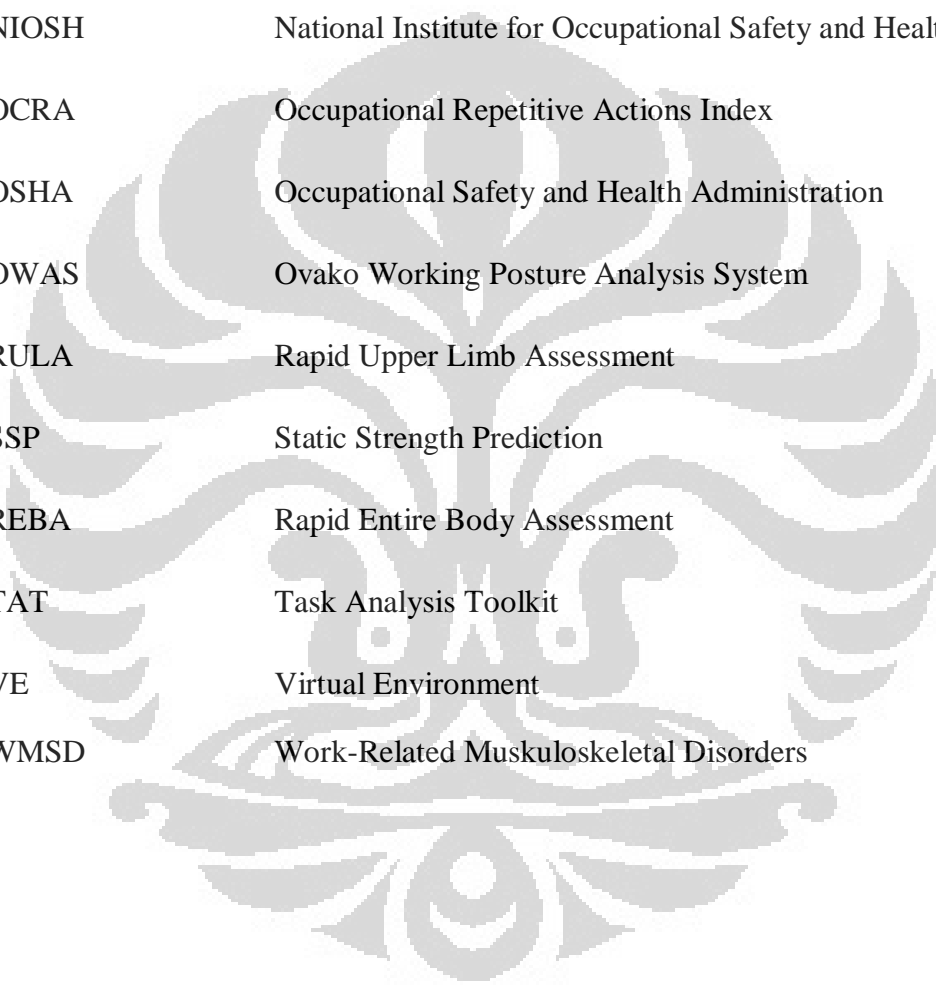
Tabel 2.1 Kode Postur dan Beban OWAS.....	23
Tabel 2.2 Kode OWAS dan AC	25
Tabel 3.1 Rekapitulasi Data Karyawan AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta.....	33
Tabel 3.2 Data Antropometri Hasil Pengukuran.....	40
Tabel 3.3 Persentil 5 dan 95 dari Data Tinggi dan Berat Badan.....	42
Tabel 3.4 Data Antropometri Pekerja Indonesia	43
Tabel 3.5 Berbagai Kondisi yang Disimulasikan.....	47
Tabel 4.1 Hasil Rekapitulasi Analisis LBA Semua Kondisi.....	62
Tabel 4.2 Hasil Rekapitulasi Analisis OWAS Semua Kondisi.....	66
Tabel 4.3 Hasil Rekapitulasi Analisis LBA Semua Kondisi setelah Perbaikan....	71
Tabel 4.4 Rekapitulasi Analisis LBA Sebelum-Sesudah Perbaikan	73
Tabel 4.5 Hasil Rekapitulasi Analisis OWAS Semua Kondisi setelah Perbaikan	76
Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai Akhir OWAS Sebelum-Sesudah Perbaikan.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Hasil Analisis LBA <i>Software</i> Jack 6.1.....	81
Lampiran 2: Analisis OWAS <i>Software</i> Jack 6.1	93



DAFTAR SINGKATAN



ANSUR	Army Natick Survey User Requirements
LBA	Low Back Analysis
CAD	Computer-aided Design
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OCRA	Occupational Repetitive Actions Index
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
OWAS	Ovako Working Posture Analysis System
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
SSP	Static Strength Prediction
REBA	Rapid Entire Body Assessment
TAT	Task Analysis Toolkit
VE	Virtual Environment
WMSD	Work-Related Muskuloskeletal Disorders

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Laporan Biro Statistik Tenaga Kerja pemerintah AS, pada tahun 1998 terjadi hampir sebanyak 90.000 kasus cedera WMSD (Work-Related Musculoskeletal Disorder) yang menyebabkan terbuangnya waktu kerja di sektor kesehatan. Selain itu, lebih dari 15% dari gangguan WMSD yang ada di industri swasta terjadi pada sektor pelayanan kesehatan, sebagian besar di rumah sakit. OSHA menaksir dana yang dikeluarkan untuk kompensasi pekerja untuk gangguan WMSD ini adalah sebesar \$2,8 juta pada tahun 1996, dan biaya total untuk perekonomian dari gangguan semacam ini di sektor kesehatan adalah sebesar \$5,8 juta tiap tahunnya¹. Pekerja kesehatan, secara khusus, berada pada lingkungan kerja yang menghadirkan resiko tinggi akan gangguan cedera WMSD.

Berbicara tentang sektor kesehatan, hal ini tentunya tidak terlepas dari layanan ambulans gawat darurat. Ini juga dapat dianggap sebagai layaknya sebuah industri mempunyai beragam persoalan tenaga kerja yang rumit dengan berbagai risiko terkena gangguan pekerjaan seperti gangguan *musculoskeletal disorders* kepada para pekerja/personil di dalamnya, baik itu para supir, petugas paramedis, ataupun petugas-petugas lainnya. Banyaknya keluhan tentang gangguan *musculoskeletal disorders* seperti cedera punggung bagian bawah (*low back pain*), menjadi fenomena tersendiri di lingkungan pelayanan ambulans gawat darurat. Ini pada akhirnya menyebabkan tingginya dana kompensasi pekerja yang mesti dikeluarkan. Selain itu, gangguan *musculoskeletal* juga menjadi penyebab utama tingkat kerugian di lingkungan ini, baik dari segi produktivitas dan juga waktu².

Tingkat cedera para pekerja di sektor kesehatan menyamai atau melebihi tingkat cedera di sektor industri lain yang dianggap berbahaya secara tradisional³. Total biaya dari kasus cedera tersebut masih belum dapat diketahui, namun pada tahun 2000, U.S. Veteran's Administration – sebuah sistem rumah sakit yang

¹ Weinstein, Rachael. (2000). *Testimony On Ergonomics And Healthcare Providers*.
<http://www.hhs.gov/asl/testify/t000713b.html>

² Springer, Tim. (2007). *Ergonomics for Healthcare Environment*, hal. 5

³ Biro Statistik Pekerja. (Washington, DC; 2007). *Economic News Release*.
<http://www.bls.gov/news.release/osh.t01.htm>

besar di Amerika – mengeluarkan dana sebesar \$23 juta untuk membiayai cedera akibat pekerjaan pada sektor pelayanan kesehatan publik⁴. Angka rata-rata tingkat *low back pain* yang dialami personil perawat dilaporkan sebesar 30 hingga 60%⁵. Survei yang dilakukan di Kanada, 37% dari perawat mengatakan bahwa dalam 12 bulan mereka mengalami cedera yang demikian serius sehingga cukup untuk menghalangi mereka melakukan aktivitas normal sehari-hari⁶. *Low back pain* diidentifikasi sebagai alasan mayoritas mengapa perawat meninggalkan profesi mereka.

Indonesia sebagai negara dengan populasi yang besar, tentunya mempunyai angka tingkat pelayanan di sektor kesehatan yang tinggi, dan ini berpotensi mempunyai persoalan kesehatan kerja di sektor kesehatan. Data mengenai kasus kecelakaan dan gangguan kesehatan akibat pekerjaan di sektor kesehatan masih sangat terbatas, khususnya di dalam unit pelayanan ambulans gawat darurat. Aktivitas pekerjaan layanan ambulans gawat darurat sebagian besar dilakukan secara manual dan mengandalkan tenaga manusia, serta mayoritas di dalam keadaan yang *emergency*. Kondisi ini tentunya berpotensi menimbulkan permasalahan khususnya *musculoskeletal disorders* terhadap petugas paramedis. Walaupun belum ada data lengkap mengenai gangguan *musculoskeletal disorders* yang dialami petugas paramedis di Indonesia, namun berdasarkan penelitian dan survey yang dilakukan di beberapa negara lain di dunia, diyakini bahwa resiko terjadinya keluhan akibat gangguan *musculoskeletal disorders* di sektor kesehatan Indonesia masih cukup tinggi.

Semakin tinggi resiko cedera yang dialami oleh para pekerja (dalam hal ini petugas paramedis), maka tentu saja ini akan berakibat pada sejumlah permasalahan lainnya, seperti jumlah kehadiran yang berkurang, biaya kompensasi kesehatan yang harus dikeluarkan pihak asuransi tenaga kerja, atau secara tidak langsung mempengaruhi performa pekerja dalam bekerja yang berakibat pada ketidakpuasan pelanggan. Untuk itu, diperlukan suatu perbaikan

⁴ Tampa, FL. (2001). *Patient care ergonomics resource guide: safe patient and movement*, hal. 78

⁵ Lagerstrom M, Hansson T, Hagberg M. (1998). *Work-related low-back problems in nursing*. Scand J Work Environ Health. 449-64

⁶ Shields M, Wilkins K. (2006). *Findings from the 2005 National survey of the work and health of nurses*, hal. 164. Ottawa: Health Canada and Canadian Institute for Health Information

(*improvement*) dari stasiun kerja petugas paramedis ambulans dengan menerapkan prinsip-prinsip ergonomi.

Salah satu upaya yang bisa dilakukan untuk menganalisis apakah suatu sistem kerja telah memenuhi kaidah-kaidah ergonomi adalah dengan menggunakan pendekatan *virtual environment simulation* menggunakan *software* Jack 6.1. Jack 6.1 adalah *Human Simulation and Ergonomic Software* yang dapat digunakan untuk menganalisis dan meningkatkan nilai ergonomis dari produk maupun metode kerja. *Software* ini memungkinkan penggunaanya untuk memposisikan model biomekanis manusia secara akurat, dalam berbagai ukuran antropometri tubuh manusia, di dalam sebuah *virtual environment*. Model manusia tersebut dapat diatur untuk mengerjakan suatu kegiatan kerja dan kegiatan tersebut dapat dianalisis dengan memperhatikan kaidah ergonomi⁷.

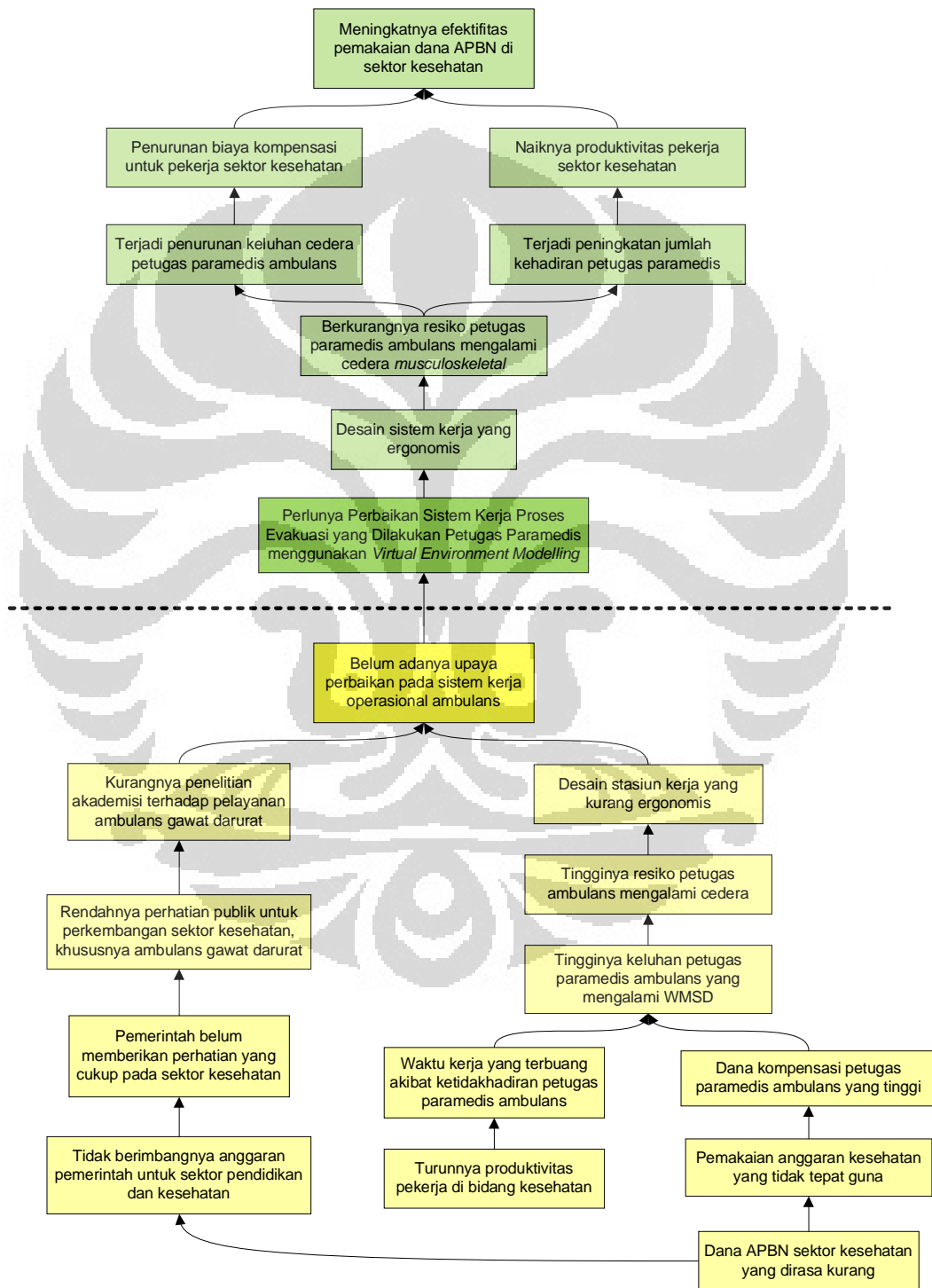
Pada penelitian ini, dengan mensimulasikan sistem kerja yang menjadi objek penelitian, peneliti ingin melihat apakah sistem kerja telah memenuhi aspek-aspek ergonomi bagi para personil yang berada di dalamnya. Selain itu, peneliti juga ingin mengetahui apakah proses kerja yang dilakukan para personil operasional ambulans, dalam hal ini petugas paramedis ambulans, mengakibatkan keluhan *musculoskeletal* yang dapat mengganggu produktivitas kerja. Simulasi ini sendiri akan dilakukan dengan bantuan *software* Jack 6.1.

Setelah masalah-masalah ergonomi yang ada teridentifikasi, peneliti akan merancang suatu usulan perbaikan (*improvement*) stasiun kerja yang memenuhi kaidah-kaidah ergonomi, sehingga diharapkan dengan usulan ini para personil paramedis dapat bekerja dengan lebih nyaman, keluhan akan cedera *musculoskeletal* dapat dikurangi. Dengan demikian ini akan mengurangi dana kompensasi pekerja yang dikeluarkan dan secara tidak langsung dapat mengefektifkan pemakaian anggaran negara untuk kesehatan yang minim.

⁷ UGS The PLM Company, E-Factory JACK. (2004). UGS Launches New Version of E-factory Jack, its Human Simulation and Ergonomi Analysis Software. 7 Maret 2009. http://www.plm.autamation.siemens.com/en_us/about_us/newsroom/press/press_release.cfm?Component=25686&ComponentTemplate=822

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

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



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan diagram keterkaitan dari masalah yang telah dipaparkan, maka penelitian akan dilakukan dengan menganalisis stasiun kerja dan proses kerja yang dilakukan oleh personil paramedis ambulans. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kerja yang ada telah memenuhi aspek-aspek ergonomi atau belum. Analisis tersebut dilakukan dengan pendekatan *virtual environment modeling* menggunakan *software* Jack 6.1. Sistem kerja yang ada akan disimulasikan dan kemudian dianalisis aspek ergonominya. Setelah itu, berdasarkan pada prinsip-prinsip ergonomi yang ada, dilakukan suatu perbaikan terhadap sistem kerjanya. Kemudian sistem kerja yang mengalami perbaikan dibandingkan nilai ergonominya dengan kondisi sebelumnya. Dengan demikian, peneliti dapat mengetahui besarnya perbaikan antara sistem sebelum mengalami perbaikan dan sesudah mengalami perbaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Memodelkan sistem kerja yang telah ada pada proses evakuasi pasien menggunakan *software* Jack 6.1.
- Melakukan suatu perbaikan desain atas sistem kerja menggunakan prinsip-prinsip ergonomi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

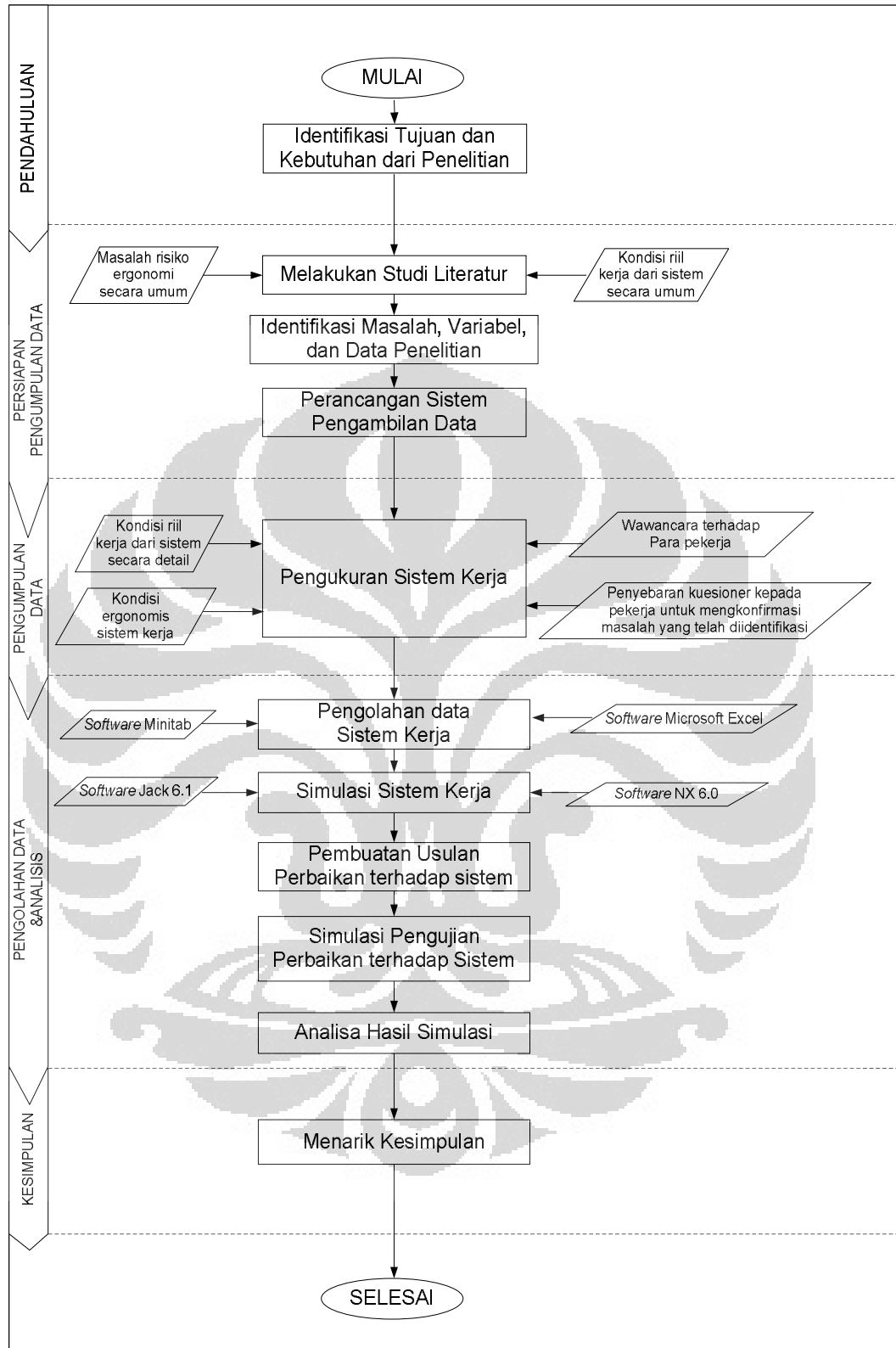
- Penelitian hanya akan memperhatikan aspek-aspek ergonomi pada sistem kerja operasional ambulans gawat darurat.
- Penelitian hanya akan dilakukan pada sistem kerja saat proses evakuasi pasien. Sistem kerja pada divisi ini meliputi stasiun kerja (*Long Spinal Board*, *Stretcher*, dan mobil ambulans), proses kerja, serta postur kerja dari personil.
- Penelitian menggunakan *software* Jack 6.1 sebagai *tools* utama. Sedangkan *software-software* lain hanya digunakan sebagai *supporting tools* diantaranya seperti NX 6.0, Microsoft Excel 2007, Microsoft Visio 2007, Minitab 14, dan alat ukur ergonomi.

- Variabel yang akan dianalisis pengaruhnya dalam simulasi Jack adalah posisi kerja yang digunakan; dan persentil dari data antropometri, apakah 5% atau 95%. Sedangkan variabel jenis kelamin dibatasi hanya untuk jenis kelamin pria.
- Hasil yang diharapkan dibatasi hanya berupa model usulan perbaikan sistem kerja dari ruang bedah dengan menggunakan *software* Jack 6.1.
- Perbaikan hanya dilakukan di *virtual environment*, bukan di dunia nyata.

1.6 Metodologi Penelitian

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

1. Mengidentifikasi tujuan dan kebutuhan dari penelitian
2. Melakukan studi literatur untuk mengidentifikasi masalah
3. Melakukan observasi langsung ke objek penelitian untuk melihat kondisi riil sistem kerja yang ada
4. Melakukan wawancara kepada subjek penelitian untuk mengkonfirmasi masalah
5. Mengambil data sistem yang bermasalah yang telah diidentifikasi sebelumnya
6. Melakukan simulasi sistem yang bermasalah dalam sebuah lingkungan virtual
7. Membuat sebuah *improvement* terhadap sistem
8. Menguji *improvement* yang dilakukan ke dalam simulasi lingkungan virtual
9. Menarik kesimpulan dari keseluruhan proses penelitian



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

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

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

Bab 2 adalah bab landasan teori. Bab ini berisikan penjelasan mengenai teori-teori ergonomi, antropometri, *musculoskeletal disorders*, metode analisis *Low Back Analysis (LBA)*, metode analisis Ovako *Working Posture Analysis (OWAS)*, *virtual environment*, dan *software-software* yang dipakai untuk membuat *virtual environment* seperti NX 6.0 dan Jack 6.1.

Bab 3 adalah bab pengumpulan data dan perancangan model. Data-data yang dikumpulkan terdiri dari profil lengkap lembaga pelayanan ambulans gawat darurat, metode kerja untuk stasiun kerja, tata letak dari stasiun kerja, gambaran tiap mesin atau peralatan, dan data antropometri dari para pekerja. Bab ini juga membahas mengenai stasiun kerja dan variabel yang diteliti. Selanjutnya adalah langkah-langkah perancangan model dari kegiatan kerja. Model kemudian akan disimulasikan pada *software* Jack 6.1.

Bab 4 adalah bab pembahasan. Pada bab ini, model sistem kerja sebelum perbaikan dianalisis. Kemudian, model akan dianalisis dengan metode LBA dan OWAS. Usulan perbaikan juga akan diterapkan di dalam *virtual environment* kemudian dilakukan simulasi lagi. Setelah simulasi selesai, model kembali dianalisis menggunakan metode LBA dan OWAS. Pada bagian akhir bab ini, peningkatan nilai ergonomi setelah usulan perbaikan disimulasikan akan dibahas dan dianalisis. Berdasarkan analisis tersebut, maka kesimpulan akhir dapat ditarik dan saran-saran dapat diberikan. Kesimpulan dan saran tersebut kemudian dipaparkan pada Bab 5.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Pada Bab 2 ini, akan dibahas mengenai teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, di antaranya ergonomi, *workplace ergonomic*, *musculoskeletal disorders*, antropometri, *ergonomic assessment*, *virtual environment*, serta *software-software* yang dipakai dalam pembuatan *virtual environment*.

1.1 Ergonomi

1.1.1 Pengertian Ergonomi

Istilah Ergonomi, secara terminologi berasal dari bahasa Latin (Yunani), yaitu *ergon* berarti “kerja”, dan *nomos* berarti “hukum”. Ergonomi adalah suatu kajian terhadap hubungan (interaksi) yang terbentuk antara manusia dengan peralatan atau mesin yang digunakannya, beserta faktor-faktor yang mempengaruhi interaksi tersebut. Dengan demikian, ergonomi atau juga sering dikenal dengan istilah lainnya *human factors*, merupakan suatu ilmu yang mempelajari manusia dan interaksi mereka dengan lingkungan kerja beserta peralatan, produk, dan fasilitas yang mereka gunakan sehari-hari, dalam rangka menyesuaikan lingkungan kerja dan peralatan tersebut agar lebih sesuai dengan kebutuhan dan batas kemampuan mereka¹.

Ergonomi bertujuan untuk meningkatkan aspek keselamatan kerja, mengurangi kelelahan dan ketegangan mental, serta meningkatkan kenyamanan kerja sehingga dapat tercapai peningkatan kepuasan pekerja. Dengan demikian, secara tidak langsung efisiensi dan efektifitas pekerjaan juga dapat ditingkatkan. Ini termasuk juga peningkatan keserasian dan pengurangan kesalahan kerja dalam rangka peningkatan produktivitas.

Pendekatan ergonomi dalam perancangan stasiun dan fasilitas kerja di industri telah menempatkan rancangan sistem kerja manusia-mesin yang awalnya serba rasional-mekanistik menjadi tampak lebih manusiawi. Disini faktor yang terkait dengan fisik maupun perilaku (psikologi) manusia baik secara individu pada saat berinteraksi dengan mesin dalam sebuah rancangan sistem manusia-

¹ Mark Sanders dan Ernest McCormick, *Human Factors in Engineering and Design 7th Edition*, McGraw-Hill, Inc, New York, 1993.

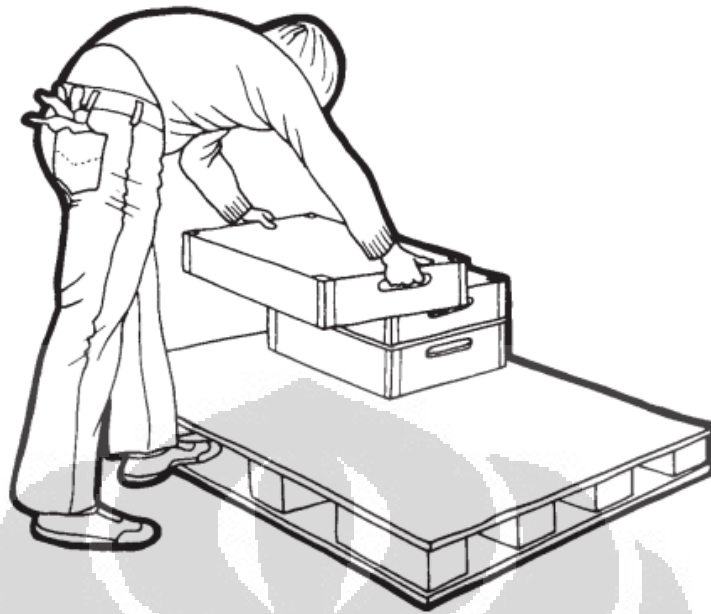
mesin dan lingkungan kerja fisik akan dijadikan pertimbangan utama. Suatu sistem dapat ditingkatkan atau diperbaiki kinerjanya dengan cara:

- membuat desain suatu user-interface sedemikian rupa sehingga terjadi kecocokan antara tugas yang akan dikerjakan dengan orang yang akan mengerjakan tugas tersebut
- mengubah lingkungan kerja sehingga lebih aman dan nyaman untuk mengerjakan tugas tertentu
- mengubah tugas agar lebih cocok dengan karakteristik pengguna
- mengubah cara bagaimana suatu pekerjaan diatur untuk mengakomodir aspek kebutuhan psikologi dan sosial seseorang²

1.1.2 Ergonomi pada Lingkungan Kerja (*Workplace Ergonomic*)

Pada beberapa dekade terakhir kita melihat perubahan besar dalam dunia industri dimana kekuatan otot manusia telah semakin tergantikan oleh mesin. Secara keseluruhan, pekerjaan tidak seberat seperti empat puluh tahun lalu. Bagaimanapun pengangkatan dan penanganan cedera terus menjadi masalah mayoritas. Persentase dari semua cedera pekerjaan yang terkait dengan mengangkat dan penanganan belum menunjukkan banyak perubahan sejak awal 1950-an.

² R.S Bridger, *Introduction to Ergonomics*, Taylor & Francis, London, 2003, hal 1.



Gambar 2.1 Pekerjaan Pengangkatan (*Lifting Task*)

(Sumber: S. Pheasant, *Ergonomics, Work and Health*, MacMillan, 1991, gb. 15.17, hal. 302)

Salah satu area kerja yang menonjol adalah pada bidang pelayanan kesehatan di mana proses pengangkatan dan penanganan sebanyak lebih dari setengah (55%) dari semua cedera yang dilaporkan yang menyebabkan absen kerja selama 3 hari, dibandingkan dengan sekitar sepertiga (32-34%) untuk penduduk yang bekerja secara keseluruhan. Perbedaannya disebabkan oleh kesulitan tertentu yang dialami petugas saat mengangkat dan menangani beban seberat manusia. Bahkan dalam sektor yang memiliki resiko tinggi ini, bagaimanapun juga, masih terdapat perbedaan yang mencolok di antara beberapa kelompok pekerjaan. Personil ambulans memiliki tingkat insiden yang sangat jauh lebih tinggi dari staf perawat dalam hal patient-handling (penanganan pasien), dan pembantu perawat, perawat, mahasiswa dan komunitas perawat lainnya semuanya memiliki tingkat cedera yang lebih tinggi daripada perawat yang telah memenuhi standar kualifikasi yang bekerja di bangsal (HSE, 1982; Pheasant dan Stubbs, 1992a).

Tidak semua cedera yang terjadi saat proses pengangkatan itu adalah cedera penggunaan otot yang berlebihan: contoh minoritas lainnya adalah seperti luka goresan, luka memar, patah tulang, dll. Tidak semua cedera akibat

pengangkatan diderita punggung, walaupun bagian punggung bagian bawah merupakan bagian tubuh yang paling sering terkena dampaknya.

Telah diketahui bahwa pekerjaan manual yang berat dapat mempercepat proses degenerasi yang terjadi pada bagian tulang punggung. Terdapat bukti yang kuat yang menunjukkan secara epidemiologis akan hubungan antara pekerjaan yang memerlukan pengangkatan pada posisi menjongkok ataupun berlutut dengan proses *osteoarthritis* yang terjadi pada lutut (Cooper *et al*, 1998).

Singkatnya, pekerjaan pengangkatan dan penanganan selalu rentan diikuti oleh resiko-resiko, seperti: resiko cedera kecelakaan (*accidental injury*); resiko cedera akibat penerahan tenaga berlebih (*over-exertion*); dan resiko akibat akumulasi dari penggunaan berlebih (*cummulative over-use*).

1.1.3 *Work-Related Musculoskeletal Disorders* (WMSD)

Work-Related Musculoskeletal disorders adalah gangguan yang terjadi pada bagian muskuloskeletal manusia. Gangguan muskuloskeletal bukanlah sebuah diagnosis kesehatan yang merujuk pada suatu penyakit tertentu, melainkan merupakan sekumpulan luka yang mencakup:

- *Back pain (low back strain, etc.)*
- *Muscle strain*
- *Tendonitis*
- *Carpal tunnel syndrome (CTS)*
- *Rotator cuff syndrome*
- *Repetitive Strain Injury (RSI)*
- *Tennis elbow (epicondylitis)*
- *Shoulder pain (shoulder myalgia)*

Gangguan muskuloskeletal tidak boleh diabaikan begitu saja, karena dapat mengganggu fungsi dari sistem muskular dan skeletal³. Fungsi dari sistem *muscular* (otot) adalah sebagai berikut:

- Menghasilkan pergerakan dari tubuh dan bagian-bagiannya.
- Mempertahankan postur normal tubuh manusia.

³ Bridger, R.S, *Op cit*, p. 33.

- Sel otot menghasilkan panas yang digunakan untuk mempertahankan suhu tubuh.

Sedangkan fungsi dari sistem *skeletal* (tulang) adalah sebagai berikut:

- Alat gerak pasif (membantu otot menggerakkan tubuh).
- Menjaga organ-organ tubuh yang rentan, seperti otak, jantung, paru-paru, dll.
- *Homopoiesis* (beberapa tulang menghasilkan sel darah merah).

Faktor-faktor yang berisiko menyebabkan gangguan muskuloskeletal dibagi menjadi empat kategori, yaitu tekanan (*force*), postur (*posture*), pengulangan (*repetition*), durasi kerja (*duration of task*).

Kemudian, gejala-gejala yang dapat terlihat ketika seseorang terkena gangguan muskuloskeletal adalah sebagai berikut⁴:

- Otot menegang pada tangan, pergelangan tangan, jari, lengan, atau bahu.
- Tangan dingin.
- Koordinasi tangan berkurang.
- Kesakitan.

Sedangkan solusi yang dapat dilakukan jika terjadi gejala-gejala di atas adalah sebagai berikut:

- Pastikan stasiun kerja memberikan kenyamanan pada operator.
- Lakukan istirahat berkala sebelum tubuh mulai terasa sakit.
- Sisipkan waktu untuk melakukan peregangan sebelum kerja dan ketika beristirahat.

1.1.4 Proper Lifting Techniques

Menurut Brown (1973), salah satu rekomendasi mengenai proses pengangkatan (*lifting*) mesti dilakukan dari posisi “jongkok sempurna” atau *full squat* telah disebarluaskan sejak 1930-an. Banyak peneliti telah berulang-kali mencatat bahwa rekomendasi ini tidak tepat (misalnya Whitney, 1958; Brown,

⁴ Kartika Sari, I.G.A., (2007). Penilaian dan Usulan Pengurangan Risiko Ergonomi dengan Menggunakan Metode OCRA dan REBA di Bagian Pump Casing Inlow Side Cutting Pompa Air PT Panasonic Manufacturing Indonesia. *Skripsi, Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia*.

1973; NIOSH, 1981). Disimpulkan bahwa rekomendasi *full squat lifting* hanya didasari pada logika mekanika sederhana yang gagal mempertimbangkan unsur beban dinamis pada punggung dan lutut.

Lembaga Administrasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja Amerika Serikat telah mengevaluasi beberapa cara dalam upaya mengurangi atau mencegah terjadinya cedera saat pengangkatan (*lifting injuries*). OSHA menetapkan dua kendali utama, yaitu kendali teknik dan kendali administratif.

Kendali teknik digunakan untuk mendesain ulang stasiun kerja (*workstation*) untuk meminimalisir bahaya dari pengangkatan. Kendali administratif termasuk di dalamnya menyeleksi dan melatih para pekerja sehingga mereka dapat melakukan pekerjaan dengan aman.

Salah satu kendali teknik adalah dengan menerapkan *proper lifting techniques* (cara angkat yang benar). Tujuannya adalah mengurangi resiko terjadinya peregangan otot pada bagian punggung sehingga dapat mencegah resiko terjadinya *Low Back Pain* akibat pekerjaan yang repetitif. Ini dilakukan dengan cara menjaga tulang punggung agar tetap lurus dengan pangkal *pelvis* (tulang pinggul)



Gambar 2.2 Cara Mengangkat yang Aman

Ada beberapa langkah yang harus diperhatikan ketika melakukan teknik ini (perhatikan Gambar 2.2). Penjelasan dari langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Berdiri di dekat benda yang akan diangkat dengan kedua kaki dibuka selebar bahu, kemudian salah satu kaki ditempatkan agak ke depan untuk menjaga keseimbangan.
2. Jongkok dengan menekuk lutut (bukan dengan pinggang), sambil menjaga bagian punggung selurus (vertikal) mungkin. Pegang permukaan benda dengan kokoh sebelum memulai mengangkat.
3. Mulai angkat benda secara perlahan dengan meluruskan kaki. Tenaga angkat dari kaki mempunyai peranan penting di sini. Jangan memutar badan saat langkah ini.
4. Setelah pengangkatan selesai, jaga benda sedekat mungkin ke tubuh. Semakin jauh pusat massa benda dari tubuh, peregangan (*stress*) yang terjadi pada bagian lumbar punggung semakin meningkat secara tajam.

1.1.5 Antropometri

Antropometri merupakan ilmu yang mengkaji tentang pengukuran tubuh, terutama pengukuran ukuran tubuh, bentuk tubuh, kekuatan, dan kapasitas kerja. Antropometri adalah cabang ilmu ergonomi yang sangat penting. Antropometri merupakan bagian dari ergonomi kognitif (yang berhubungan dengan proses informasi), ergonomi lingkungan, dan subdisiplin lainnya yang berhubungan secara paralel.⁵

Antropometri menurut Stevenson (1989) dan Nurmiyanto (1991) adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia ukuran, bentuk, kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk masalah. Penerapan data antropometri dapat dilakukan jika tersedianya nilai rata-rata (mean) dan standar deviasinya dari suatu distribusi normal.

Perancangan untuk populasi sendiri memiliki tiga pilihan yaitu:

⁵Pheasant, Stephen, *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work 2nd Edition*. USA: Taylor & Francise,2003.

- *Design for extreme individuals*

Terdapat 2 prinsip yang digunakan dalam membuat rancangan produk untuk individu dengan ukuran tubuh yang ekstrim. Prinsip yang pertama adalah bahwa rancangan produk tersebut bisa sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang termasuk klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan rata-ratanya. Prinsip yang kedua adalah bahwa rancangan produk tersebut tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada)

- *Design for adjustable range*

Rancangan produk yang dihasilkan bersifat fleksibel karena bisa disesuaikan untuk berbagai macam ukuran tubuh. Contoh yang paling banyak dijumpai adalah perancangan kursi mobil yang mana dalam hal ini letaknya bisa digeser maju mundur dan sudut sandarannya pun bisa berubah sesuai dengan yang diinginkan. Untuk mendapatkan rancangan desain yang bisa diubah-ubah ini maka data antropometri yang umumnya digunakan adalah dalam rentang nilai 5th sampai dengan 95th percentile.

- *Design for average*

Rancangan produk dibuat berdasarkan rata-rata ukuran manusia. Permasalahan yang sering terjadi ketika membuat rancangan produk dengan menggunakan rata-rata ukuran manusia adalah sedikitnya jumlah manusia yang kenyataannya berada dalam rentang rata-rata ukuran tubuh manusia.

Untuk penerapan data antropometri, umumnya dengan memakai distribusi normal. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata (*mean*) dan standar deviasinya dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, maka “percentiles” dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Persentil merupakan suatu nilai yang menyatakan presentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama atau lebih rendah dari nilai tersebut. Sebagai contoh 95th persentil akan menunjukkan 95% populasi yang

berada pada atau lebih kecil dari ukuran tersebut, sedangkan 5th persentil akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran itu.

Dalam perhitungan persentil, ada dua cara yang dapat digunakan yaitu pertama, dengan langsung melihat distribusi data, dan kedua, dengan menggunakan grafik (pengukuran, perhitungan, atau perkiraan) nilai persentil (Marras & Karwowski, 2006, p.9-4). Oleh karena kebanyakan data antropometri terdistribusi secara normal, maka pendekatan yang lebih mudah digunakan adalah cara kedua yang melibatkan standar deviasi, S. Perhitungan persentil, p, dengan pendekatan ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$p = m + k \times S \dots\dots\dots (2. 1)$$

dengan

p = nilai persentil; m = nilai rata-rata; k = faktor pengali; S = standar deviasi

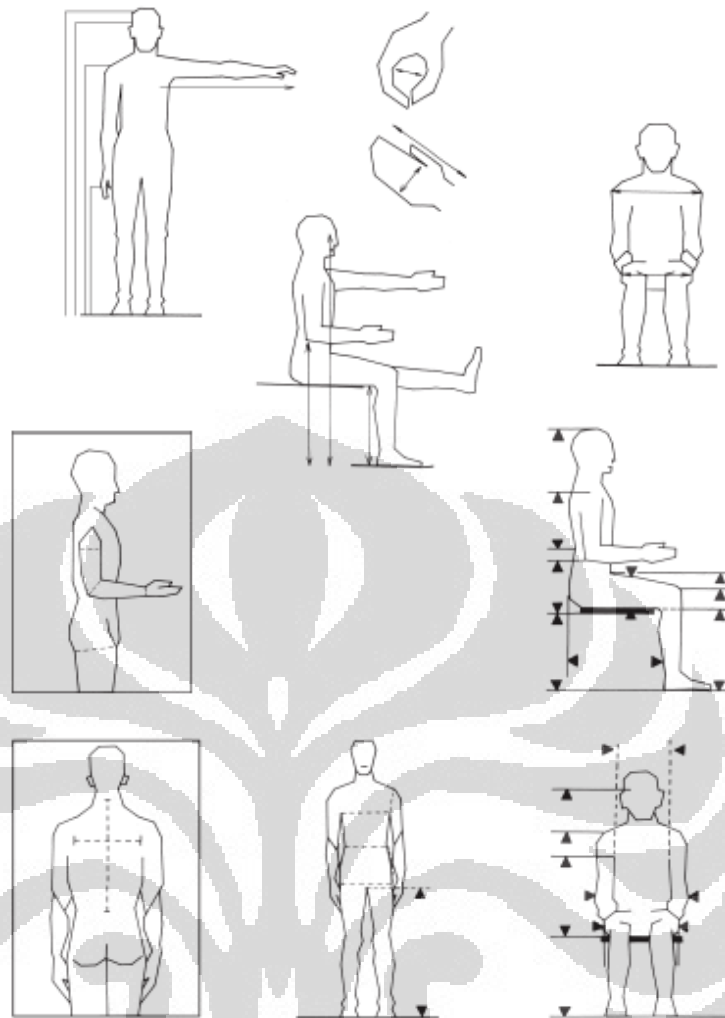
Jika persentil yang diinginkan di atas persentil 50, maka faktor k, bertanda positif. Sebaliknya, jika persentil yang diinginkan berada di bawah persentil 50, maka faktor k, bernilai negatif (Marras & Karwowski, 2006, p.9-4).

Menurut Bridger (1995) terdapat tiga tipe data antropometri, yaitu:⁶

- **Data Antropometri Struktural**

Data antropometri struktural merupakan pengukuran dimensi tubuh ketika subjek dalam keadaan statis. Pengukuran dilakukan dari titik anatomi tertentu ke titik permukaan yang tetap, seperti contohnya jarak tinggi lutut terhadap lantai. Dimensi tubuh yang diukur dengan posisi tetap antara lain meliputi berat badan, tinggi tubuh dalam posisi berdiri maupun duduk, ukuran kepala, tinggi/panjang lutut pada saat berdiri maupun duduk, panjang lengan, dan sebagainya. Ukuran tubuh diambil dengan persentil tertentu seperti 5th – 9th persentil. Pada Gambar 2.3 dibawah ini merupakan data antropometri struktural.

⁶ Bridger.R.S, *Introduction to Ergonomics*, McGraw-Hill, Singapore, 1995, p.63-69



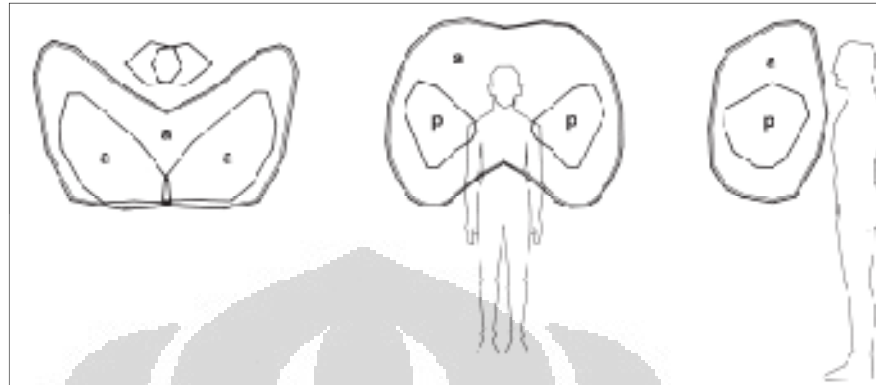
Gambar 2.3 Data Antropometri Struktural

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

- **Data Antropometri Fungsional**

Data antropometri fungsional dikumpulkan untuk menggambarkan gerakan bagian tubuh terhadap titik posisi yang tetap, seperti misalnya area jangkauan tangan pekerja. Area yang dapat dijangkau oleh gerakan tangan pekerja dapat digunakan untuk menggambarkan “*workspace envelopes*”, yaitu zona jangkauan maksimum operator. Pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus diselesaikan. Hal pokok yang ditekankan dalam pengukuran dimensi fungsional tubuh adalah mendapatkan ukuran tubuh yang nantinya akan berkaitan erat dengan gerakan-gerakan nyata yang diperlukan tubuh untuk melaksanakan kegiatan-kegiatan tertentu.

Pada gambar 2.4 dibawah ini menunjukkan area “*reach envelope*”, *allowed zone (a)* dan *preferred zone (p)* pada suatu ruang kerja.



Gambar 2.4 Data Antropometri Fungsional

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

- **Data Antropometri Newtonian**

Data antropometri Newtonian digunakan dalam analisis mekanikal beban pada tubuh manusia. Tubuh manusia dipandang sebagai sekumpulan segmen-segmen yang berhubungan dengan panjang dan massa yang diketahui. Data Newtonian dapat digunakan untuk membandingkan beban pada tulang belakang ketika menggunakan teknik mengangkat yang berbeda.

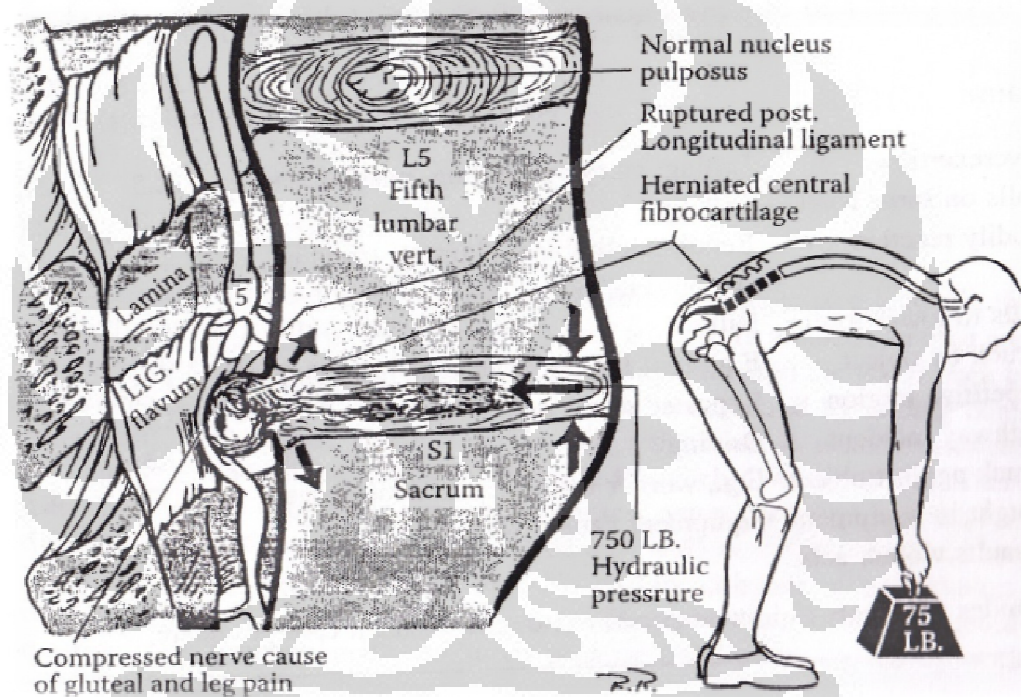
1.2 Analisis Ergonomis

Untuk menilai kondisi ergonomi dari suatu sistem atau lingkungan kerja, dewasa ini telah banyak bermunculan *tools* analisis ergonomi baru seiring dengan berkembangnya teknologi. *Tools* analisis tersebut diantaranya adalah Static Strength Prediction, Rapid Upper Limb Assessment (RULA), Rapid Entire Body Assessment (REBA), Low Back Analysis, dan sebagainya.

1.2.1 Low Back Analysis (LBA)

LBA adalah sebuah *tools* analisis untuk mengevaluasi kekuatan tulang belakang manusia pada postur dan kondisi tertentu. Dalam analisis LBA, yang dilakukan adalah menghitung *compression force* yang terjadi pada piringan L4/L5

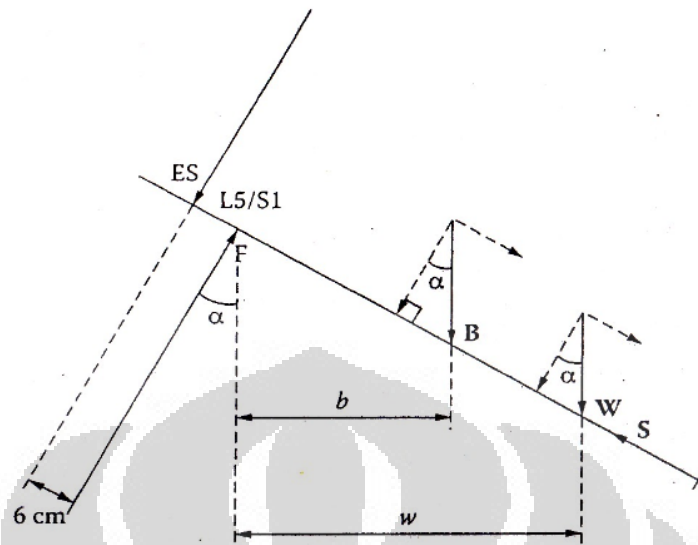
(maksudnya *lumbar 4* berbatasan dengan *lumbar 5* pada tulang *vertebrae* manusia atau L5/S1 (maksudnya *lumbar 5* berbatasan dengan *sacrum 1*) bagian punggung manusia (lihat Gambar 2.5), kemudian membandingkannya dengan batas aman yang direkomendasikan NIOSH, yaitu 3400 N. Apabila *compression force* yang terjadi telah melebihi 3400 N, maka akan terdapat sejumlah peningkatan resiko terjadinya *low back pain*. Lebih lanjut lagi, apabila *compression force* telah mencapai batas maksimum yang direkomendasikan NIOSH, yaitu 6400 N, maka telah dapat dipastikan pekerja tersebut akan menderita *low back pain*.



Gambar 2.5 Ilustrasi dari L4/L5 Disc dan L5/S1 Disc

(Sumber: Martin Helander, *A Guide to Human Factors and Ergonomics 2nd Edition*, USA: Taylor & Francis Group, 2006, gb. 10.1, hal. 191)

Untuk menghitung *compression force* yang terjadi pada L5/S1 disc (piringan), dibutuhkan beberapa asumsi. Asumsikan bahwa berat seseorang adalah sebesar 75 kg, dan 65% dari berat badannya ada di separuh tubuh bagian atas, ditandai dengan vektor B (Lindh, 1980). Perhitungannya diilustrasikan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Perhitungan dari *Compression Force* F yang Terjadi di Punggung
(Sumber: Martin Helander, *A Guide to Human Factors and Ergonomics 2nd Edition*, USA: Taylor & Francis Group, 2006, gb. 10.2, hal. 192)

Persamaan menghitung *erector spinae muscle force* dan *compression force* adalah sebagai berikut:

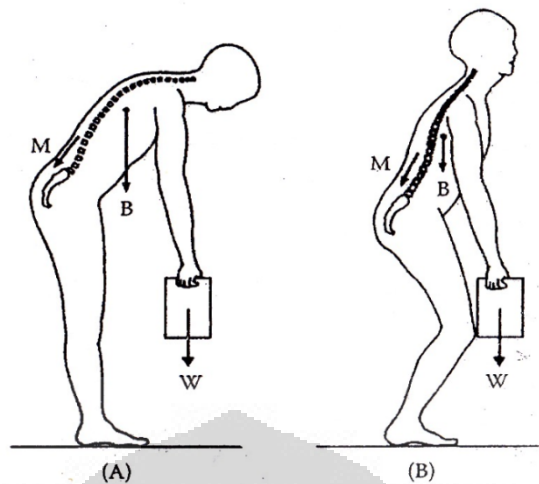
$$ES \times 0.06 = B \cdot b + W \cdot w \dots \dots \dots (2.2)$$

dan

$$F - ES - B \cdot \cos\alpha - W \cdot \cos\alpha = 0 \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan

F = *compression force*; ES = *erector spinae muscle force*; B = gaya dari tubuh bagian atas; W = gaya berat dari benda



Gambar 2.7 (A) Mengangkat dengan Punggung Membengkok. (B) Mengangkat dengan Punggung Lurus

(Sumber: Martin Helander, *A Guide to Human Factors and Ergonomics 2nd Edition*, USA: Taylor & Francis Group, 2006, gb. 10.3, hal. 193)

Sebagai contoh, di sini akan dibandingkan dua kasus berbeda seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. Asumsikan gambar pertama adalah kasus pengangkatan dengan punggung yang bengkok (A) dengan *moment arms* $w = 40$ cm dan $b = 26$ cm. Untuk pengangkatan dengan punggung yang lurus (B), *moment arms* nya sebesar $w = 35$ (telah berkurang) dan $b = 18$ cm.

Asumsikan $B = 75 \times 0,65 \times g = 75 \times 0,65 \times 9,81 = 478$ N dan $W = 250$ N, dengan menggunakan Persamaan 2.2 untuk kasus (A) didapatkan nilai $ES = 3658$ N. Dengan asumsi sudut yang terbentuk sebesar 30° , didapatkan *compression force* dengan menggunakan Persamaan 2.3 yaitu: $F = 3658 + 478 + 0,89 + 2500,89 = 4306$ N. Dengan cara yang sama, untuk kasus (B), ES dihitung sebesar 2892 N dan, dengan menggunakan asumsi sudut yang terbentuk sama, $F = 3540$ N.

Model perhitungan ini memang memerlukan banyak asumsi. Pada awalnya, proses *lifting* dianalisa sebagai aktivitas statis, walaupun di kenyataannya aktivitasnya sangat dinamis. Model analisis *lifting* yang dinamis telah dikembangkan, dan ini memberikan *compression force* dengan kisaran 20-200% dari kasus yang statis. Model ini masih dalam tahap pengembangan, dan belum dapat dipergunakan. Chaffin (1969) berasumsi bahwa tekanan abdominal

juga akan mempengaruhi model *lifting*. Asumsi tambahan ini, bagaimanapun juga, mungkin tidak terlalu mempengaruhi perhitungan (Waters *et al*, 1993)⁷.

1.2.2 Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)

Menurut Karhu (1977), OWAS merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis dan mengatur postur tubuh pekerja yang tidak baik dalam industri (Kumar, 2006). Prinsip dari OWAS adalah menganalisis dan mengelompokkan postur tubuh saat bekerja (*working posture*). McAtamney dan Hignett (1997) menyatakan bahwa OWAS menunjukkan validitas yang konvergen apabila dibandingkan dengan metode analisis postur tubuh saat bekerja (*working posture*) lainnya seperti *Rapid Entire Body Assessment/ REBA* (Kumar, 2006). Dalam analisa postur OWAS, sejumlah observasi dari berbagai kode postur akan dihitung kemudian digambarkan distribusi relatifnya. Hasil OWAS menunjukkan persentase distribusi berdasarkan criteria observasi yang dikelompokkan ke dalam 4 faktor postur: tulang belakang (*back*), tangan (*arm*), kaki (*leg*), dan beban (*load/effort*).

Tabel 2.6 memperlihatkan identifikasi dari kategori postur dan beban kerja tertentu menurut OWAS.

Tabel 2.1 Kode Postur dan Beban OWAS

<i>Back</i>		<i>Arms</i>		<i>Legs</i>		<i>Load</i>	
Straight	1	2 below shoulder height	1	Sitting	1	< 10 kg	1
Bent	2	1 above shoulder height	2	Standing on two straight legs	2	10 - 20 kg	2
Twisted	3	2 above shoulder height	3	Standing on one straight leg	3	> 20 kg	3
Bent and Twisted	4			Standing on two bent legs	4		
				Standing on one bent leg	5		
				Kneeling	6		
				Walking	7		

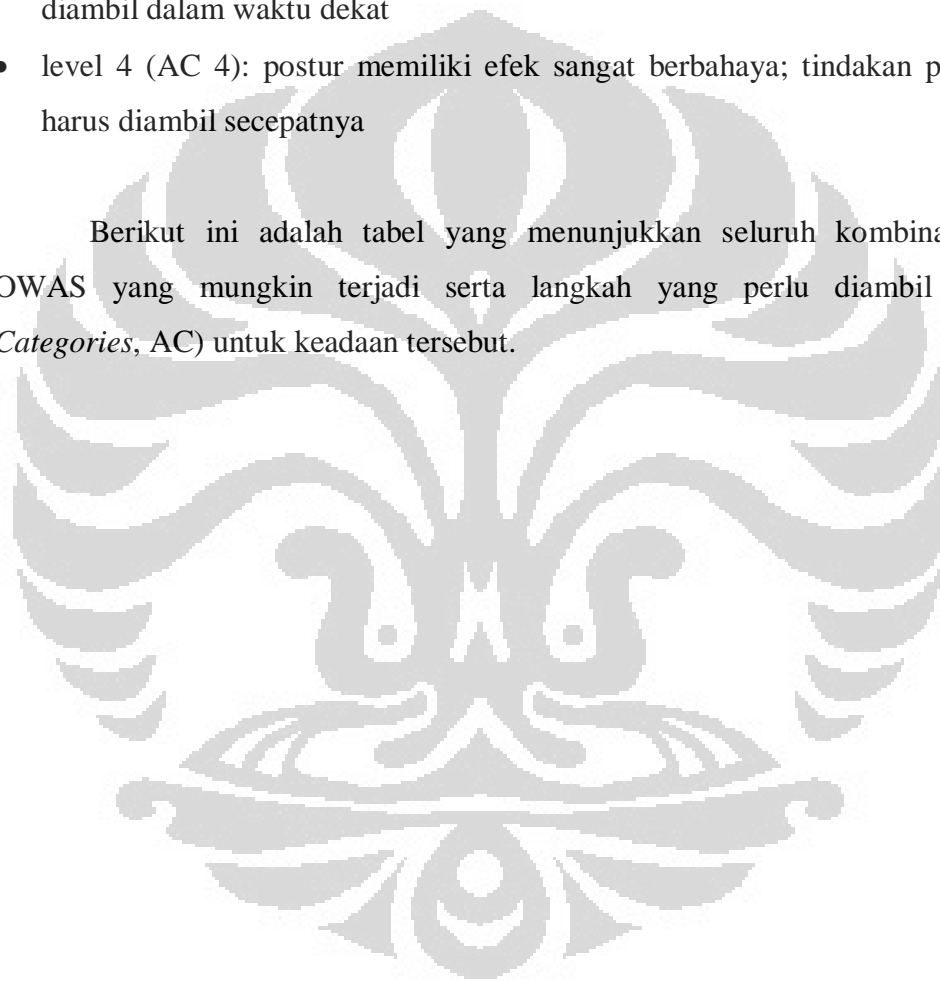
(sumber: Pinder, Andrew DJ, *Benchmarking of the Manual Handling Assessment Chart*, Crown, 2002, tbl.16, hal. 26)

⁷ Martin Helander, *A Guide to Human Factors and Ergonomics 2nd Edition*, USA: Taylor & Francis Group, 2006, hal. 190-193

Skor tunggal yang ditampilkan Jack adalah berdasarkan 4 kelas utama aktivitas seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu:

- level 1 (AC 1): postur normal; tidak perlu tindakan perbaikan
- level 2 (AC 2): postur kemungkinan memiliki efek berbahaya; tidak perlu tindakan perbaikan dalam waktu dekat tapi mungkin dibutuhkan di masa yang akan datang
- level 3 (AC 3): postur memiliki efek berbahaya; tindakan perbaikan harus diambil dalam waktu dekat
- level 4 (AC 4): postur memiliki efek sangat berbahaya; tindakan perbaikan harus diambil secepatnya

Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan seluruh kombinasi kode OWAS yang mungkin terjadi serta langkah yang perlu diambil (*Action Categories, AC*) untuk keadaan tersebut.



Tabel 2.2 Kode OWAS dan AC

OWAS code	AC	OWAS code	AC	OWAS code	AC	OWAS code	AC	OWAS code	AC	OWAS code	AC	OWAS code	AC	OWAS code	AC
1111	1	1251	2	2111	2	2251	3	3111	1	3251	4	4111	2	4251	4
1112	1	1252	2	2112	2	2252	4	3112	1	3252	4	4112	3	4252	4
1113	1	1253	2	2113	3	2253	4	3113	1	3253	4	4113	3	4253	4
1121	1	1261	1	2121	2	2261	3	3121	1	3261	3	4121	2	4261	4
1122	1	1262	1	2122	2	2262	3	3122	1	3262	3	4122	2	4262	4
1123	1	1263	1	2123	3	2263	4	3123	1	3263	3	4123	3	4263	4
1131	1	1271	1	2131	2	2271	2	3131	1	3271	1	4131	2	4271	2
1132	1	1272	1	2132	2	2272	3	3132	1	3272	1	4132	2	4272	3
1133	1	1273	1	2133	3	2273	4	3133	2	3273	1	4133	3	4273	4
1141	2	1311	1	2141	3	2311	3	3141	3	3311	2	4141	4	4311	4
1142	2	1312	1	2142	3	2312	3	3142	3	3312	2	4142	4	4312	4
1143	2	1313	1	2143	3	2313	4	3143	3	3313	3	4143	4	4313	4
1151	2	1321	1	2151	3	2321	2	3151	4	3321	1	4151	4	4321	2
1152	2	1322	1	2152	3	2322	2	3152	4	3322	1	4152	4	4322	3
1153	2	1323	1	2153	3	2323	3	3153	4	3323	1	4153	4	4323	4
1161	1	1331	1	2161	2	2331	3	3161	1	3331	2	4161	4	4331	3
1162	1	1332	1	2162	2	2332	3	3162	1	3332	3	4162	4	4332	3
1163	1	1333	1	2163	2	2333	3	3163	1	3333	3	4163	4	4333	4
1171	1	1341	2	2171	2	2341	3	3171	1	3341	4	4171	2	4341	4
1172	1	1342	2	2172	3	2342	4	3172	1	3342	4	4172	3	4342	4
1173	1	1343	3	2173	3	2343	4	3173	1	3343	4	4173	4	4343	4
1211	1	1351	2	2211	2	2351	4	3211	2	3351	4	4211	3	4351	4
1212	1	1352	2	2212	2	2352	4	3212	2	3352	4	4212	3	4352	4
1213	1	1353	3	2213	3	2353	4	3213	3	3353	4	4213	4	4353	4
1221	1	1361	1	2221	2	2361	4	3221	1	3361	4	4221	2	4361	4
1222	1	1362	1	2222	2	2362	4	3222	1	3362	4	4222	3	4362	4
1223	1	1363	1	2223	3	2363	4	3223	1	3363	4	4223	4	4363	4
1231	1	1371	1	2231	2	2371	2	3231	1	3371	1	4231	3	4371	2
1232	1	1372	1	2232	3	2372	3	3232	1	3372	1	4232	3	4372	3
1233	1	1373	2	2233	3	2373	4	3233	2	3373	1	4233	4	4373	4
1241	2			2241	3			3241	4			4241	4		
1242	2			2242	4			3242	4			4242	4		
1243	2			2243	4			3243	4			4243	4		

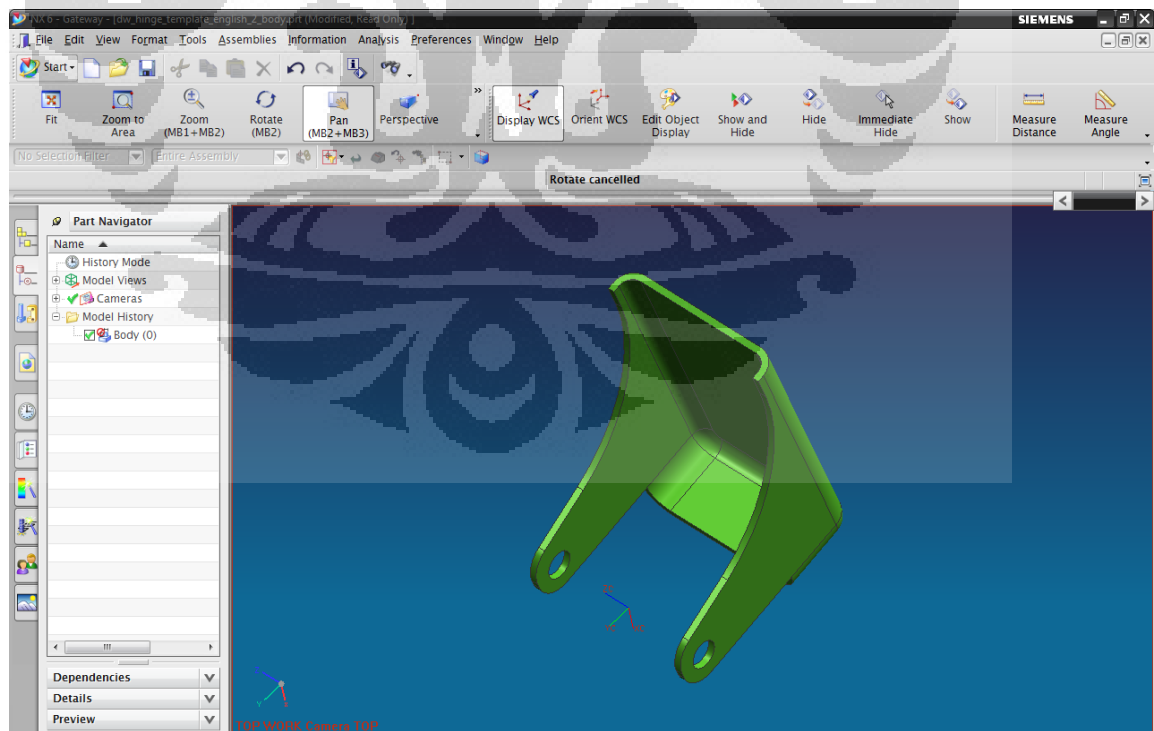
(sumber: Pinder, Andrew DJ, *Benchmarking of the Manual Handling Assessment Chart*, Crown, 2002, tbl.18, hal. 27)

1.3 Virtual Environment (VE)

Dalam merancang suatu VE, setidaknya ada dua komponen yang mesti diciptakan terlebih dahulu, yaitu *3D objects* (benda-benda 3 dimensi) serta *biomechanic models* (model biomekanis dari makhluk hidup). *Software* yang dapat membantu membuat *3D objects* diantaranya adalah NX 6.0, AutoCAD, SolidWorks, dan sebagainya. Sedangkan untuk membuat *biomechanic models* serta mengatur interaksinya dengan objek virtual bisa menggunakan *software* Jack, Mannequin Pro, dan sebagainya.

1.3.1 Software NX 6.0

Software NX 6.0 merupakan *software* yang sangat berguna dalam mendesain suatu produk dengan ukuran yang sebenarnya. *Software* ini dapat memberikan representasi produk dalam bentuk dua dimensi maupun tiga dimensi, dan *software* ini sangat memudahkan penggunaannya. Desain *3D objects* telah memiliki tempat yang sangat penting di kalangan praktisi desain. Gambar 2.6 dibawah menunjukkan contoh tampilan *software* NX 6.0

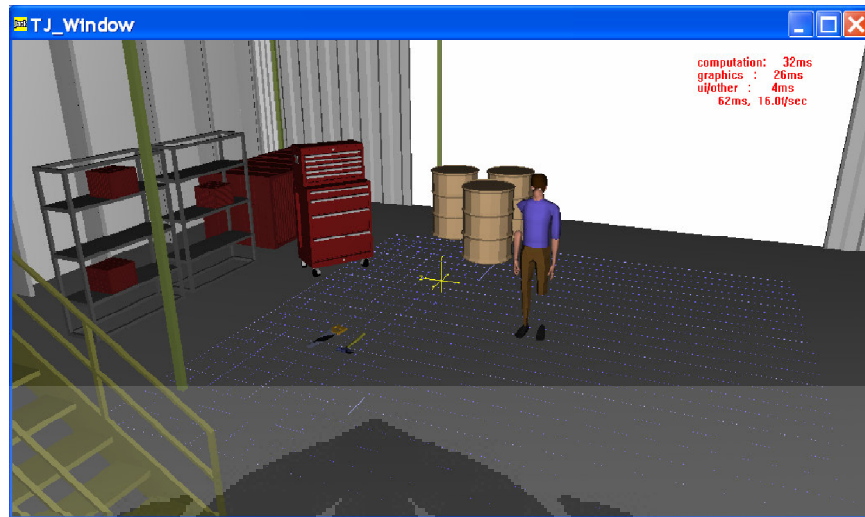


Gambar 2.8 Contoh Tampilan *Software* NX 6.0

1.3.2 *Software Jack 6.1*

Jack 6.1 merupakan *software* simulasi dan permodelan manusia yang dapat membantu organisasi dalam memperbaiki sisi ergonomis dari suatu desain produk dan memperbaiki aktivitas dilingkungan kerja. *Software Jack 6.1* juga dilengkapi dengan fasilitas *Task Analysis Toolkits (TAT)* yang dapat membantu dalam proses analisis performa model manusia yang telah dibuat. *Task Analysis Toolkit (TAT)* adalah sebuah modul tambahan pada *software Jack* yang dapat memperkaya kemampuan pengguna untuk menganalisis aspek ergonomi dan faktor manusia dalam desain kerja di dunia industri. Dengan TAT, para perancang bisa menempatkan *virtual human* ke dalam berbagai macam lingkungan untuk melihat bagaimana model manusia tersebut menjalankan tugas yang diberikan. TAT akan menaksir risiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi; kemudian TAT dapat memberikan intervensi untuk mengurangi risiko. Modul ini juga menunjukkan batasan maksimal kemampuan pekerja dalam mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan ketika melakukan pekerjaan. Pada *Software Jack 6.1* terdapat 9 tools analisa ergonomis yang dapat digunakan, yaitu:

1. *Low Back Spinal Force Analysis*
2. *Static Strength Prediction*
3. *NIOSH Lifting Analysis*
4. *Predetermined Time Analysis*
5. *Rapid Upper Limb Analysis*
6. *Metabolic Energy Expenditure*
7. *Manual Handling Limit*
8. *Fatigue/ Recovery Time Analysis*
9. *Ovako Working Posture Analysis System*



Gambar 2.9 Contoh Tampilan *Environment Software Jack 6.1*

Kelebihan *software* Jack dibandingkan dengan *software* tiga dimensi lainnya adalah *software* Jack dapat meliputi obyek bergerak yang merepresentasikan lingkungan sebenarnya. Selain itu, *software* Jack ini dapat memberikan analisa produk yang diuji terhadap manusia *virtual* di *software* Jack tersebut tanpa harus membuat prototipe fisik benda tersebut. Secara umum, *software* Jack ini memiliki keuntungan, seperti: waktu pendesainan menjadi lebih singkat, biaya pengembangan menjadi lebih kecil, meningkatkan kualitas, meningkatkan produktivitas, dan menambah keselamatan.



Gambar 2.10 Contoh Postur Tubuh Manusia pada *Software Jack 6.1*

Ada beberapa tahap dalam menggunakan *software* Jack ini , yaitu⁸:

1. Membangun sebuah *virtual* environment.
2. Menciptakan manusia *virtual*. Manusia *virtual* ini didasarkan pada dimensi tubuh yang diambil dari antropometri terbaru ANSUR 88, NHANES, dan CAESAR. Manusia *virtual* juga dapat diciptakan sesuai keinginan, berdasarkan antropometri yang diinginkan.
3. Memosisikan manusia *virtual* di dalam *virtual* environment tersebut.
4. Memberikan tugas kepada manusia *virtual* tersebut. Manusia tersebut dapat diberikan tugas dengan merubah posisi pada saat melakukan tugas sesuai dengan yang diinginkan (lihat Gambar 2.8).
5. Menganalisa performa manusia *virtual* tersebut.

⁸ http://www.ugs.com/products/tecnomatix/docs/fs_tecnomatix_jack.pdf.

BAB 3

PENGUMPULAN DATA DAN PERANCANGAN MODEL

Bab ketiga laporan penelitian ini membahas mengenai gambaran umum dari objek penelitian dimana penulis melakukan proses pengambilan data, pengumpulan data, pembuatan model, dan pengukuran terhadap Low Back Compression Force yang digunakan untuk analisis ergonomi pada petugas paramedis ambulans. Data yang dibutuhkan untuk merancang model dan mensimulasikannya (menggunakan *software* Jack 6.1), meliputi alur dan proses kerja dari ambulans gawat darurat, data antropometri petugas ambulans, dan data-data pendukung lainnya.

1.1 Tinjauan Umum Objek Penelitian

1.1.1 Profil Ambulans Gawat Darurat (AGD)

DKI Jakarta sebagai ibukota negara dan ibukota provinsi, yang berpenduduk padat siang 10,5 juta dan 8 juta pada malam hari, pusat perekonomian, politik dan pendidikan memiliki potensi untuk terjadinya perubahan gaya hidup masyarakat yang meningkatkan masalah dibidang kesehatan terutama kegawatdaruratan seperti meningkatnya resiko penyakit kardiovaskuler, penyakit degeneratif dan penyakit menular (DBD, SARS, dan sebagainya), kecelakaan lalulintas darat, laut, dan udara. Disamping itu juga beresiko untuk terjadinya benturan kepentingan dan konflik yang dapat memicu kerusuhan sosial, huru-hara, dan bencana.

Ambulans Gawat Darurat Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta (AGD Dinkes) sebagai Badan Layanan Umum diharapkan dapat meningkat kinerja yang selama ini telah berjalan menjadi optimal dan lebih dapat dipertanggungjawabkan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan pelayanan gawat darurat pra rumah sakit. Pelayanan AGD Dinkes berupa pelayanan pra rumah sakit dengan tujuan menangani pasien kecelakaan lalu-lintas, korban bencana, korban kriminal, kebakaran, keluarga miskin dan kejadian-kejadian luar biasa lainnya.

Berdasarkan Pergub (Peraturan Gubernur) no. 40 tahun 2007 tentang Badan Layanan Umum Ambulans Gawat Darurat Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta mempunyai Tugas Pokok dan Fungsi diantaranya:

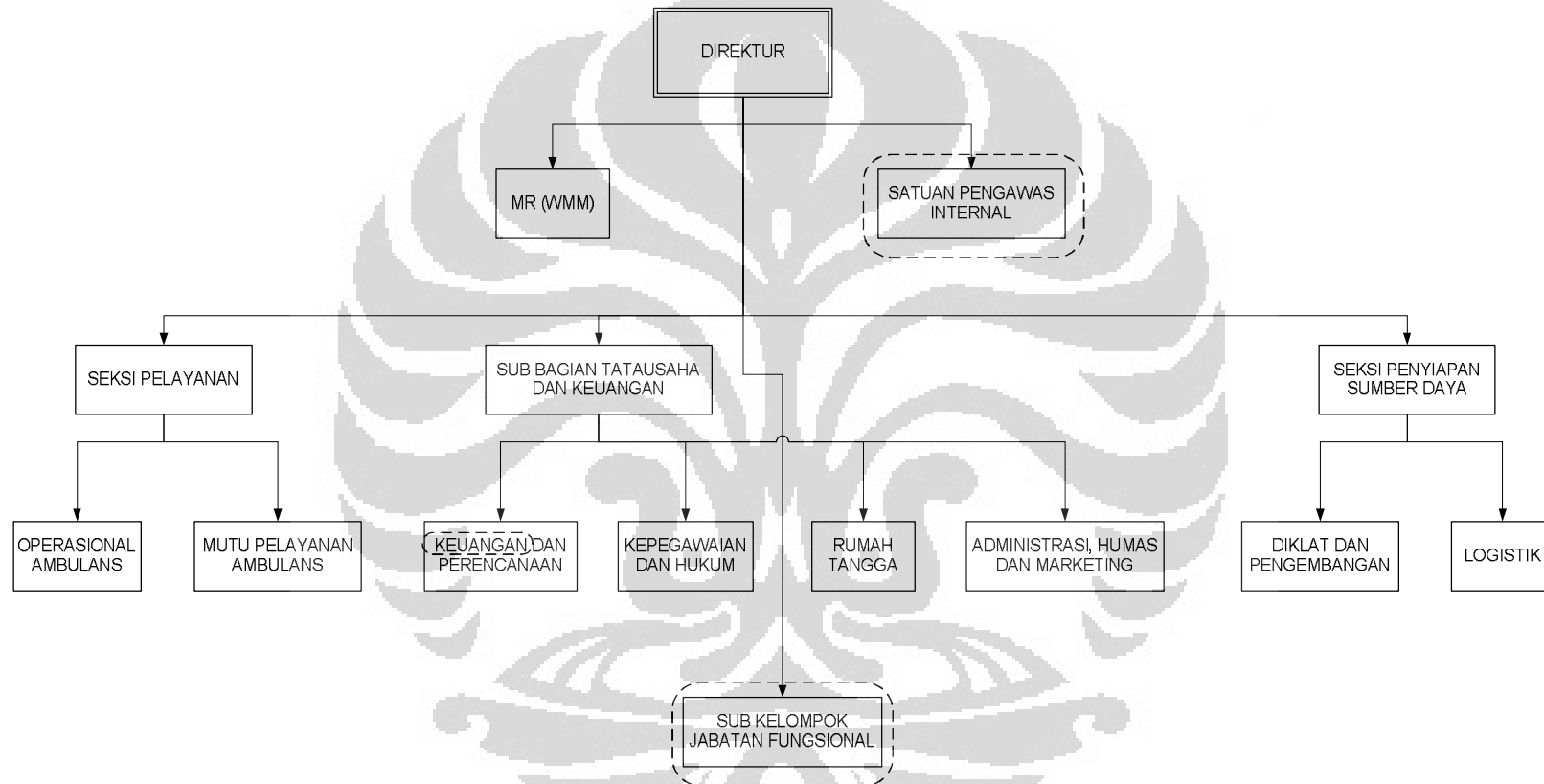
Tugas Pokok:

1. Melaksanakan pelayanan Ambulans Gawat Darurat bagi masyarakat, instansi pemerintah/swasta organisasi dan even di wilayah Jakarta dan sekitarnya.
2. Melaksanakan Pendidikan dan Pelatihan Kegawatdaruratan, berkoordinasi dengan kantor Pendidikan dan Pelatihan Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Dinas Kesehatan dan/atau Profesi dan instansi Pemerintah Daerah/Pusat atau swasta terkait.

Fungsi:

3. Pelayanan Ambulans Gawat Darurat Primary Medevac, Secondary Medevac dan Non Emergency termasuk pelayanan kepada GAKIN
4. Pelayanan siaga Ambulans Gawat Darurat 24 jam
5. Pelayanan Dukungan dan Bantuan Kesehatan

Berikut ini merupakan struktur organisasi dari AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta pada tahun 2010:



Keterangan: Keuangan, Satuan Pengawas Internal dan Subkelompok Jabatan Fungsional belum masuk scope ISO 9001:2008

Gambar 3.1 Strukur Organisasi AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta 2010

AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta sebagai sebuah organisasi, mempunyai struktur organisasi seperti terlihat pada Gambar 3.1 di atas. Secara keseluruhan, AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta terbagi atas 3 divisi utama, yaitu Seksi Pelayanan, Sub Bagian Tatausaha dan Keuangan, dan Seksi Penyiapan Sumber Daya.

Berikut ini adalah daftar rekapitulasi karyawan yang ada pada AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta.

Tabel 3.1 Rekapitulasi Data Karyawan AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta

No.	Jabatan	SDM (orang)	Pendidikan
1	Direktur Umum	1	S2 Magister Kesehatan
2	Kepala Sub Bagian Tata Usaha dan Keuangan AGD	1	S2 Magister Manajemen
3	Bendahara Pengeluaran	1	S1 Manajemen
4	Kepala Seksi Pelayanan	1	S1 Kesehatan Masyarakat
5	Kepala Seksi Penyiapan Sumber Daya	1	S1 Sosial
6	Bendahara Penerimaan	1	S1 Ekonomi
7	Koordinator Dukungan Kesehatan Rutin	1	S1 Kedokteran Umum
8	Kasir dan Pelaporan Keuangan	1	S1 Ekonomi
9	Koordinator CCA	1	SPR
10	Koordinator Rekomendasi Pelayanan Ambulans	1	SPR
11	Staf TU dan Keuangan	1	SLTA
12	Staf Penyiapan Sumber Daya	1	S1 Kedokteran Umum
13	Koordinator Perlengkapan dan Rumah Tangga	1	D3 Keperawatan
14	Koordinator Kepegawaian dan Hukum	1	D3 Keperawatan
15	Staff Kepegawaian dan Hukum	1	SLTA
16	Pelaksana Operasional	148	D3 Keperawatan, SLTA
17	Akuntan	2	S1 Akuntansi
18	CTU Pelayanan	2	D3 Keperawatan
19	CTU Penyiapan Sumber Daya	3	D3 Keperawatan
20	CTU Wilayah Jakarta Selatan	1	D3 Keperawatan
21	CTU Wilayah Jakarta Utara	1	D3 Keperawatan
22	CTU Wilayah Pusat	1	D3 Keperawatan
23	CTU Wilayah Timur	1	D3 Keperawatan
24	Kasir Penerimaan	1	D3 Keperawatan
25	Kasir Pengeluaran	1	S1 Akuntansi
26	Koordinator Mutu Pelayanan Ambulans	1	D3 Keperawatan
27	Koordinator Adm Humas dan Marketing	1	S1 Kesehatan Masyarakat
28	Koordinator Diklat dan Pengembangan	1	S1 Kedokteran
29	Koordinator Jakarta Timur	1	SLTA

30	Koordinator Litbang	1	SLTA
31	Koordinator Wilayah Barat	1	D3 Keperawatan
32	Koordinator Wilayah Selatan	1	SLTA
33	Koordinator Wilayah Utara	1	D3 Keperawatan
34	Korwil Jakarta Pusat	1	D3 Keperawatan
35	Office Boy	1	SLTA
36	Pelaksana-Mekanik	6	SLTA, SLTP, SD
37	Pelaksana-Pekarya	5	SLTA, SLTP
38	Pelaksana-Satpam	4	SLTP
39	Penanggung Jawab Mekanik	1	SLTA
40	Penanggung Jawab Unit	20	D3 Keperawatan
41	Penunjang	1	SLTP
42	Security	1	SLTA
43	Sekretaris Direktur	1	D3 Keperawatan
44	Staf ADM dan Humas Marketing	1	S1 Kesehatan Masyarakat
45	Staf Diklat dan Pengembangan	2	D3 Keperawatan
46	Staf Kepegawaian	1	SLTA
47	Staf Logistik	5	D3 Keperawatan, SLTA
48	Staf Mutu Pelayanan Ambulans	1	D3 Keperawatan
49	Staf Operasional Ambulans	2	S1 Teknik Informatika
50	Staf Pelayanan	1	D3 Keperawatan
51	Staf Perencanaan Anggaran	1	D3 Keperawatan
52	Staf Perencanaan dan Monev	1	D3 Keperawatan
53	Staf PSD	3	S1 Bahasa Inggris
54	Staf Sekretariat ISO	1	S1 Kesehatan Masyarakat
55	Staf TU	3	D3 Keperawatan, SLTA

(sumber: Diklat dan Pengembangan AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta 2010 setelah diolah kembali)

AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta secara total kurang lebih memiliki 247 orang karyawan yang sebagian besarnya bekerja pada bagian operasional pelayanan yang tersebar di seluruh wilayah yang ada di Jakarta. Dari 274 orang tersebut, 14 orang diantaranya berstatus sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS), 222 orang berstatus sebagai pegawai tetap, dan sisanya sebanyak 11 orang merupakan pegawai kontrak (honorar) yang diberi upah harian atau borongan sesuai jenis pekerjaan yang dilakukannya.

1.1.2 Seksi Pelayanan AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta

Seperti yang terlihat pada struktur organisasi sebelumnya, Seksi Pelayanan dari AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta ini berada langsung di bawah Direktur.

Seksi Pelayanan ini sendiri membawahi bagian Operasional Ambulans dan Mutu Pelayanan Ambulans.

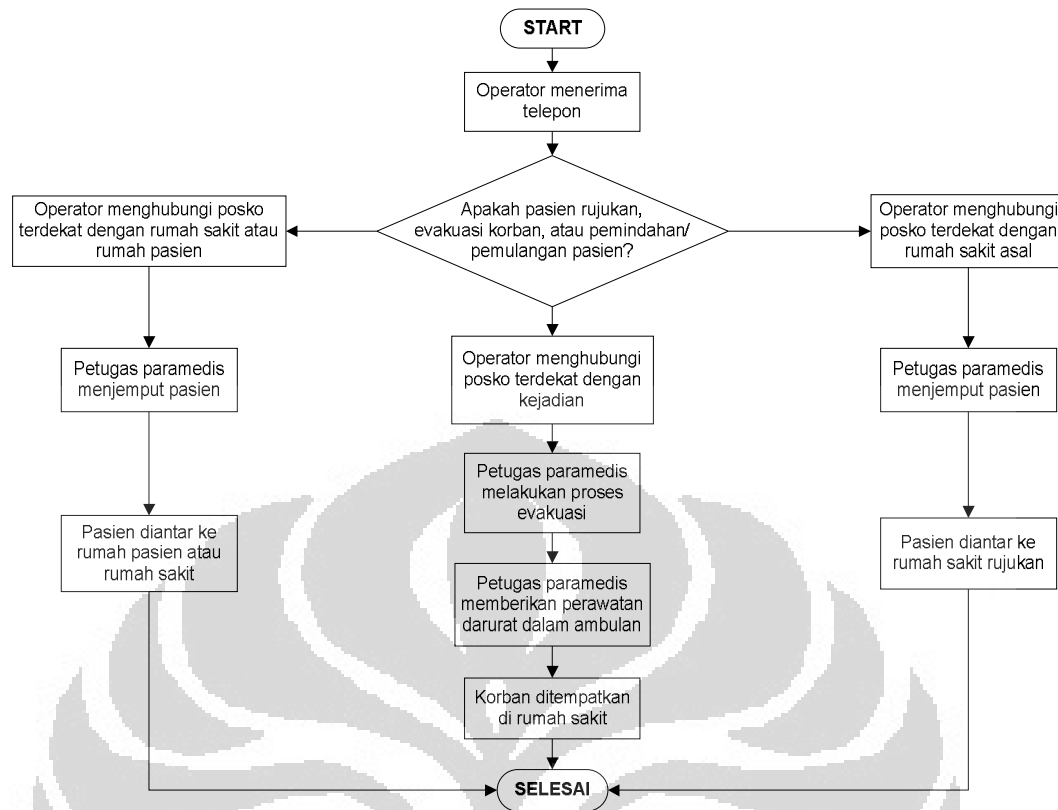
Untuk tanggung jawab dan wewenang dari bagian operasional AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta adalah sebagai berikut:

- menjamin dan memudahkan akses dari masyarakat ke Ambulans Gawat Darurat Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta dapat berlangsung dengan cepat, tepat, dan baik
- menjamin “response time” atau waktu tanggap kurang dari 10 menit
- menjamin kepuasan pelanggan dan tanggapan keluhan pelanggan
- mengawasi kedisiplinan anggota CCA (*command and control ambulance*) terhadap tugas dan kewajiban
- menjamin suasana kerja yang baik antar anggota dengan mengarahkan, menyikapi keluhan secara baik sehingga tidak mempengaruhi kinerja pelayanan dan kualitas pelayanan Ambulans Gawat Darurat Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta
- melakukan koordinasi dengan unit kerja lain
- mengajukan permohonan pengadaan sarana yang dapat menunjang kinerja pelayanan yang lebih baik
- menjamin sistem komunikasi yang siap dan memenuhi standarisasi yang ditetapkan Ambulans Gawat Darurat Dinas Kesehatan Provinsi DKI Jakarta.

Karena untuk petugas operasional termasuk pegawai kontrak, maka jam kerja para petugas operasional di AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta mengikuti sistem *shift*. Sistem kerja yang ditetapkan adalah 2 hari *shift* pagi, 2 hari *shift* siang, 2 hari *shift* malam, 2 hari libur, demikian seterusnya. Pembagian jam kerja dari *shift* itu sendiri adalah seperti berikut ini:

- *Shift* pagi : pukul 07.00-14.00
- *Shift* siang: pukul 14.00-21.00
- *Shift* malam : pukul 21.00-07.00

Untuk alur kerja dari bagian operasional AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta sendiri adalah seperti gambar berikut.



Gambar 3.2 Alur Kerja dari Operasional AGD Dinkes Provinsi DKI Jakarta

Dari diagram alir di atas terlihat bahwa bagian operasional dapat menangani beberapa macam keadaan seperti, evakuasi korban, pemindahan pasien, penjemputan dan pemulangan pasien, ataupun siaga (*stand by*) pada acara-acara tertentu. Prinsipnya adalah, ketika operator menerima panggilan telepon darurat, dialah yang akan menentukan posko mana yang memiliki jarak dan waktu tempuh yang paling dekat dengan kejadian itu, serta menghubungi pihak-pihak terkait. Namun perlu ditekankan sekali lagi bahwa seperti telah dikemukakan sebelumnya di Bab 1, penelitian ini hanya akan mengambil tempat dan membahas keadaan saat proses evakuasi pasien saja.

1.2 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan di dalam penelitian ini adalah data permasalahan lingkungan kerja dan data input *software* Jack 6.1. Data permasalahan lingkungan kerja dibutuhkan untuk mengkonfirmasi masalah-masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya. Sedangkan data input *software* Jack 6.1 diperlukan

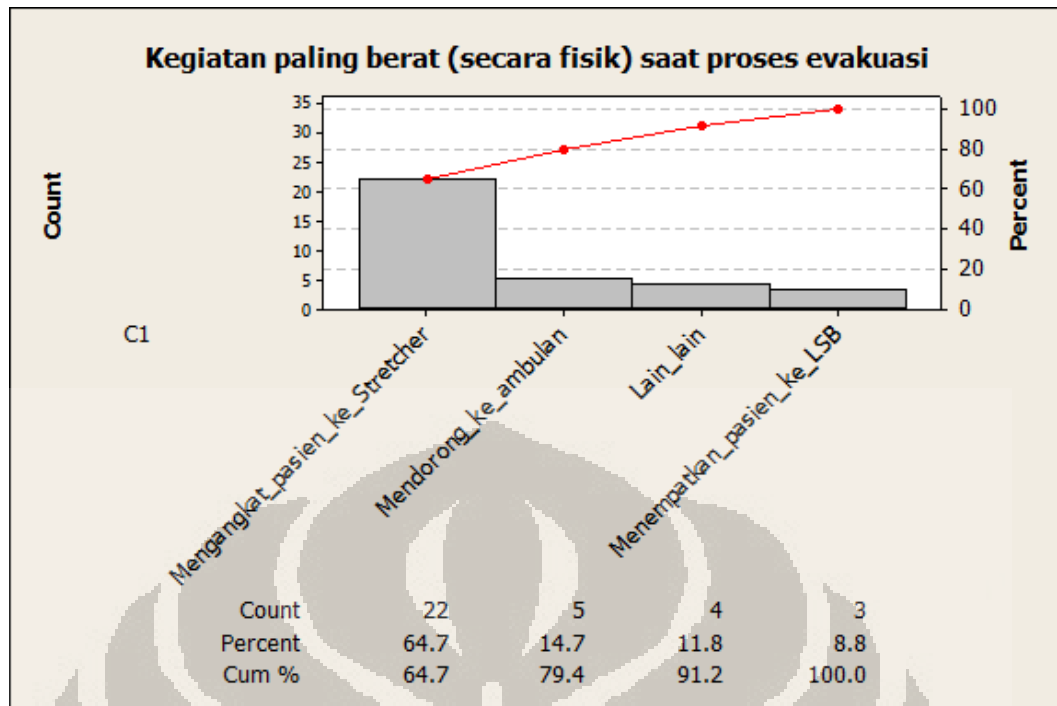
karena untuk pengolahan data dilakukan oleh *software* tersebut. Ini termasuk diantaranya adalah data antropometri pekerja, data bentuk dan dimensi dari peralatan, serta data postur dan gerakan pekerja.

1.2.1 Data Permasalahan Lingkungan Kerja

Untuk menemukan adanya indikasi rancangan kerja yang tidak ergonomis maka peneliti menyebarkan kuesioner dengan pihak petugas operasional paramedis ambulans. Kuesioner disebarkan kepada 34 orang petugas yang bertugas di setiap wilayah Jakarta (Jakarta Pusat, Jakarta Utara, Jakarta Timur, Jakarta Selatan, dan Jakarta Barat) dengan tiga pertanyaan mendasar:

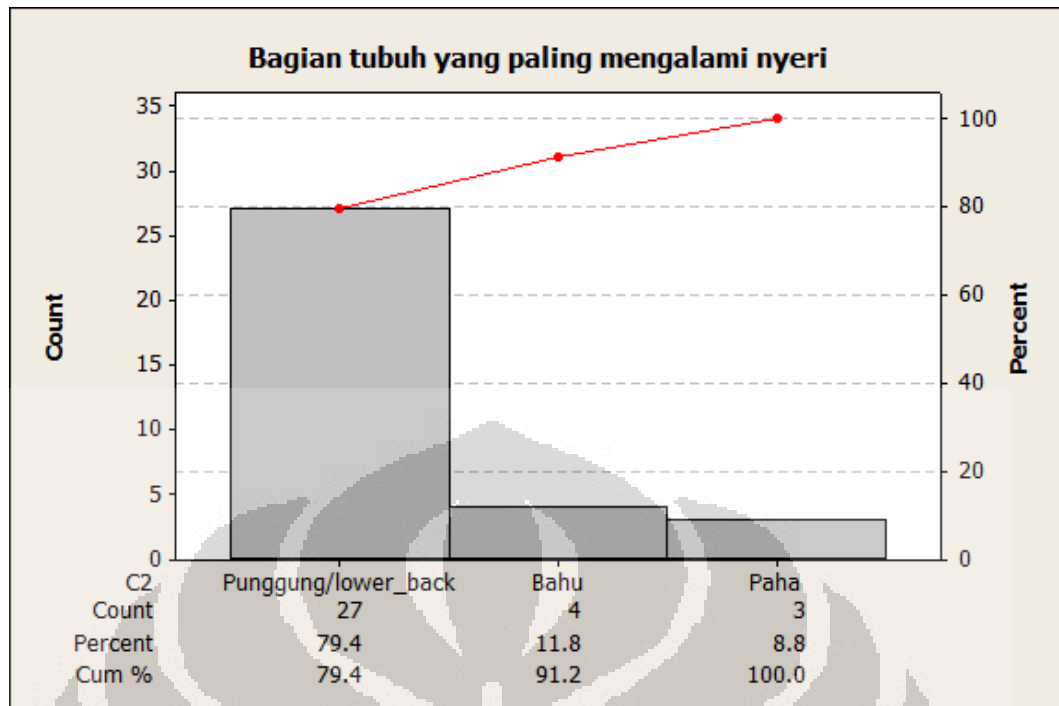
1. Ketika proses evakuasi pasien, pekerjaan/ kegiatan apakah yang paling berat (secara fisik)?
2. Nyeri di bagian tubuh manakah ketika melakukan kegiatan tersebut?
3. Apakah hal tersebut sering terjadi?

Hasil rekapitulasi dari semua kuesioner tersebut adalah sebagai berikut. Untuk pertanyaan pertama yaitu kegiatan yang paling berat secara fisik (lihat gambar 3.3), dari total 34 responden yang ada: 22 orang diantaranya menjawab “mengangkat pasien ke atas *stretcher*” (64,7%); disusul kemudian kegiatan “mendorong ambulans” (5 orang atau 14,7%); “menempatkan pasien ke LSB” (3 orang atau 8,8%); dan “lain-lain” (4 orang atau 11,8%). Kegiatan “lain-lain” di sini maksudnya adalah gabungan dari jawaban yang bervariasi oleh sebagian kecil responden seperti “melakukan perawatan”, “melakukan pertolongan pertama”, “mempersiapkan peralatan”, dan sebagainya.



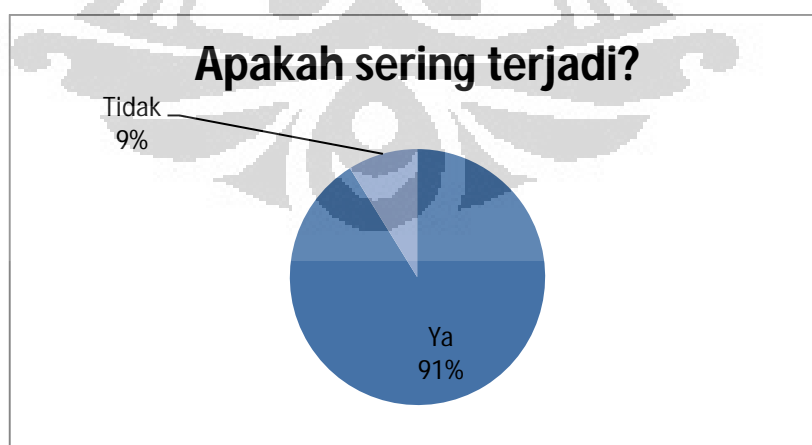
Gambar 3.3 Rekapitulasi Pertanyaan Pertama

Sedangkan pada pertanyaan kedua (perhatikan Gambar 3.4), mengenai bagian tubuh yang paling mengalami nyeri ketika melakukan aktivitas pada pertanyaan pertama, mayoritas responden (27 dari total 34 orang) menjawab “bagian punggung/ *lower back*” (dengan persentase sebesar 79,4%). Sisanya menjawab “bagian bahu” dengan 4 suara (11,8%) dan “bagian paha” dengan 3 suara (8,8%).



Gambar 3.4 Rekapitulasi Pertanyaan Kedua

Pertanyaan terakhir menanyakan tentang intensitas terjadinya nyeri pada saat melakukan aktivitas pekerjaan dalam kurun waktu seminggu (lihat Gambar 3.5). Hasilnya adalah, sebanyak 31 orang petugas mengeluhkan bahwa ini sering terjadi (91% suara) sementara 3 orang diantaranya tidak mengeluhkan hal tersebut (9%).



Gambar 3.5 Rekapitulasi Pertanyaan Ketiga

Dengan hasil rekapitulasi dari kuesioner yang disebarakan tersebut, peneliti telah secara langsung mengidentifikasi lebih dalam sekaligus mengkonfirmasi masalah-masalah yang terjadi pada objek yang diteliti. Lebih lanjut lagi, pada titik ini penelitian ini juga semakin dibatasi lagi batasannya (*scope*) dengan hasil yang ditunjukkan di lapangan melalui kuesioner.

1.2.2 Data Antropometri Pekerja

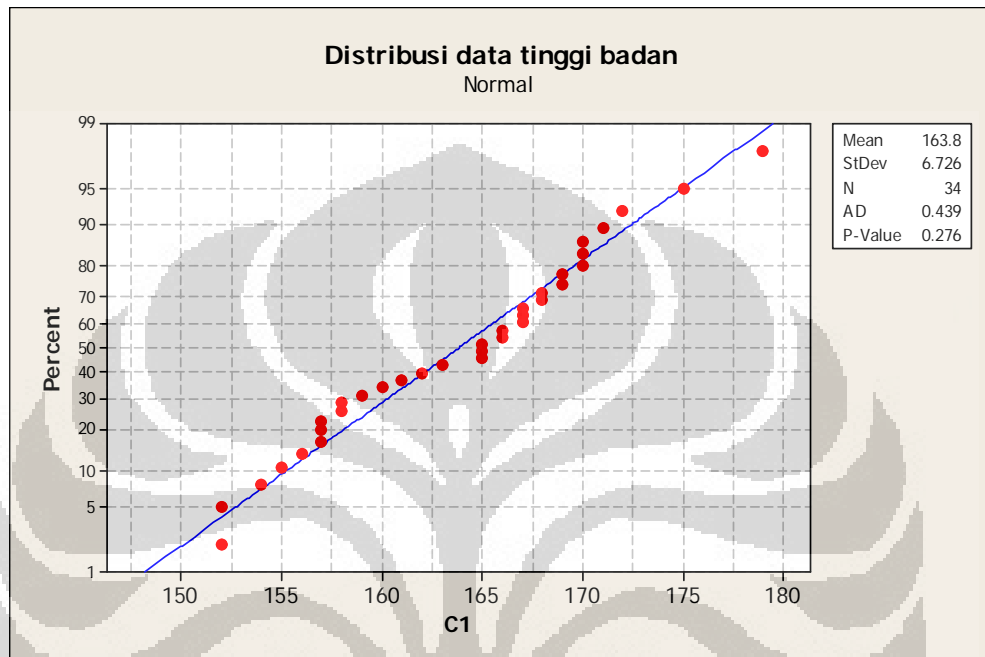
Data antropometri yang diukur adalah tinggi badan dan berat badan pekerja. Data ini dibutuhkan untuk input data ukuran model manusia di *software* Jack 6.1. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat pengukuran seperti mistar kayu, meteran, serta timbangan. Pengukuran antropometri ini dilakukan terhadap 34 orang pekerja.

Tabel 3.2 Data Antropometri Hasil Pengukuran

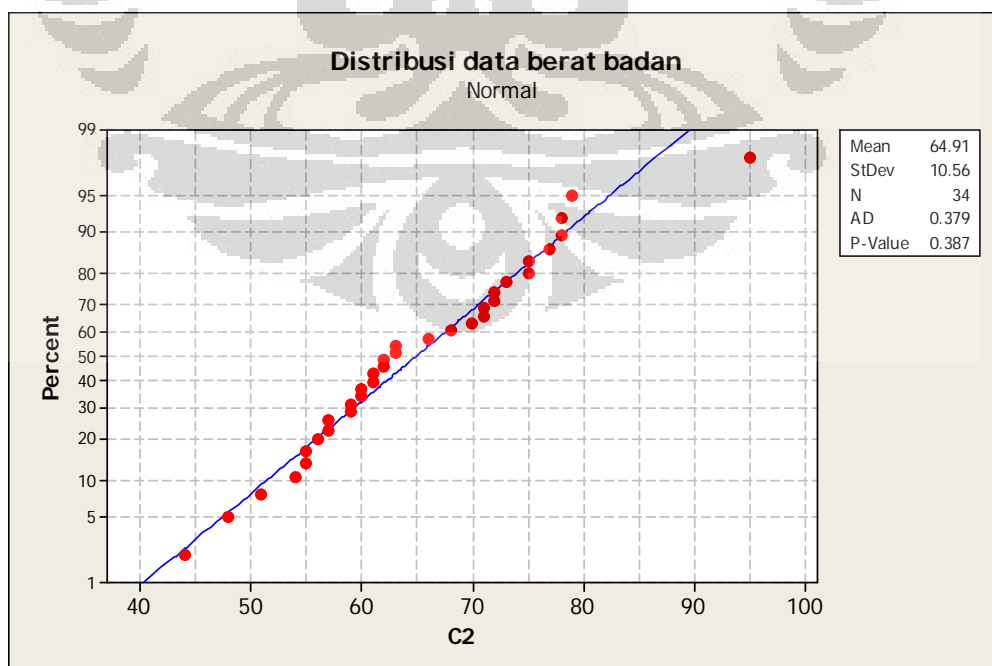
Observasi ke-	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)	Observasi ke-	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
1	179	79	18	167	62
2	157	44	19	158	57
3	159	73	20	162	60
4	171	63	21	152	48
5	170	75	22	165	77
6	156	54	23	169	59
7	154	51	24	166	75
8	175	95	25	170	78
9	157	56	26	152	59
10	160	70	27	167	61
11	165	72	28	168	62
12	172	68	29	166	71
13	165	71	30	167	55
14	161	55	31	157	63
15	169	78	32	155	60
16	170	61	33	168	57
17	163	72	34	158	66

Untuk mengetahui apakah data antropometri yang dikumpulkan adalah data antropometri yang baik, maka perlu dilakukan uji normalitas untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi secara normal atau tidak. Jika hasil

uji normalitas menghasilkan p -value lebih dari 5%, maka data tersebut terdistribusi secara normal. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 14. Hasilnya adalah seperti terlihat pada gambar-gambar di bawah:



Gambar 3.6 Hasil Uji Normalitas Data Tinggi Badan



Gambar 3.7 Hasil Uji Normalitas Data Berat Badan

Berdasarkan hasil uji normalitas di atas, *p-value* dari data tinggi badan adalah 27,6%. Sedangkan *p-value* dari data berat badan adalah 38,7%. Dari sini, dapat dilihat bahwa data tinggi badan dan berat badan terdistribusi secara normal (*p-value* > 5%). Dengan itu, peneliti dapat menggunakan data tinggi badan dan berat badan sebagai data input untuk membuat model biomekanis pada *software* Jack 6.1. Kemudian, dari data tinggi dan berat badan tersebut dihitung persentil 5 dan 95 yang dapat terlihat pada tabel berikut:

Tabel 3.3 Persentil 5 dan 95 dari Data Tinggi dan Berat Badan

Persentil	Tinggi (cm)	Berat (kg)
5th	153.3	49.95
95th	173.05	78.35

(Sumber: Penulis)

Selanjutnya, penulis membandingkan data antropometri hasil pengukuran langsung di lapangan dengan data antropometri pekerja Indonesia yang didapatkan dari Persatuan ergonomi Indonesia. Tujuannya adalah untuk melihat seberapa valid data hasil pengukuran di lapangan untuk dapat dipakai sebagai data input untuk pembuatan model biomekanis menggunakan *software* Jack 6.1. Data antropometri pekerja Indonesia dapat terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3.4 Data Antropometri Pekerja Indonesia

VARIABEL ANTROPOMETRI	UKURAN DIMENSI TUBUH (cm)		
	Persentil 5	Persentil 50	Persentil 95
Tinggi Badan Tegak	144.95	159.5	172
Tinggi Mata Berdiri	133	147.5	160.55
Tinggi Siku Berdiri	89	100	109.7
Panjang Alas Kaki	20.95	24	27
Lebar Alas Kaki	8.5	10	12
Siku ke Siku	33	41	49.06
Jangkauan Tangan ke Depan	59	72	83
Rentangan Tangan	141	161	176.7
Lebar Bahu	33	40	46
Lebar Pinggul	26.17	33	40
Tinggi Lutut Duduk	37	44	52
Tinggi Popliteal	34	40.6	46
Panjang Siku ke Genggaman Tangan	29.5	35	39

(sumber: Persatuan Ergonomi Indonesia)

Karena variabel antropometri “berat badan” tidak ada pada tabel Data Antropometri Pekerja Indonesia di atas, maka penulis hanya akan membandingkan persentil 5 dan 95 untuk data tinggi badan. Sebagaimana terlihat pada tabel di atas, ukuran tinggi badan tegak untuk persentil 5 dari pekerja Indonesia adalah sebesar 144,95 cm. Ini berarti selisih pengukuran di lapangan dengan data yang dikumpulkan Persatuan Ergonomi Indonesia adalah sebesar 8,35 cm. Sedangkan pada persentil 95 untuk variabel yang sama (tinggi badan tegak) terdapat selisih sebesar 1,05 cm. Selisih yang cukup besar ini (8,35 cm dan 1,05 cm) dapat dimaklumi oleh peneliti, mengingat jumlah *sample* yang digunakan ketika observasi untuk kedua data sangat berbeda. Data antropometri yang didapat dari hasil observasi langsung di lapangan dilakukan kepada 34 orang pekerja. Sedangkan Data Antropometri Pekerja Indonesia adalah data yang telah dikumpulkan oleh Persatuan Ergonomi Indonesia merupakan akumulasi dari berbagai macam penelitian ergonomi yang melibatkan ribuan *sample*. Dengan demikian, keabsahan data antropometri pekerja yang telah dikumpulkan tetap dapat diyakini keabsahannya dan dapat digunakan dalam penelitian ini.

1.2.3 Data Bentuk dan Dimensi dari Peralatan

Karena sebelumnya peneliti membatasi batasan masalah (*scope*) dari penelitian ini hanyalah pada saat proses evakuasi pasien, maka peralatan yang digunakan dan diteliti adalah mobil ambulans, Long Spine Board (LSB), dan Stretcher (usungan). Berikut ini adalah penjelasan lebih lanjut mengenai peralatan-peralatan tersebut.

1.2.3.1 Mobil Ambulans

Ambulans adalah kendaraan transportasi orang sakit atau cedera, dari satu tempat ke tempat lain guna perawatan medis. Istilah Ambulans digunakan menerangkan kendaraan yang digunakan untuk membawa peralatan medis kepada pasien diluar rumah sakit atau memindahkan pasien ke rumah sakit untuk perawatan lebih lanjut. Kendaraan ini dilengkapi dengan sirene agar dapat menembus kemacetan lalu lintas.



Gambar 3.8 Ambulans

Istilah Ambulans berasal dari bahasa Latin *Ambulare* berarti berjalan atau bergerak yang merujuk pada perawatan saat pasien dipindahkan dengan kendaraan. Istilah ini awalnya mengartikan rumah sakit bergerak yang dipakai dalam militer.

1.2.3.2 Long Spine Board (LSB)

Long Spine Board, atau biasa disingkat dengan LSB adalah suatu perangkat medis yang dipakai untuk mobilisasi dan transportasi pasien yang diduga mengalami cedera tulang belakang. Ini digunakan untuk mencegah

pergerakan tulang belakang yang dapat menyebabkan cedera permanen atau serius.



Gambar 3.9 *Long Spine Board*

1.2.3.3 *Stretcher* (Usungan)

Stretcher adalah peralatan medis yang berfungsi untuk membawa korban atau orang lumpuh dari satu tempat ke tempat yang lain. *Stretcher* yang digunakan untuk ambulans telah dilengkapi dengan roda dan mekanisme lipat yang otomatis, sehingga memudahkan penggunaannya (petugas paramedis) untuk memasukkan pasien ke dalam ambulans. Umumnya *stretcher* digunakan bersamaan dengan LSB atau *Scoop Stretcher*, tergantung dari kondisi pasien atau korban evakuasi.



Gambar 3.10 *Stretcher* Ambulans

1.2.4 Data Postur dan Gerakan Pekerja

Pengambilan data postur dilakukan dengan mendokumentasikan posisi dan postur pekerja dengan menggunakan kamera. Gambar postur-postur kerja ini nantinya akan menjadi acuan dalam mengatur posisi model biomekanis manusia dalam *software* Jack 6.1. Dibawah ini adalah salah satu gambar postur kerja dari petugas paramedis saat melakukan proses evakuasi.



Gambar 3.11 Petugas Paramedis Mengangkat Korban dengan LSB

Sedangkan untuk pengumpulan data rangkaian kerja, dilakukan dengan merekam gerakan kerja petugas ketika melakukan proses evakuasi pasien. Rekaman rangkaian kerja ini nantinya akan dijadikan acuan ketika membuat animasi pada *software* Jack 6.1. Melalui animasi yang mensimulasikan rangkaian kerja dari petugas, dapat dianalisa bagaimana dampak rangkaian pekerjaan yang dilakukan terhadap kelelahan fisik operator.

1.3 Perancangan Model

Pada proses perancangan model, seperti telah disebutkan sebelumnya, peneliti menggunakan beberapa *software* yakni NX 6.0 dan Jack 6.1. *Software* NX digunakan untuk membuat gambar 3D dari peralatan-peralatan yang nantinya akan dipakai oleh model biomekanis manusia (manekin) di dalam *software* Jack 6.1. Sedangkan *software* Jack 6.1 memungkinkan kita untuk melakukan simulasi

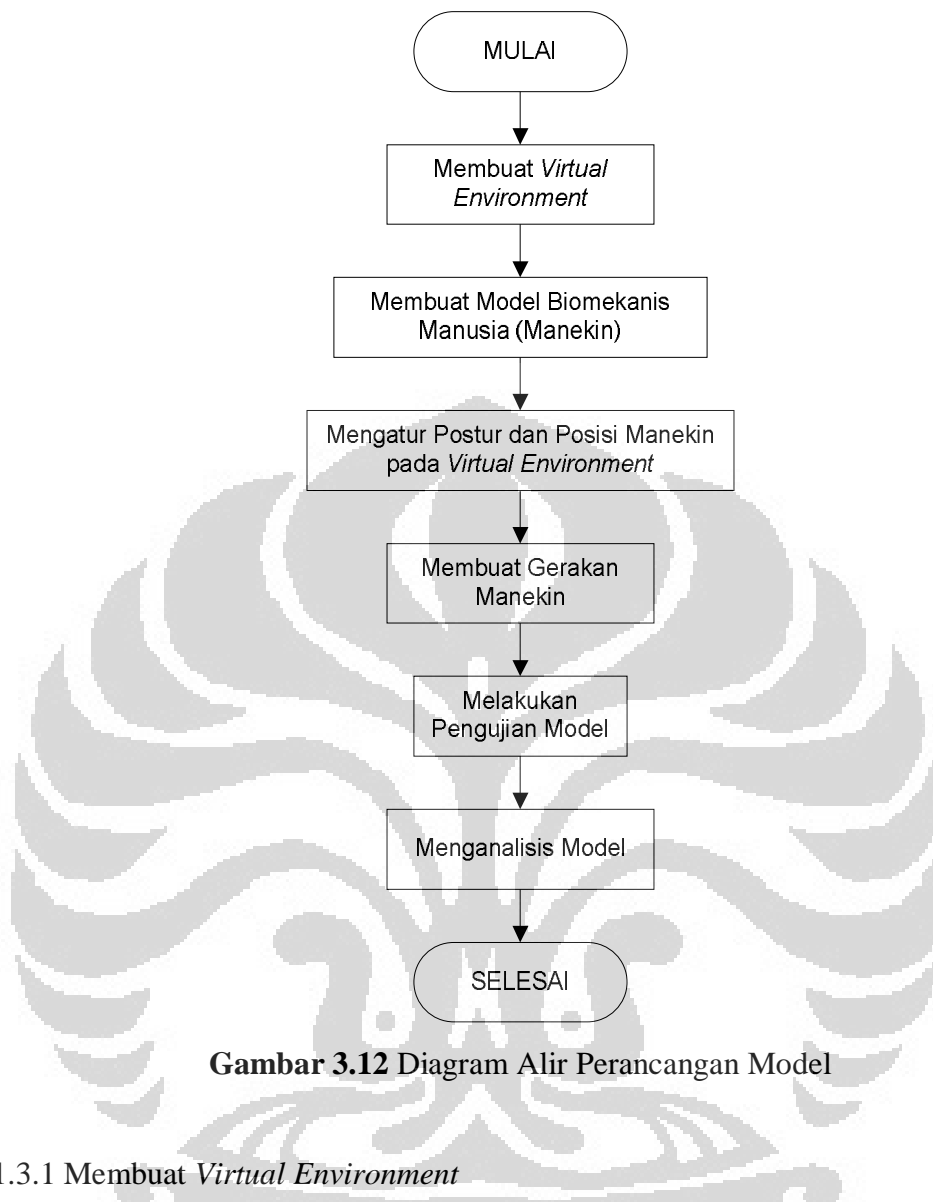
dari *virtual environment* yang telah disiapkan sebelumnya dan kemudian menganalisisnya melalui fitur-fitur analisis yang ada.

Peneliti menetapkan simulasi yang dikerjakan pada *virtual environment* ini ke dalam beberapa kondisi. Variabel yang menentukan kondisi tersebut adalah persentil data antropometri manusia yang dipakai untuk manekin di dalam *software* Jack 6.1, serta berat atau massa dari pasien. Untuk variabel persentil yang digunakan, peneliti mengambil titik ekstrim rendah (persentil 5) dan titik ekstrim tinggi (persentil 95). Sedangkan untuk variabel massa pasien, peneliti melakukan pendekatan *trial* (uji-coba) dengan besar massa dari 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, dan 110. Pendekatan secara *trial* ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pada titik mana, massa dari pasien mulai berpengaruh terhadap kenaikan resiko petugas paramedis terkena *Low Back Pain*. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar di bawah.

Tabel 3.5 Berbagai Kondisi yang Disimulasikan

Beban	Persentil	
	5	95
40	Kondisi #1	Kondisi #9
50	Kondisi #2	Kondisi #10
60	Kondisi #3	Kondisi #11
70	Kondisi #4	Kondisi #12
80	Kondisi #5	Kondisi #13
90	Kondisi #6	Kondisi #14
100	Kondisi #7	Kondisi #15
110	Kondisi #8	Kondisi #16

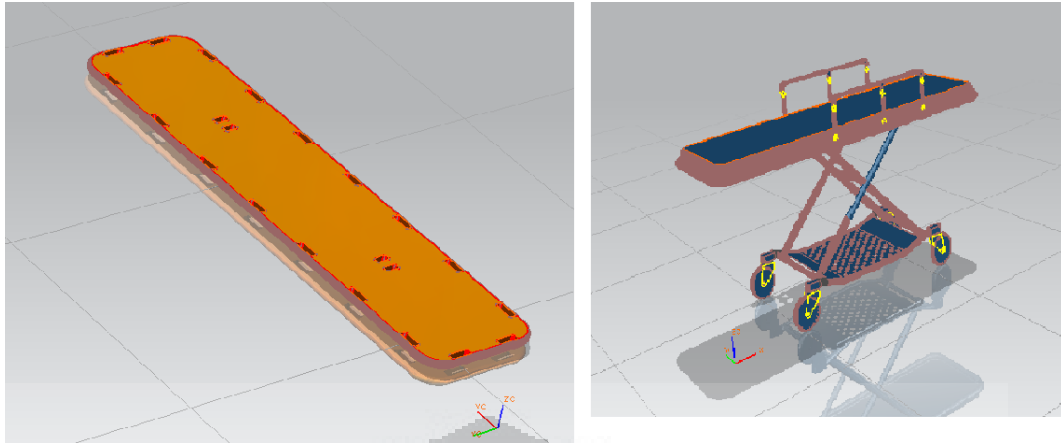
Berikutnya adalah proses perancangan model. Gambar di bawah ini menjelaskan tentang diagram alir dari proses perancangan model (perhatikan Gambar 3.13).



Gambar 3.12 Diagram Alir Perancangan Model

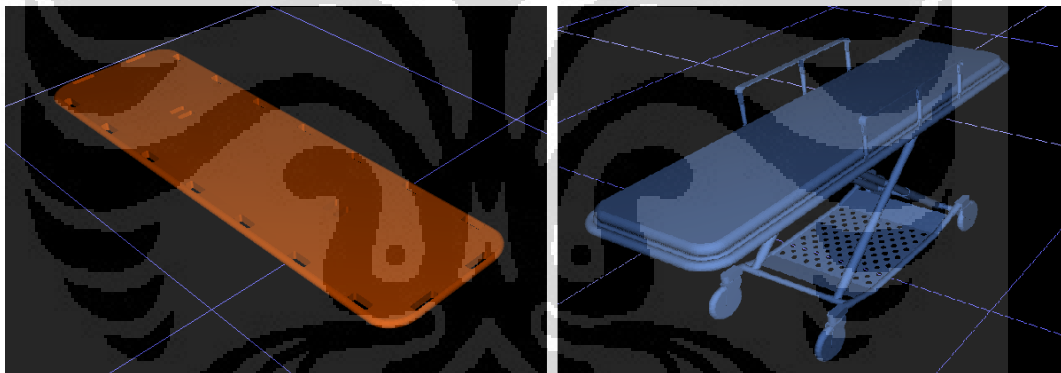
1.3.1 Membuat *Virtual Environment*

Langkah pertama dalam perancangan model adalah membuat *virtual environment* sedemikian rupa sehingga ini nantinya dapat dijadikan representasi dari lingkungan kerja yang sebenarnya. Untuk keperluan ini, peneliti menggunakan *software NX 6.0* untuk membuat tiruan *3D object* dari peralatan yang sebenarnya (dalam penelitian ini peralatan yang dibuat tiruan *3D object*-nya adalah LSB dan *stretcher*). Perhatikan Gambar 3.14. Gambar tersebut adalah hasil pembuatan model peralatan dengan menggunakan *software NX 6.0*.



Gambar 3.13 Hasil Pembuatan LSB dan *Stretcher* dengan *Software NX 6.0*

Setelah gambar 3D selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah mengimpor file tersebut ke dalam *software* Jack 6.1. Hasilnya adalah seperti diperlihatkan oleh gambar di bawah.



Gambar 3.14 Hasil Impor *3D Object* ke dalam *Software Jack 6.1*

1.3.2 Membuat Model Biomekanis Manusia (Manekin)

Data antropometri yang telah didapatkan sebelumnya (lihat kembali 3.3) digunakan untuk membuat sebuah model manekin dari petugas paramedis dengan persentil 95. Gambar model manekin tersebut terlihat pada gambar 3.17 di bawah.

Build Human...

Stature:
 173.1

Abdominal Dep.:
 21.4

Ankle Hgt:
 6.7

Acromion Height:
 143.1

Arm Length:
 77.8

Biacromial Br.:
 39.6

Bideloid Br.:
 47.0

Buttock-Knee:
 61.0

Elbow Rest Hgt:
 22.5

Elbow-Fingertip:
 46.7

Foot Breadth:
 10.0

Foot Length:
 26.6

Hand Breadth:
 9.5

Hand Length:
 18.7

Head Breadth:
 15.2

Head Height:
 23.5

Head Length:
 19.6

Gender:
 Female
 Male

Units:
 cm

Hip Breadth:
 33.5

Interpupil Dist:
 6.5

Shoulder-Elbow:
 37.5

Sitting Acromial:
 60.0

Sitting Eye:
 77.6

Sitting Hgt:
 90.0

Sit Knee Hgt:
 55.7

Thigh Clearance:
 16.9

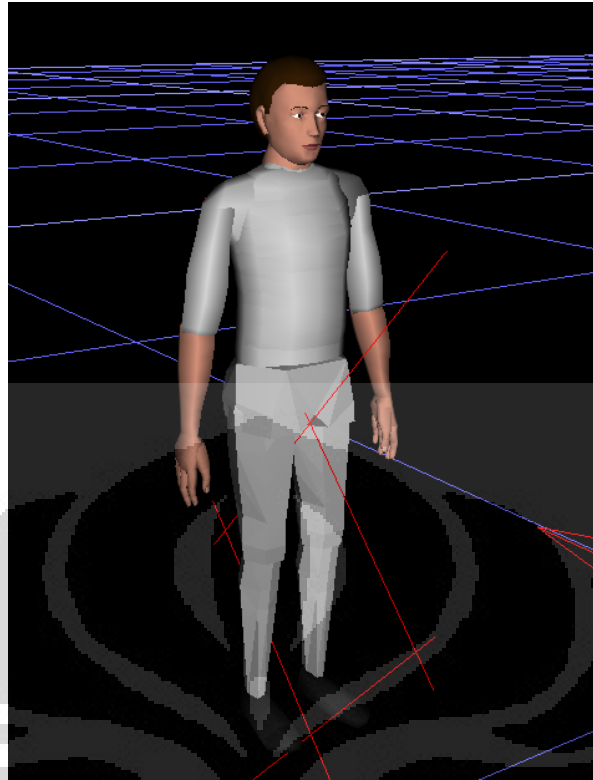
Thumbtip Reach:
 84.8

Save as...
 Name

Edit Existing...
 Human Petugas1

Add to Menu Create New

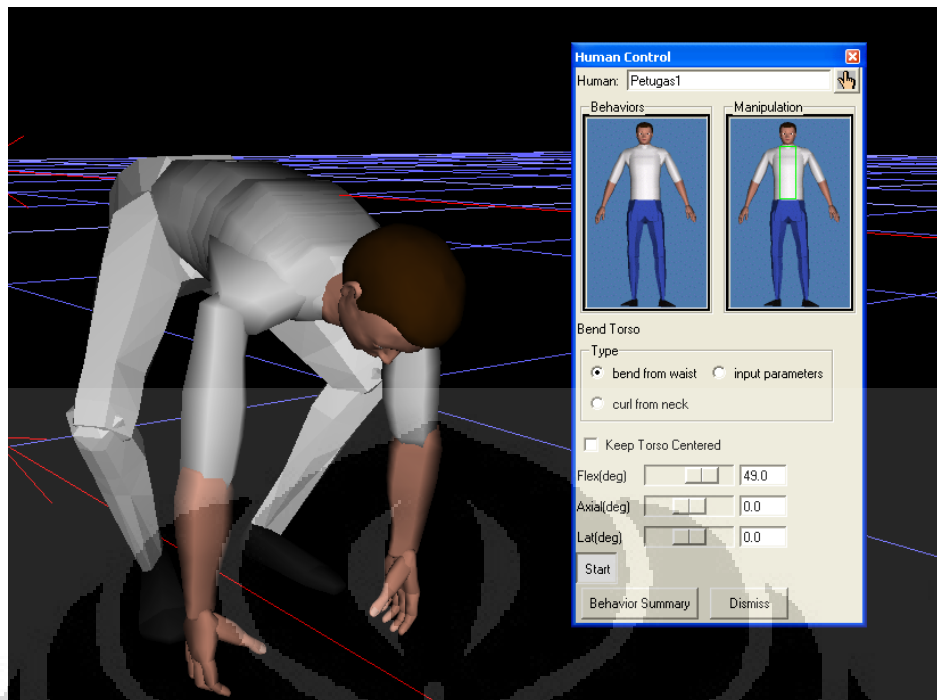
Gambar 3.15 Pengaturan Antropometri Manekin dengan *Advanced Body Scaling*



Gambar 3.16 Model Manekin Petugas Paramedis Persentil 95

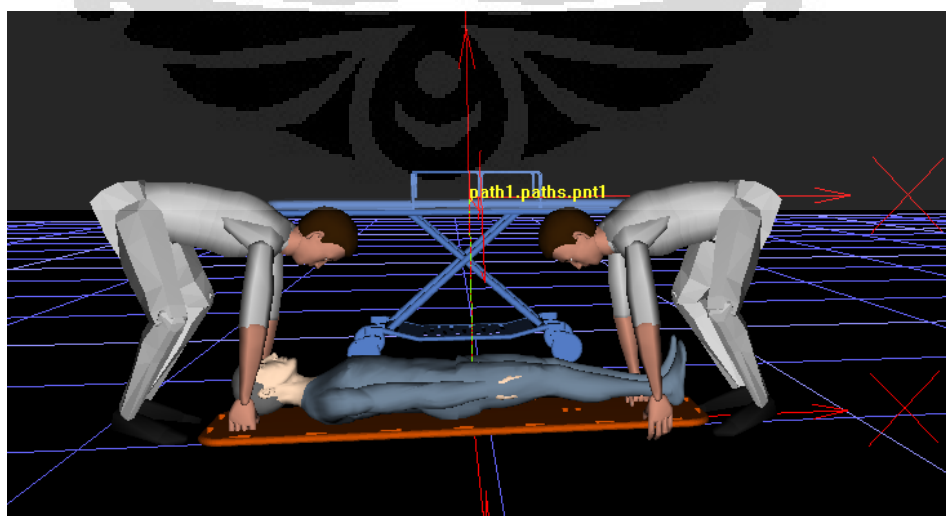
1.3.3 Mengatur Postur dan Posisi Manekin pada *Virtual Environment*

Software Jack 6.1 memungkinkan pemakainya untuk mengatur postur dan posisi manekin terhadap lingkungan kerjanya. Mengenai pengaturan postur, fitur manekin yang ada pada *software* ini telah mengikuti prinsip-prinsip dan fungsi biomekanis dari tubuh manusia secara cukup sempurna dan mendekati keadaan riil-nya. Dengan demikian, peneliti dapat mengatur postur dari manekin sampai pada tingkat persendiannya, mengikuti keadaan sebenarnya dari subjek yang ingin diteliti. Gambar 3.18 di bawah ini memperlihatkan proses manipulasi dari postur manekin.



Gambar 3.17 Penyesuaian Postur dari Manekin

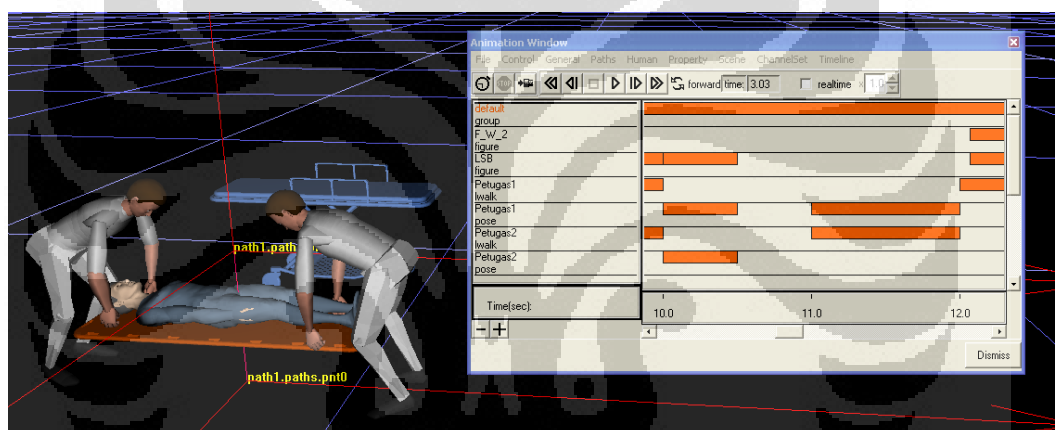
Selanjutnya, manekin yang telah memiliki postur yang sesuai, diatur posisinya sedemikian rupa sehingga menyerupai lingkungan kerja sebenarnya. Ini dilakukan dengan cara menggeser objek-objek dan manekin hingga berada di tempat yang seharusnya. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 3.19 berikut ini dimana lingkungan kerja yang berada pada *virtual environment* telah menyerupai lingkungan kerja yang sebenarnya.



Gambar 3.18 Petugas Paramedis di *Virtual Environment*

1.3.4 Membuat Gerakan Manekin

Setelah model manekin pekerja menempati posisi yang tepat pada stasiun kerjanya, model tersebut diberikan suatu gerakan untuk mengerjakan tugas tertentu. Dalam penelitian ini, tugas yang diberikan pada model manekin dari petugas paramedis adalah mengangkat pasien yang sebelumnya di atas LSB untuk kemudian dinaikkan ke atas *stretcher*. Pemberian tugas itu dilakukan menggunakan modul *animation system* (Gambar 3.20) pada *software* Jack. Selama pembuatan animasi, gerakan yang dibuat harus terus disesuaikan dengan gerakan nyata pada rekaman. Hal ini dilakukan untuk menjamin validitas dari animasi gerakan yang dibuat.



Gambar 3.19 Pemberian Gerakan pada Modul *Animation System*

1.3.5 Melakukan Pengujian Model

Untuk memastikan bahwa model simulasi yang dibuat dapat merepresentasikan keadaan pekerja di dunia nyata, maka perlu dilakukan pengujian terhadap model tersebut. Pengujian model terdiri dari dua bagian utama, yaitu verifikasi dan validasi model.

1.3.5.1 Verifikasi Model

Suatu model dikatakan telah lolos verifikasi jika model tersebut telah dijalankan dengan cara yang independen. Verifikasi model mengindikasikan bahwa model tersebut telah dipercaya konsepsinya, namun dengan tidak

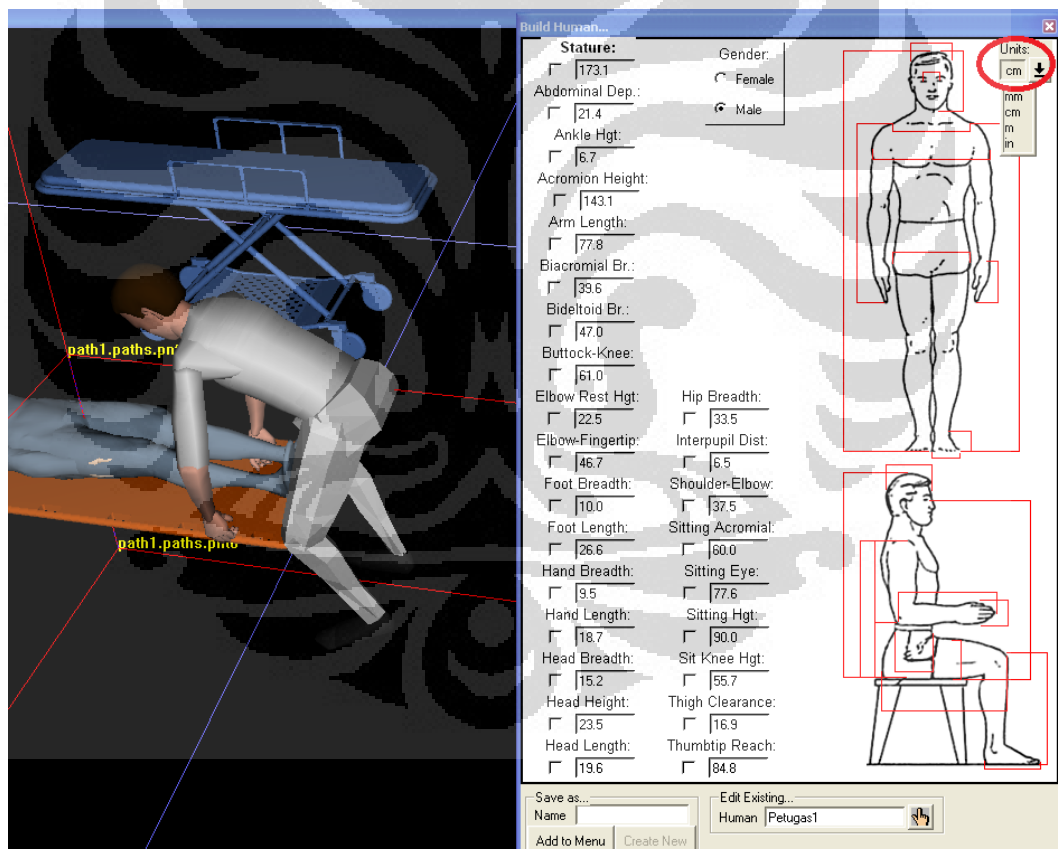
mempedulikan validitas dari konsepsi tersebut. Dalam sistem dinamik, pengujian model melalui proses verifikasi mempunyai dua cara, yaitu:

1. Dimensi atau uji analisis unit

Untuk mengetahui bahwa proses verifikasi dengan cara uji analisis unit sudah benar atau belum dapat dilihat dari dua hal, yaitu seluruh variabel mempunyai unit yang benar, dan seluruh unit sesuai dengan realita yang ada dan tidak terdapat unit korektif yang dimasukkan.

2. Uji numerikal

Dalam uji numerikal ini juga terdapat dua bagian. Pertama, dimensi waktu yang dipilih sesuai dengan *timestep* berjalannya model. Kedua, menggunakan metode integrasi numerikal¹.



Gambar 3.20 Hasil Uji Dimensi/Analisis Unit pada *Software Jack 6.1*

¹ Setiawan, Andri D dan Sukriana, Yugi, *Urban Decay in Kente – Dealing with Capacity and Distribution of Opportunity*

Pada uji verifikasi seperti yang terlihat pada Gambar 3.21 di atas menunjukkan bahwa dimensi yang digunakan pada input antropometri model manusia telah mengikuti dimensi standar untuk tinggi badan manusia, yaitu centimeter. Oleh karena itu model simulasi yang dibuat pada penelitian kali ini dapat dipercaya karena menggambarkan keadaan riil dari pekerja.

1.3.5.2 Validasi Model

Setelah melewati proses verifikasi model, maka tahapan selanjutnya dalam pengujian model adalah proses validasi model. Terdapat tiga cara dalam memvalidasi model, yaitu:

1. Historikal fit

Salah satu uji model yang umum adalah dengan memasukkan input ke dalam suatu model dengan nilai historis dan melihat apakah outputnya sesuai dengan data historis yang ada.

2. Uji kondisi ekstrim

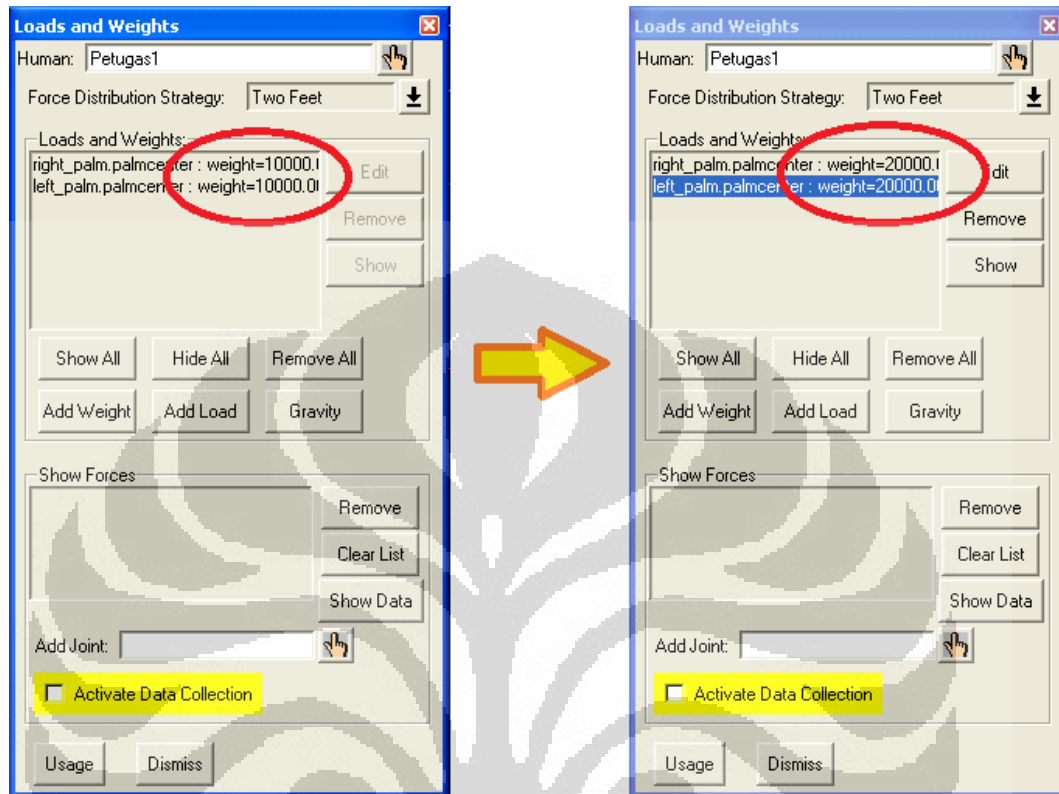
Uji kondisi ekstrim dilakukan untuk memastikan bahwa suatu model tidak mengeluarkan perilaku yang irasional. Terdapat dua tipe uji kondisi ekstrim. Pertama, uji ekstrim nol, yaitu memasukkan nilai nol pada variabel tertentu. Jika seluruh variabel berhubungan secara rasional maka, variabel yang berhubungan juga akan turun menjadi nol atau tidak terpengaruh sama sekali. Kedua, uji ekstrim yang sangat besar. Nilai yang diharapkan pada uji kali ini adalah kenaikan yang sangat besar untuk seluruh variabel yang berhubungan. Uji nilai ekstrim menunjukkan bahwa model sesuai dengan hubungan logikal antar variabel dan tidak ada mekanisme yang tidak diharapkan dan irasional dalam model.

3. Uji analisis sensitivitas

Uji analisis sensitivitas perlu dikerjakan untuk mengidentifikasi parameter mana saja yang dikategorikan sebagai parameter sensitif. Perubahan kecil pada variabel sensitif tersebut akan berpengaruh pada perilaku seluruh sistem.

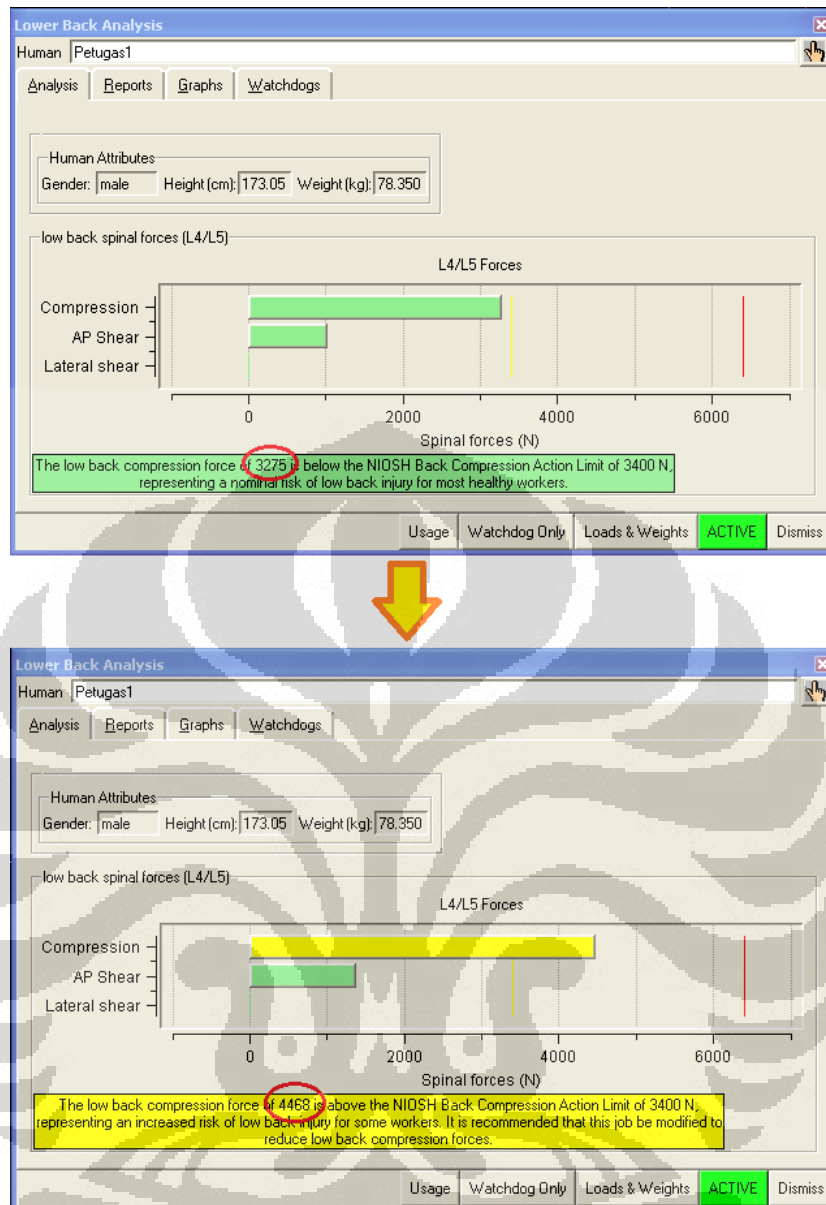
Pada simulasi menggunakan *software* Jack, hanya akan dilakukan uji validitas dengan menggunakan uji kondisi ekstrim karena, tipe uji validitas lainnya

tidak dapat dilakukan oleh *software* yang bersangkutan. Berikut hasil uji validitas dengan uji kondisi ekstrim.



Gambar 3.21 Uji Validitas dengan Penambahan Beban yang Ekstrim

Pada gambar diatas ditunjukkan penambahan beban kerja pada bagian tangan sebelah kiri dan sebelah kanan model manusia virtual sebesar masing-masing 5 kg. Penambahan ini merupakan perumpamaan apabila model virtual menjahit sesuatu bahan yang sangat berat dengan menggunakan mesin jarum satu. Hasil dari penambahan beban tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.23 berikut ini.



Gambar 3.22 Hasil Analisis LBA setelah Penambahan 5 kg pada Model

Pada gambar terlihat bahwa hasil analisis kapabilitas LBA pada model menunjukkan lonjakan kompresi pada bagian tulang belakang model dari 1063 N menjadi 1990 N. Sedangkan analisa kapabilitas SSP pada model menunjukkan beban yang diterima oleh bagian shoulder pada model telah melebihi batas toleransi kapabilitas kerja (ditunjukkan dengan indikasi warna kuning) yang mampu diterima oleh populasi pekerja.

BAB 4

ANALISIS DAN PERBAIKAN

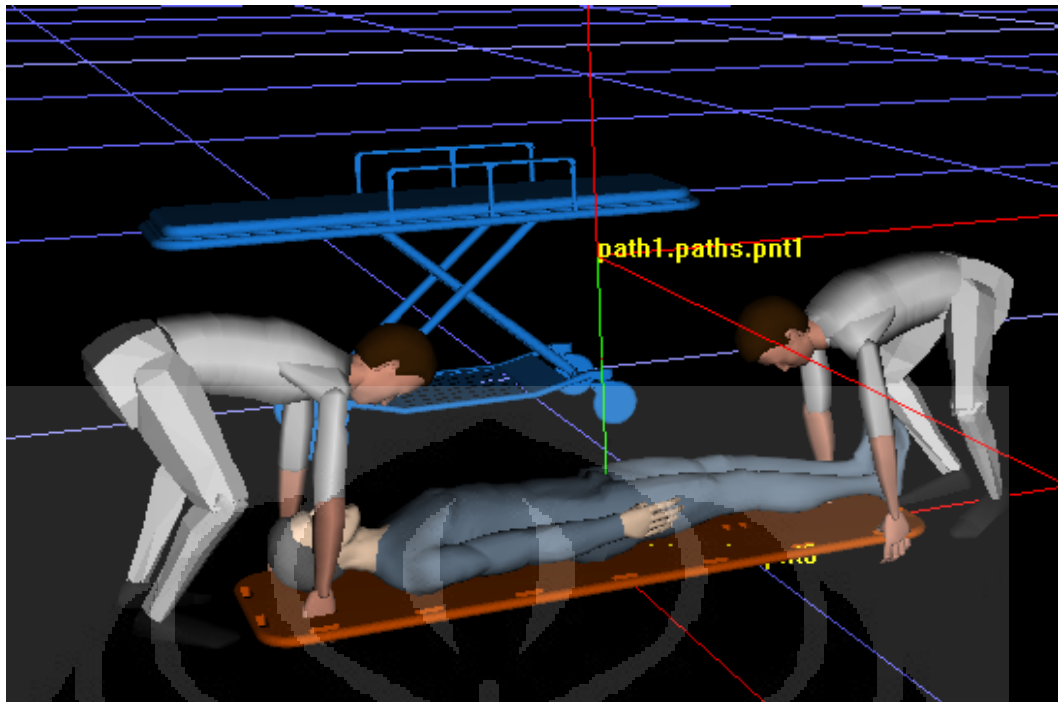
Bab keempat dari penelitian ini adalah bab analisis dari model serta perbaikan (*improvement*) yang peneliti rekomendasikan terhadap model tersebut. Model yang telah dirancang sebelumnya dianalisis dengan menggunakan fitur-fitur analisis yang ada pada *software* Jack 6.1 yaitu *Low Back Analysis* (LBA) dan *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS).

1.1 Analisis Model

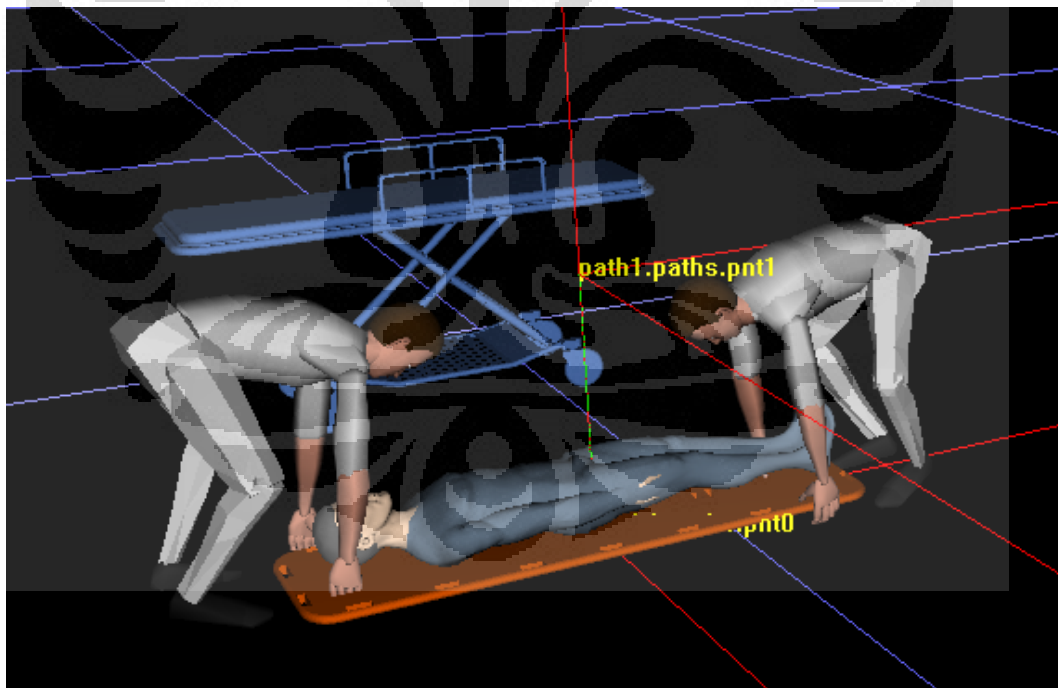
Setelah model selesai dibuat dan simulasinya dijalankan, hasilnya kemudian dianalisis menggunakan fitur-fitur analisis yang terdapat di dalam *Software* Jack 6.1. Sebagian besar dari fitur-fitur analisis ini sendiri sebenarnya adalah analisis ergonomi umum yang sering dipakai di kehidupan sehari-hari seperti OWAS, RULA, dan sebagainya. *Software* Jack 6.1 hanyalah mengkomputasi perhitungan yang umumnya digunakan untuk analisis-*analisis* ini secara otomatis sehingga dapat mempermudah pekerjaan peneliti dalam menganalisisnya.

Pada analisis berikut, peneliti hanya akan menyoroti salah satu kondisi dari masing-masing persentil dari manekin (yakni persentil 5 dan 95). Pengambilan dua kondisi dari kedua persentil ini bertujuan untuk membandingkan keadaan atau nilai ergonomis dari kedua macam persentil. Pada bagian akhir dari masing-masing analisis, hasilnya akan direkapitulasi untuk melihat pengaruh dari penambahan berat dari pasien terhadap manekin, serta perbedaan dampak yang terjadi kedua persentil model.

Gambar berikut ini adalah salah satu cuplikan dari simulasi masing-masing kondisi dengan data persentil yang berbeda, yaitu persentil 5 dan persentil 95.



Gambar 4.1 Model Manekin dengan Persentil 5



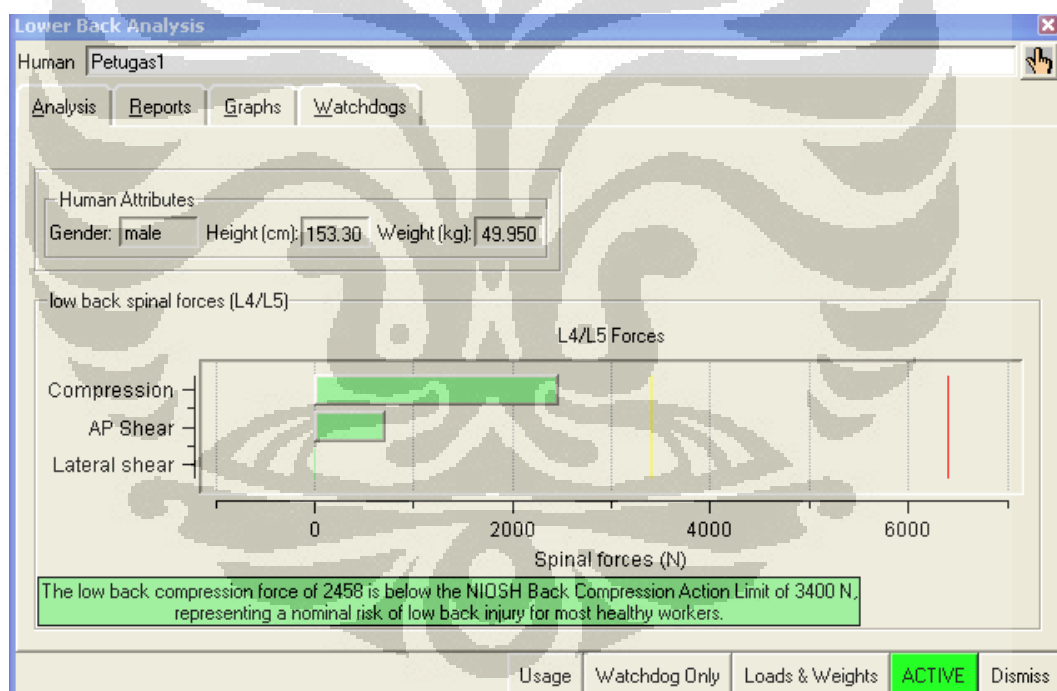
Gambar 4.2 Model Manekin dengan Persentil 95

1.1.1 *Low Back Analysis* (LBA)

Simulasi kerja yang telah diatur di dalam *software* Jack 6.1, dilakukan pada dua model manekin dengan data antropometri yang berbeda sesuai dengan

persentil data yang telah didapatkan sebelumnya, yakni persentil 5 dan persentil 95 serta pada berbagai kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya (lihat kembali Tabel 3.5). Aktivitas manekin pada simulasi kerja ini sendiri meliputi proses pengangkatan tubuh pasien yang berada di atas LSB kemudian menemukannya ke atas *stretcher*.

Kemudian, simulasi dijalankan secara *real time* untuk mencari titik ekstrim postur kerja yang memberikan skor paling tinggi pada analisis LBA ini. Skor yang tinggi menandakan kondisi yang semakin tidak ergonomis atau beresiko terhadap gangguan *musculoskeletal disorders*. Saat simulasi dilakukan, kecepatannya diperlambat untuk mempermudah pencarian titik puncak (*peak*) yang terjadi pada manekin. Hasil analisis LBA untuk salah satu kondisi ditunjukkan oleh Gambar 4.3 berikut.

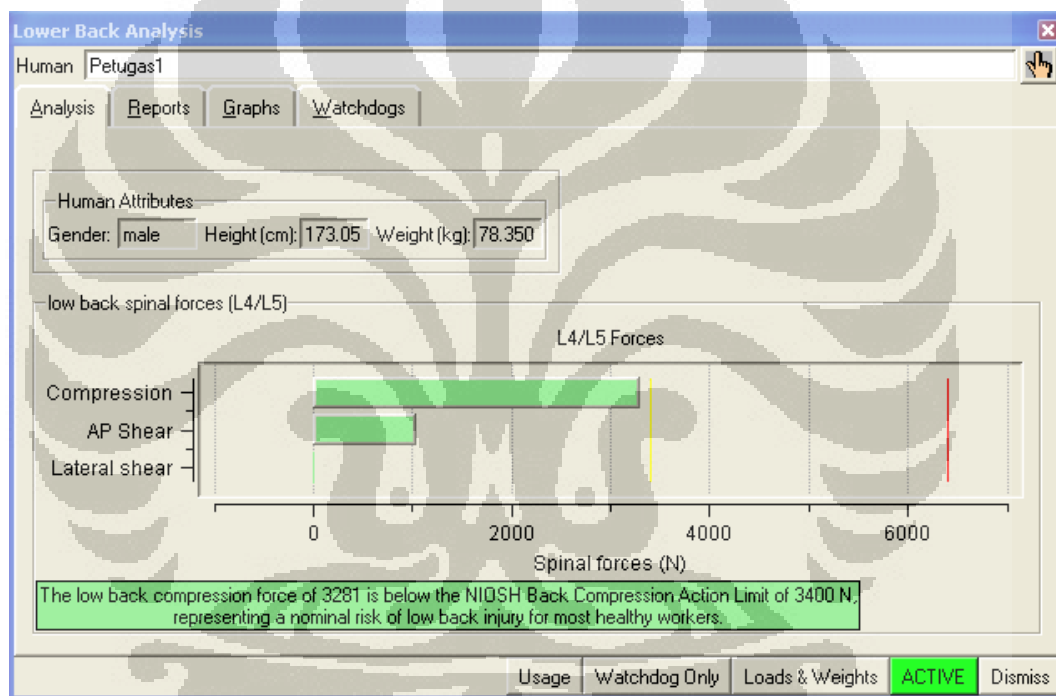


Gambar 4.3 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #1

Gambar di atas menunjukkan analisis LBA untuk salah satu kondisi, yakni model manekin dengan data antropometri persentil 5 dengan besar massa pasien yang diangkat sebesar 40 kg. Seperti yang terlihat di gambar, tekanan yang terjadi pada punggung bawah (lower back) adalah sebesar 2458 N. Tekanan ini muncul disebabkan (flexion) ke depan ketika manekin membungkuk untuk mengangkat

pasien yang berada di atas LSB. Gerakan membungkuk tersebut menyebabkan timbulnya tekanan pada bagian punggung, terutama pada L4-L5 (lumbar disk) dari ruas-ruas spinal tulang belakang. Namun untuk kondisi ini, tekanan kompresi yang terjadi masih berada di bawah batas aman yang ditetapkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) yang dapat diterima yakni sebesar 3400. Ini berarti pada kondisi ini, tidak atau belum terdapat resiko terjadinya *Low Back Pain* pada manekin yang disimulasikan.

Untuk kondisi lain yang juga disimulasikan, hasil analisis LBA-nya adalah sebagai berikut.



Gambar 4.4 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #9

Gambar di atas menunjukkan analisis LBA untuk kondisi model manekin dengan data antropometri persentil 95 dengan besar massa pasien yang diangkat sebesar 40 kg. Seperti yang terlihat di gambar, tekanan yang terjadi pada punggung bawah (lower back) adalah sebesar 3281 N. Tekanan kompresi ini juga masih di bawah batas aman yang telah ditetapkan oleh NIOSH.

Jika diperhatikan dengan seksama, *compression force* yang terjadi pada punggung bawah (*lower back*) pada kedua persentil adalah berbeda. Manekin

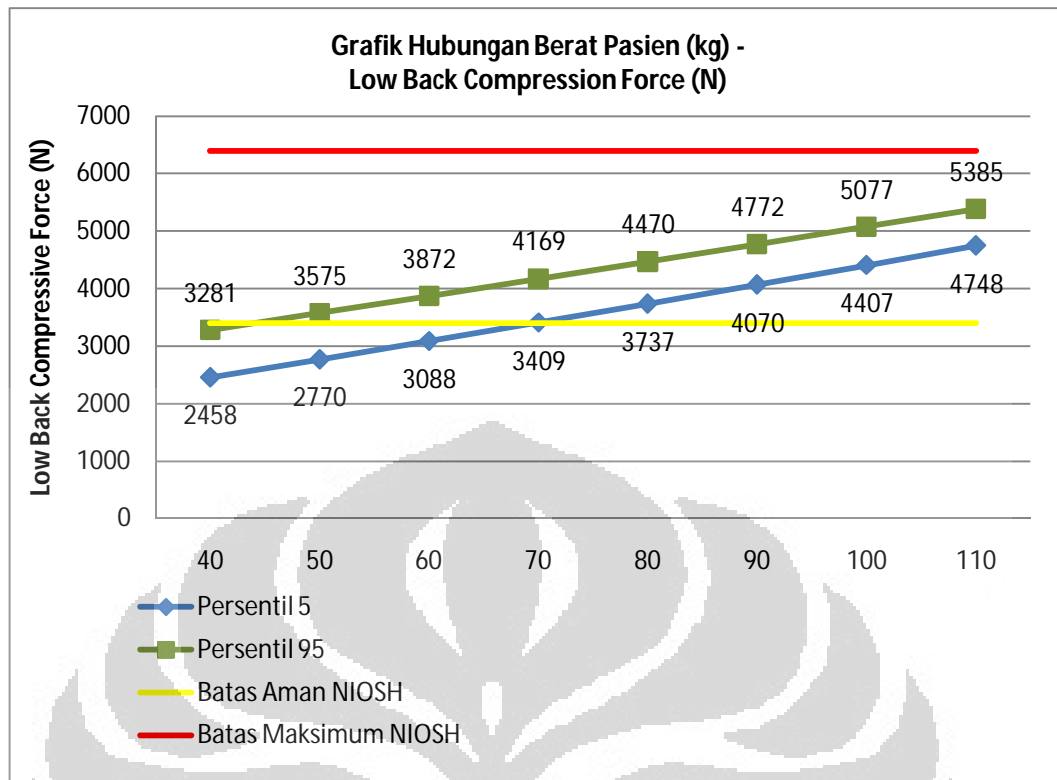
persentil 5 memiliki kecenderungan untuk mendapat *compression force* lebih kecil daripada manekin persentil 95. Hal ini disebabkan untuk pasien dengan berat yang sama, manekin persentil 95 lebih membungkuk ke depan saat pengangkatan pasien yang berada di atas LSB untuk dinaikkan ke atas *stretcher* daripada manekin persentil 5.

Setelah simulasi untuk semua kondisi dijalankan dan dianalisis secara LBA, hasilnya kemudian direkapitulasi seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil Rekapitulasi Analisis LBA Semua Kondisi

Berat Pasien (kg)	Low Back Compression Force (N)	
	Persentil 5	Persentil 95
40	2458	3281
50	2770	3575
60	3088	3872
70	3409	4169
80	3737	4470
90	4070	4772
100	4407	5077
110	4748	5385

Dari tabel di atas, kita dapat melihat secara umum bahwa *low back compression force* yang terjadi pada manekin persentil 5 jauh lebih kecil daripada manekin persentil 95. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 Grafik Garis dari Hasil Rekapitulasi Analisis LBA

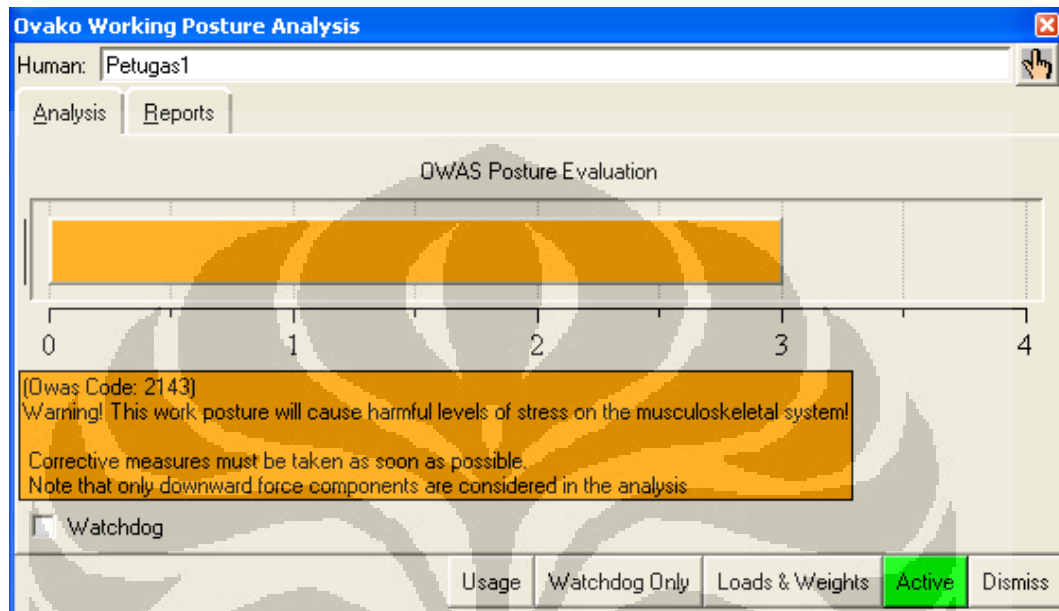
Dari grafik garis (line chart) di atas, terlihat jelas perbedaan *low back compression force* yang diterima manekin persentil 5 dan manekin persentil 95 secara keseluruhan, dimana manekin persentil 5 mendapat *compression force* yang lebih rendah daripada manekin persentil 95. Selain itu kita juga dapat melihat bahwa, untuk model manekin persentil 5, resiko akan terkenanya gangguan *low back pain* terjadi saat manekin mengangkat pasien dengan berat sekitar 70 kg, dimana pada saat itu *low back compression force* yang terjadi adalah sebesar 3409 N. Angka ini berada sedikit di atas batas aman dari NIOSH, yaitu 3400 N. Sedangkan untuk manekin persentil 95, resiko terkenanya gangguan *low back pain* sudah muncul saat pasien memiliki berat di antara 40 dan 50 kg.

1.1.2 Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)

Analisis berikutnya yang akan dibahas adalah kode OWAS, yang menunjukkan tingkat kenyamanan dari postur manekin. Kode OWAS terdiri dari 4 digit angka dimana angka pertama hingga keempat berturut-turut menunjukkan:

kualitas postur batang tubuh; kualitas postur lengan; kualitas postur tubuh bagian bawah; dan kualitas postur leher dan kepala.

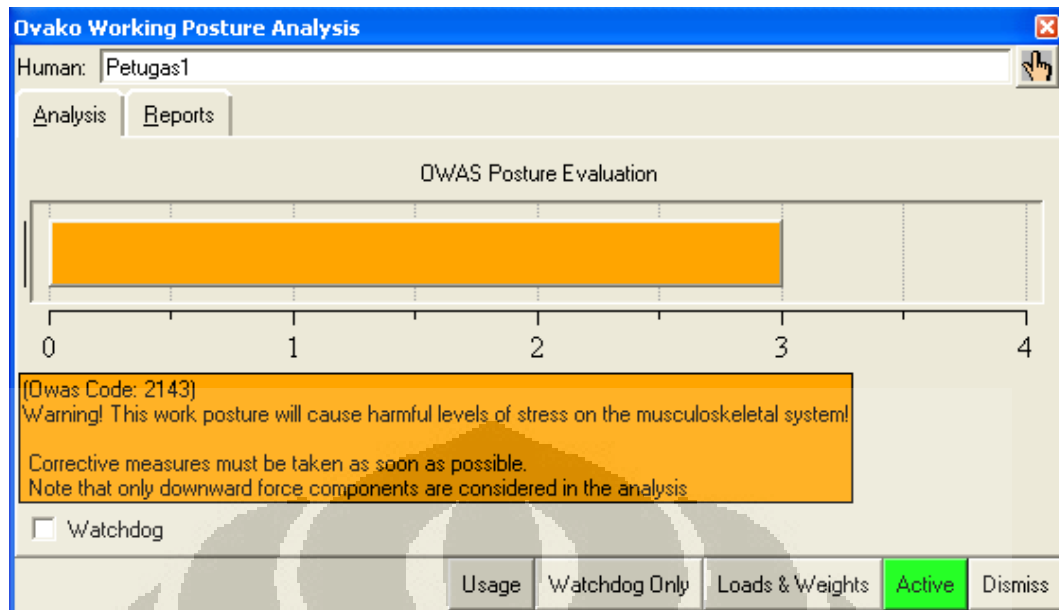
Untuk kondisi manekin dengan persentil 5, hasil analisis OWAS-nya adalah sebagai berikut.



Gambar 4.6 Hasil Analisis OWAS untuk Kondisi Simulasi #2

Dari gambar di atas, terlihat bahwa kode OWAS yang diperoleh untuk manekin adalah 2143. Ini memberikan nilai evaluasi akhir 3, yang berarti perlu dilakukan tindakan korektif terhadap sistem kerja sesegera mungkin, karena dinilai berbahaya bagi kesehatan (*recognized harmful effect on wealth*). Secara lebih detail, penjelasan dari kode OWAS (2143) dari kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Untuk kondisi manekin dengan persentil 95, hasil analisis OWAS-nya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.7 Hasil Analisis OWAS untuk Kondisi Simulasi #10

Dari gambar di atas, terlihat bahwa kode OWAS yang diperoleh untuk kondisi persentil 95 tidak berbeda dengan untuk manekin persentil 5, yaitu 2143. Dengan demikian nilai evaluasi akhirnya adalah 3, yang berarti perlu dilakukan tindakan korektif terhadap sistem kerja sesegera mungkin, karena dinilai berbahaya bagi kesehatan (recognized harmful effect on wealth). Secara lebih detail, penjelasan dari kode OWAS (2143) dari kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Seperti telah dikemukakan sebelumnya, nilai evaluasi akhir OWAS yang didapatkan oleh manekin kedua persentil sama, yakni 3, yang menandakan bahwa kondisi ini berbahaya dan perlu dilakukan tindakan korektif sesegera mungkin. Hal ini terjadi lebih disebabkan oleh postur tubuh dari kedua persentil yang tidak jauh berbeda, yaitu sama-sama membungkuk ke depan. Sedangkan faktor berat dari pasien tidak terlihat memberikan pengaruh yang signifikan, karena OWAS hanya digunakan sebagian besar untuk menganalisis postur kerja dari pekerja.

Setelah simulasi untuk semua kondisi dijalankan dan diidentifikasi kode serta nilai evaluasi akhir dari OWAS, hasilnya kemudian direkapitulasi seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Hasil Rekapitulasi Analisis OWAS Semua Kondisi

Berat Pasien (kg)	OWAS			
	Persentil 5		Persentil 95	
	Kode	Nilai	Kode	Nilai
40	2142	3	2142	3
50	2143	3	2143	3
60	2143	3	2143	3
70	2143	3	2143	3
80	2143	3	2143	3
90	2143	3	2143	3
100	2143	3	2143	3
110	2143	3	2143	3

Dari tabel di atas, kita dapat melihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang berarti diantara kondisi manekin persentil 5 dengan manekin persentil 95. Ini dikarenakan baik manekin persentil 5 maupun manekin persentil 95 sama-sama membungkuk. Walaupun tingginya berbeda, namun tidak terdapat perbedaan yang besar ketika kedua manekin tersebut membungkuk. Satu-satunya perbedaan yang terlihat adalah pada kondisi simulasi dimana berat pasien adalah sebesar 40 kg (kondisi #1 dan #9). Kondisi ini menghasilkan kode OWAS yaitu 2142, berbeda dengan kondisi yang lainnya yang menghasilkan kode OWAS 2143. Perbedaan pada digit kode OWAS yang terakhir terjadi karena angka 2 pada digit terakhir kode OWAS yang pertama menunjukkan bahwa kondisi itu termasuk dalam kategori 2, yaitu beban yang diterima oleh manekin berada pada range 10 – 20 kg. Karena pada saat pengangkatan pasien membutuhkan 2 manekin, maka masing-masing manekin menerima beban sebesar setengah dari berat pasien (sebesar 20 kg). Sedangkan untuk kondisi yang lainnya, berat pasien yang ditanggung oleh masing-masing manekin telah melebihi 20 kg, sehingga ini masuk pada kategori 3 yakni beban yang diterima adalah di atas 20 kg.

1.2 Perbaikan (*Improvement*)

Pada titik ini, peneliti telah menyelesaikan tahap analisis dari kondisi kerja dari petugas paramedis ambulans. Ini ditandai dengan beberapa analisis ergonomi terhadap kondisi kerja tersebut, yaitu LBA dan OWAS. Analisis ini dilakukan

setelah sebelumnya peneliti mensimulasikan suatu model biomekanis manusia (manekin) ke dalam suatu lingkungan virtual (*virtual environment*).

Tahap selanjutnya adalah melakukan suatu *improvement* terhadap sistem yang sedang diteliti. Dengan berdasarkan literatur yang telah ada sebelumnya, peneliti melakukan perbaikan terhadap model kerja dari manekin. Hasil implementasi dari perbaikan ini kemudian kembali dianalisis dengan LBA dan OWAS serta pada bagian akhir akan dibandingkan untuk melihat signifikansi dari perbaikan.

1.2.1 Pelaksanaan Perbaikan

Didasari pada berbagai literatur-literatur ilmiah, peneliti mencoba melakukan suatu perbaikan terhadap kondisi kerja dari manekin. Salah satu dari literatur tersebut adalah *proper lifting techniques* (untuk penjelasan yang lebih lengkap, silahkan baca kembali Sub Bab 2.1.4 di halaman 13).

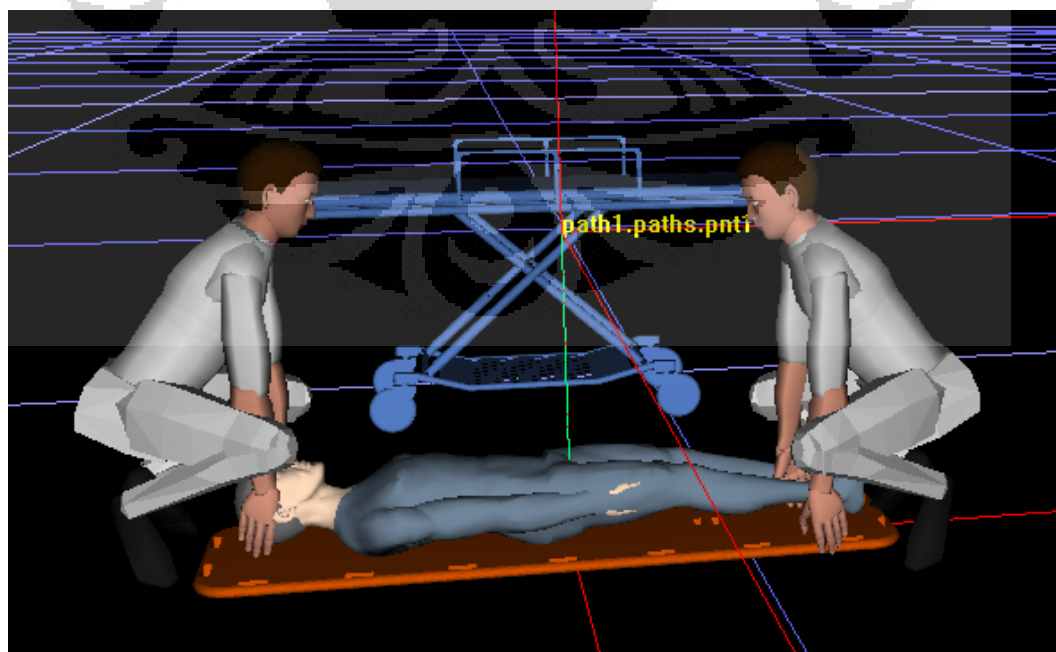
Peneliti memilih ini sebagai dasar perbaikan terhadap sistem yang diteliti, mengingat situasi kerja sebenarnya dari paramedis ambulans yang darurat dan dilakukan dengan cepat. Seyogianya, usulan perbaikan mestilah yang bisa memenuhi dua keadaan tersebut, agar tidak merugikan atau membahayakan keadaan pasien. Namun, karena teknologi dan peralatan yang ada saat ini tidak memungkinkan untuk mengangkat pasien tersebut dengan aman dan dalam waktu pengaturan (*setup time*) yang singkat, maka peneliti lebih menekankan pada perbaikan teknik dari pengangkatan pasien yang dilakukan oleh petugas paramedis, sehingga resiko terjadinya *low back pain* dapat dikurangi.

Prinsip umum dari *proper lifting techniques* adalah menjaga agar tulang belakang (*spine*) tetap lurus dengan tulang ekor pada saat proses pengangkatan suatu benda yang memiliki berat cukup besar. Ini dilakukan dengan cara menjadikan otot paha sebagai tumpuan ketika melakukan pengangkatan, dan bukan dengan menggunakan bagian punggung atau membungkuk (lihat gambar 4.8).



Gambar 4.8 Cara Mengangkat dengan Bertumpu pada Otot Paha

Dengan menerapkan prinsip proper lifting techniques di atas, peneliti mencoba menerapkannya pada model manekin yang telah ada sebelumnya dengan menggunakan *software* Jack 6.1. Proses pengerjaannya mirip dengan langkah pengaturan postur tubuh seperti telah dijelaskan pada Bab 3 sebelumnya. Hasil dari pengaturan postur tersebut adalah seperti gambar berikut.



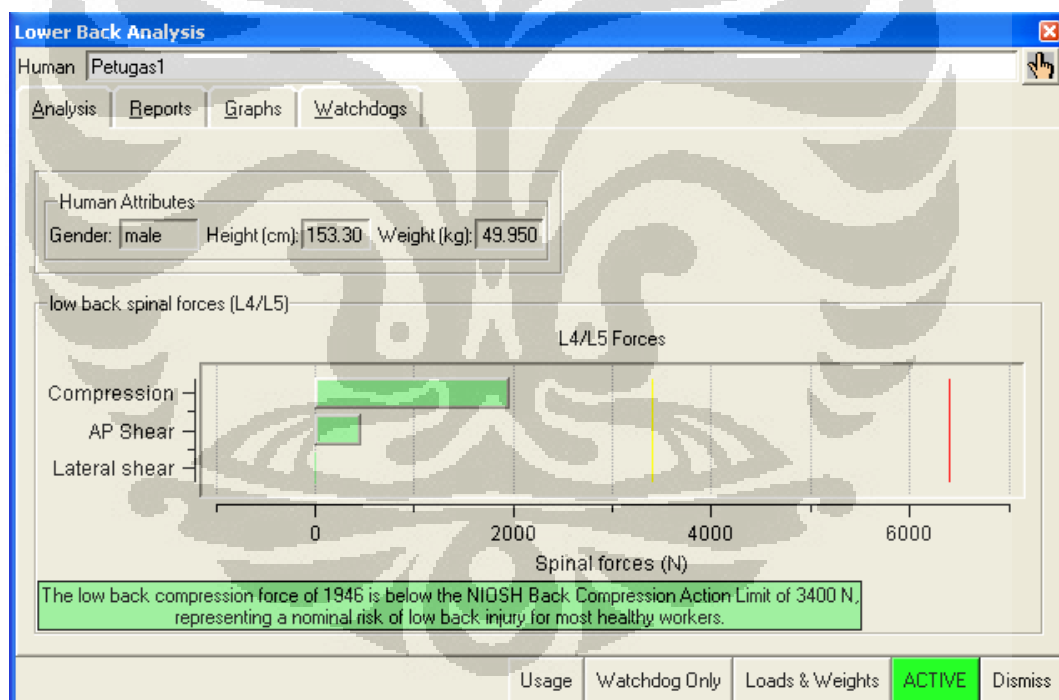
Gambar 4.9 Model Manekin yang Memakai Prinsip *Proper Lifting Techniques*

Terlihat pada gambar di atas perbedaan postur manekin dengan yang sebelumnya (Gambar 4.1 dan Gambar 4.2), terutama pada bagian punggung yang kini menjadi lurus dengan tulang ekor.

1.2.2 Analisis Hasil Perbaikan

Setelah model perbaikan selesai dibuat dan keseluruhan kondisi dijalankan, hasilnya kemudian kembali dianalisis menggunakan fitur-fitur analisis yang terdapat di dalam *Software Jack 6.1*, yaitu LBA dan OWAS.

Seperti langkah sebelumnya, analisis pertama yang digunakan adalah LBA. Gambar berikut ini menunjukkan analisis LBA dari salah satu kondisi manekin yang telah mengalami perbaikan (manekin persentil 5 dan berat pasien 40 kg).

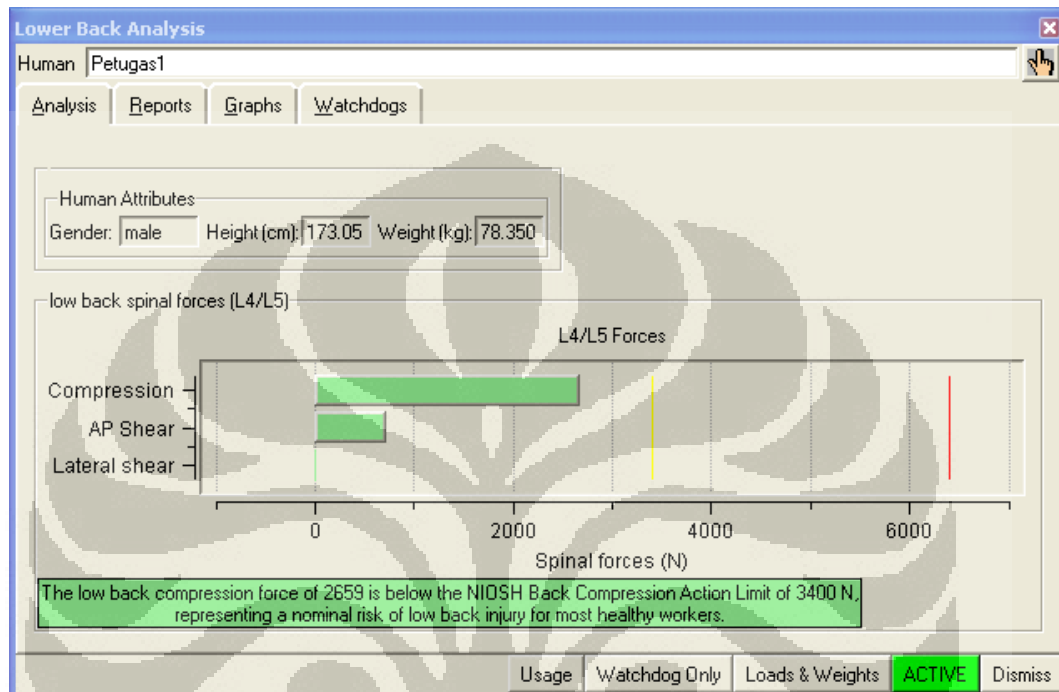


Gambar 4.10 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #1 setelah Perbaikan

Terlihat di gambar, tekanan yang terjadi pada punggung bawah (lower back) adalah sebesar 1946 N. Jika dibandingkan dengan manekin dengan kondisi yang sama sebelum perbaikan, *compressive force* yang terjadi mengalami penurunan, yaitu dari 2458 N menjadi 1946 N. Dengan demikian resiko terjadinya

low back pain untuk kondisi ini semakin berkurang karena angka ini semakin menjauhi batas aman yang ditetapkan NIOSH, yaitu 3400 N.

Untuk kondisi manekin persentil 95 dengan berat pasien 40 kg (kondisi #9), setelah mengalami perbaikan, hasil analisis LBA-nya adalah sebagai berikut.



Gambar 4.11 Hasil Analisis LBA untuk Kondisi Simulasi #9 setelah Perbaikan

Terlihat di gambar, tekanan yang terjadi pada punggung bawah (*lower back*) adalah sebesar 2659 N. Jika dibandingkan dengan manekin dengan kondisi yang sama sebelum perbaikan, *compressive force* yang terjadi mengalami penurunan, yaitu dari 3281 N menjadi 2659 N. Dengan demikian resiko terjadinya *low back pain* untuk kondisi ini semakin berkurang karena angka ini menjauhi batas aman yang ditetapkan NIOSH, yaitu 3400 N.

Jika diperhatikan dengan seksama, *compression force* yang terjadi pada punggung bawah (*lower back*) pada kedua persentil tetap berbeda. Manekin persentil 5 tetap memiliki kecenderungan untuk mendapat *compression force* yang lebih kecil daripada manekin persentil 95. Hal ini disebabkan untuk pasien dengan berat yang sama, manekin dengan persentil 95 lebih condong ke depan (walaupun tidak membungkuk) saat pengangkatan pasien yang berada di atas LSB untuk

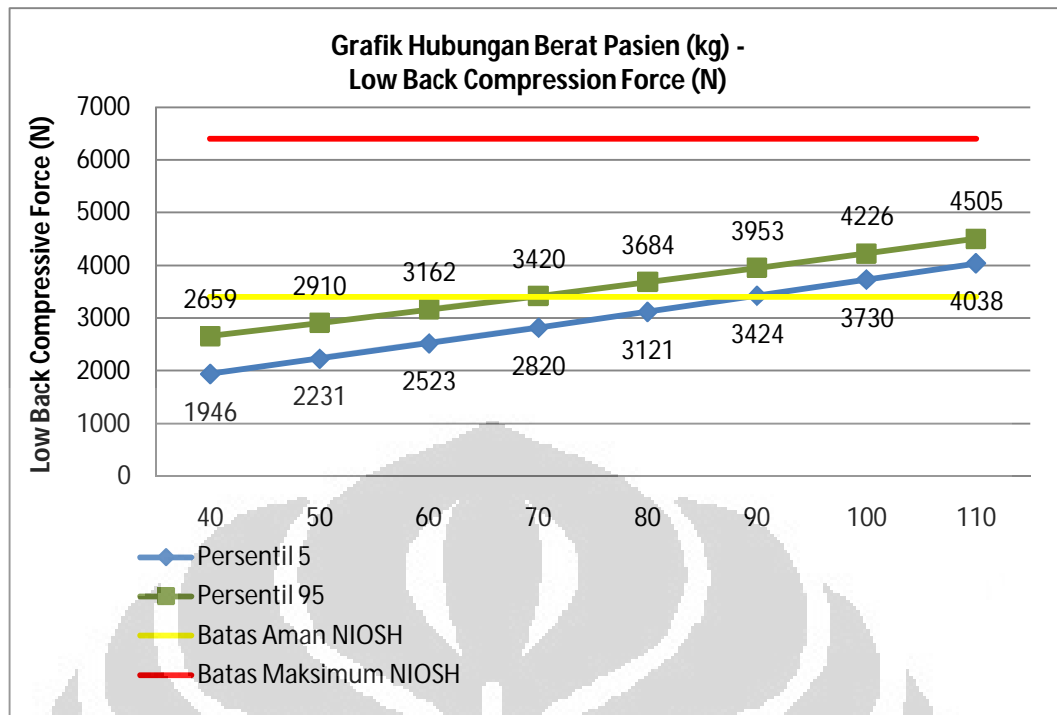
dinaikkan ke atas *stretcher* daripada manekin dengan persentil 5. Ini menyebabkan perbedaan kemiringan beberapa derajat antara dua manekin dengan persentil yang berbeda tersebut.

Setelah simulasi untuk semua kondisi dijalankan dan dianalisis secara LBA, hasilnya kemudian direkapitulasi seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Hasil Rekapitulasi Analisis LBA Semua Kondisi setelah Perbaikan

Berat Pasien (kg)	Low Back Compression Force (N)	
	Persentil 5	Persentil 95
40	1946	2659
50	2231	2910
60	2523	3162
70	2820	3420
80	3121	3684
90	3424	3953
100	3730	4226
110	4038	4505

Dari tabel di atas, kita dapat melihat secara umum bahwa *low back compression force* yang terjadi pada manekin persentil 5 tetap jauh di bawah yang terjadi pada manekin persentil 95. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12 Grafik Garis dari Hasil Rekapitulasi Analisis LBA setelah Perbaikan

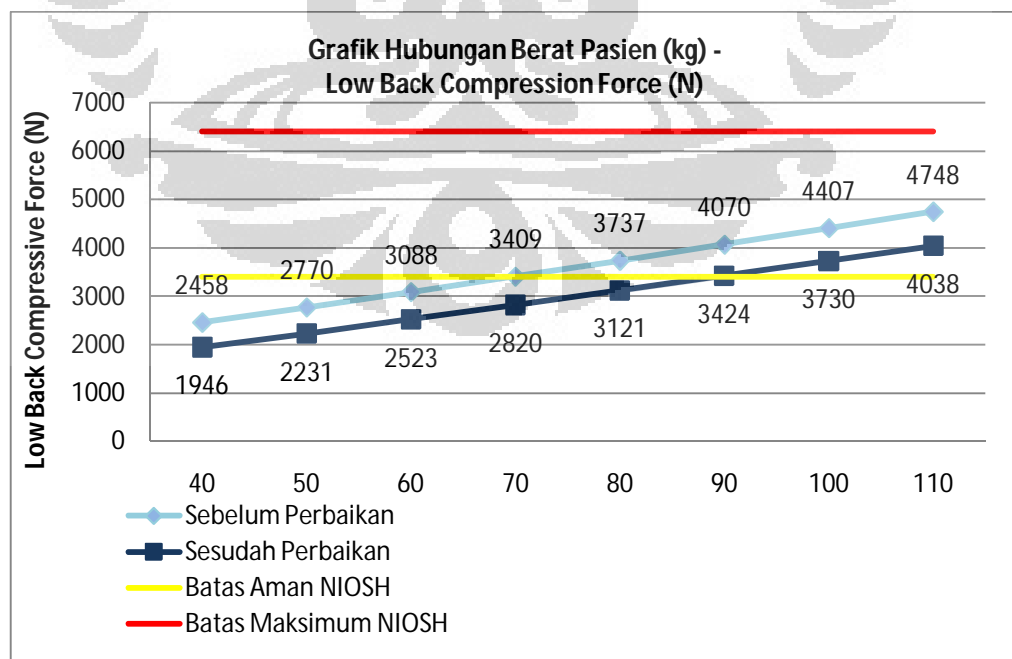
Dari grafik garis (line chart) di atas, masih terlihat jelas perbedaan low back compression force yang diterima manekin persentil 5 dan manekin persentil 95 secara keseluruhan, dimana manekin persentil 5 mendapat compression force yang lebih rendah daripada manekin persentil 95. Selain itu kita juga dapat melihat bahwa, untuk model manekin persentil 5, resiko akan terkenanya gangguan low back pain terjadi saat manekin mengangkat pasien dengan berat sekitar 90 kg, dimana pada saat itu low back compression force yang terjadi adalah sebesar 3424 N. Angka ini berada sedikit di atas batas aman dari NIOSH, yaitu 3400 N. Jika dibandingkan dengan sebelum mengalami perbaikan, manekin setelah perbaikan dapat mengangkat sekitar 20 kg lebih berat sebelum akhirnya beresiko terkena *low back pain*. Sedangkan untuk manekin persentil 95, resiko terkenanya gangguan *low back pain* baru muncul saat pasien memiliki berat sekitar 70 kg. Angka ini sekitar 25 kg lebih berat daripada beban yang dapat ditanggung manekin persentil 95 saat resiko tersebut muncul.

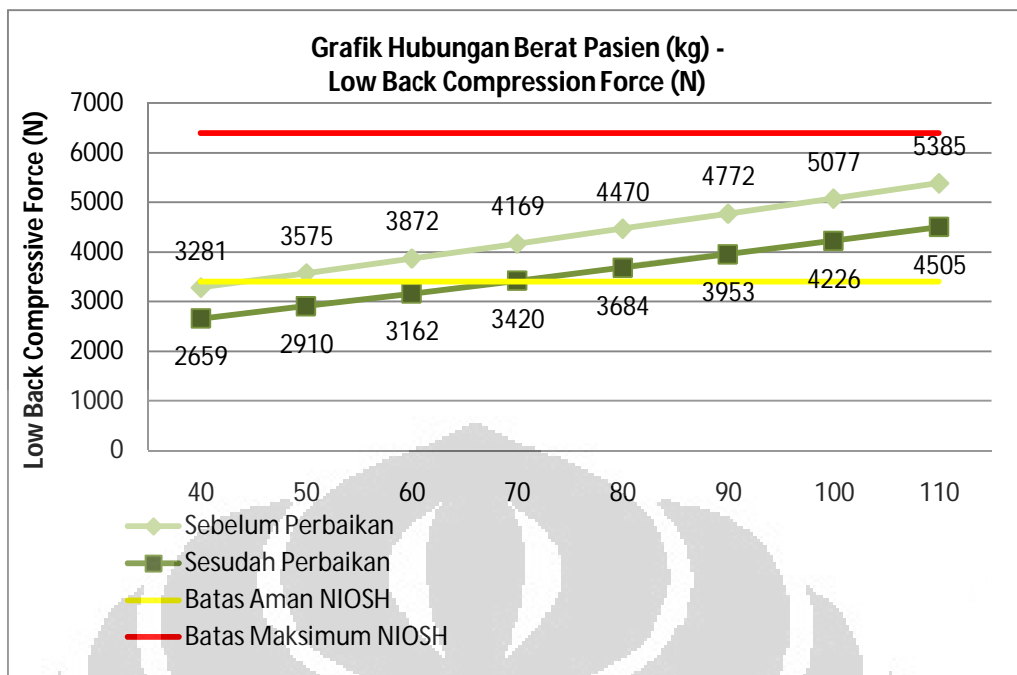
Tabel 4.4 Rekapitulasi Analisis LBA Sebelum-Sesudah Perbaikan

Berat Pasien (kg)	Low Back Compression Force Sebelum Perbaikan (N)		Low Back Compression Force Setelah Perbaikan (N)		Selisih (Penurunan Compression Force)	
	Persentil 5	Persentil 95	Persentil 5	Persentil 95	Persentil 5	Persentil 95
40	2458	3281	1946	2659	512	622
50	2770	3575	2231	2910	539	665
60	3088	3872	2523	3162	565	710
70	3409	4169	2820	3420	589	749
80	3737	4470	3121	3684	616	786
90	4070	4772	3424	3953	646	819
100	4407	5077	3730	4226	677	851
110	4748	5385	4038	4505	710	880

Dari tabel di atas, terlihat bahwa untuk semua kondisi baik dari persentil manekin maupun berat dari pasien, terdapat penurunan *compressive force* yang cukup besar pada bagian punggung dari model manekin dari petugas paramedis setelah mengalami perbaikan. Untuk manekin dengan persentil 5 rata-rata mengalami penurunan *compressive force* sebesar 606,75 N. Sedangkan untuk manekin dengan persentil 95 rata-rata mengalami penurunan sebesar 760,25 N.

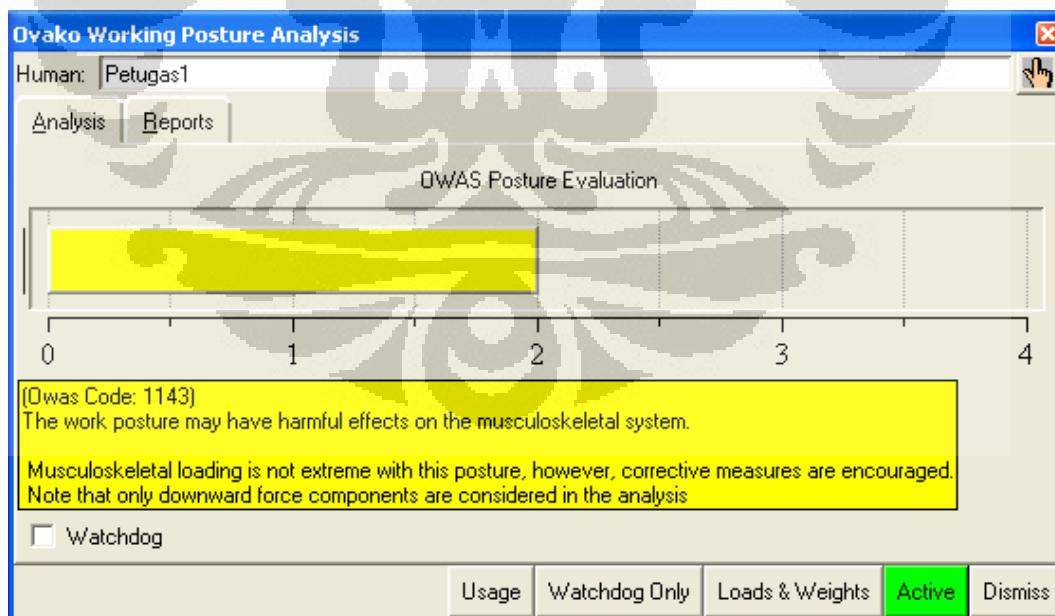
Untuk lebih jelasnya, berikut ini adalah grafik perbandingan kondisi sebelum dan sesudah mengalami perbaikan.

**Gambar 4.13** Perbandingan Sebelum-Sesudah Perbaikan Persentil 5



Gambar 4.14 Perbandingan Sebelum-Sesudah Perbaikan Persentil 95

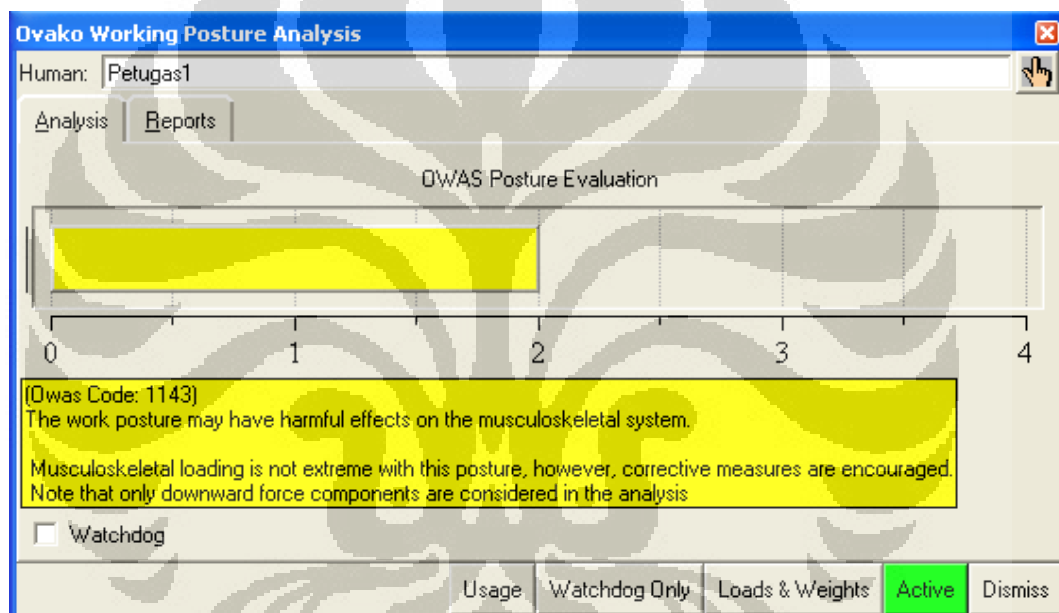
Analisis selanjutnya adalah analisis OWAS. Gambar berikut ini adalah tampilan hasil analisis OWAS dari model persentil 5 dengan berat pasien 40 kg.



Gambar 4.15 Hasil Analisis OWAS Kondisi Simulasi #2
setelah Perbaikan

Dari gambar di atas, terlihat bahwa kode OWAS yang diperoleh untuk manekin adalah 1143. Ini memberikan nilai evaluasi akhir 2, yang berarti postur kerja yang ada mungkin beresiko terhadap gangguan musculoskeletal disorders (namun tidak setinggi resiko pada nilai 3), dan tindakan korektif terhadap sistem kerja mungkin akan diperlukan, walaupun tidak *urgent* untuk dilakukan. Secara lebih detail, penjelasan dari kode OWAS (1143) dari kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Untuk kondisi manekin dengan persentil 95, hasil analisis OWAS-nya adalah sebagai berikut:



Gambar 4.16 Hasil Analisis OWAS untuk Kondisi Simulasi #10 setelah Perbaikan

Dari gambar di atas, terlihat bahwa kode OWAS yang diperoleh untuk kondisi persentil 95 tidak berbeda dengan untuk manekin persentil 5, yaitu 1143. Dengan demikian nilai evaluasi akhirnya adalah 2, yang berarti postur kerja yang ada mungkin beresiko terhadap gangguan musculoskeletal disorders dan tindakan korektif terhadap sistem kerja mungkin akan diperlukan, walaupun tidak *urgent* untuk dilakukan. Secara lebih detail, penjelasan dari kode OWAS (1143) dari kondisi ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Setelah simulasi untuk semua kondisi setelah mengalami perbaikan dijalankan serta diidentifikasi kode serta nilai evaluasi akhir dari OWAS, hasilnya kemudian direkapitulasi seperti terlihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Hasil Rekapitulasi Analisis OWAS Semua Kondisi setelah Perbaikan

Berat Pasien (kg)	OWAS			
	Persentil 5		Persentil 95	
	Kode	Nilai	Kode	Nilai
40	1142	2	1142	2
50	1143	2	1143	2
60	1143	2	1143	2
70	1143	2	1143	2
80	1143	2	1143	2
90	1143	2	1143	2
100	1143	2	1143	2
110	1143	2	1143	2

Dari tabel di atas, kita dapat melihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang berarti diantara kondisi manekin persentil 5 dengan manekin persentil 95 setelah mengalami perbaikan. Ini dikarenakan baik manekin persentil 5 maupun manekin persentil 95 sama-sama membungkuk. Walaupun tingginya berbeda, namun tidak terdapat perbedaan yang besar ketika kedua manekin tersebut membungkuk. Satu-satunya perbedaan yang terlihat adalah pada kondisi simulasi dimana berat pasien adalah sebesar 40 kg (kondisi #1 dan #9). Kondisi ini menghasilkan kode OWAS yaitu 1142, berbeda dengan kondisi yang lainnya yang menghasilkan kode OWAS 1143. Perbedaan pada digit kode OWAS yang terakhir terjadi karena angka 2 pada digit terakhir kode OWAS yang pertama menunjukkan bahwa kondisi itu termasuk dalam kategori 2, yaitu beban yang diterima oleh manekin berada pada range 10 – 20 kg. Karena pada saat pengangkatan pasien membutuhkan 2 manekin, maka masing-masing manekin menerima beban sebesar setengah dari berat pasien (sebesar 20 kg). Sedangkan untuk kondisi yang lainnya, berat pasien yang ditanggung oleh masing-masing manekin telah melebihi 20 kg, sehingga ini masuk pada kategori 3 yakni beban yang diterima adalah di atas 20 kg.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Nilai Akhir OWAS Sebelum-Sesudah Perbaikan

Berat Pasien (kg)	OWAS			
	Sebelum Perbaikan		Sesudah Perbaikan	
	Persentil 5	Persentil 95	Persentil 5	Persentil 95
40	3	3	2	2
50	3	3	2	2
60	3	3	2	2
70	3	3	2	2
80	3	3	2	2
90	3	3	2	2
100	3	3	2	2
110	3	3	2	2

Hasil rekapitulasi dari nilai akhir OWAS sebelum dan sesudah manekin mengalami perbaikan di atas menunjukkan bahwa keadaan dari postur manekin setelah perbaikan dilakukan menjadi semakin aman, atau dengan kata lain, resiko terjadinya gangguan *musculoskeletal disorders* semakin berkurang. Ini ditandai dengan berubahnya nilai akhir OWAS dari 3 menjadi 2. Peneliti menyimpulkan yang menjadi penyebab utama hal ini adalah perubahan postur tulang punggung dari manekin dari keadaan sebelumnya yaitu *bent* (membungkuk) menjadi *straight* (lurus).

BAB 5

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Perbaikan (*improvement*) yang dapat digunakan untuk sistem kerja dari proses evakuasi pasien oleh petugas paramedis adalah dari segi postur kerja (*work posture*) dari personil paramedis ketika melakukan proses pengangkatan pasien ke atas *stretcher*. Teknik yang dapat digunakan adalah *proper lifting techniques* (pengangkatan yang benar).
- Setelah model mengalami perbaikan, dengan menggunakan metode analisis LBA, terlihat bahwa *low back compression force* yang terjadi pada manekin setelah mengalami perbaikan, secara rata-rata keseluruhan, jauh berkurang dibandingkan saat model belum mengalami perbaikan. Ini berlaku untuk masing-masing kondisi hasil interaksi antara variabel persentil data antropometri untuk manekin dari petugas (persentil 5 dan 95) dan variabel *trial* berat pasien yang mengalami kenaikan 10 kg dari 40 kg hingga 110 kg. Nilai *compression force* yang berkurang menandakan bahwa risiko operator mengalami *low back pain* akan semakin berkurang.
- Sedangkan dengan metode analisis OWAS, setelah model mengalami perbaikan, nilai evaluasi akhir OWAS untuk manekin setelah mengalami perbaikan, secara keseluruhan, berkurang dibandingkan saat model belum mengalami perbaikan. Ini berlaku untuk masing-masing kondisi hasil interaksi antara variabel persentil data antropometri untuk manekin dari petugas (persentil 5 dan 95) dan variabel *trial* berat pasien yang mengalami kenaikan 10 kg dari 40 kg hingga 110 kg. Nilai evaluasi akhir OWAS yang berkurang menandakan bahwa postur kerja dari operator semakin baik dan risiko gangguan *musculoskeletal* berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

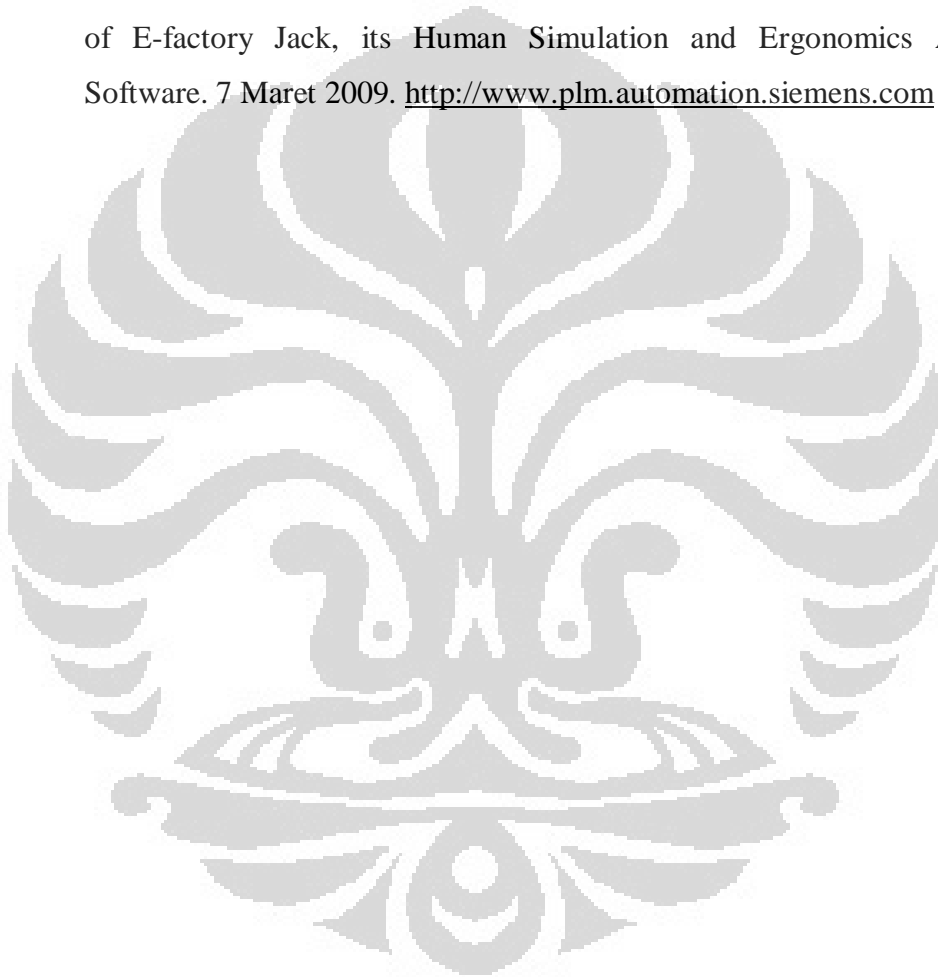
- Bridger, R.S. (2003). *Introduction to Ergonomics* (2nd ed.). New York: Taylor & Francis.
- Caputo, F., Di Gironimo, G., Marzano, A. (2006). Ergonomic Optimization of a Manufacturing System Work Cell in a Virtual Environment. *Acta Polytechnica Vol. 46 No. 5/2006*.
- Chaffin, Don, B., Johnson, Louise G., & Lawton, G. (2003). *Some Biomechanical Perspectives on Musculoskeletal Disorders: Causation and Prevention*. University of Michigan.
- Davies, Roy C. (2000). *Application of Systems Design Using Virtual Environment*. Sweden: University of Lund.
- Di Gironimo, G., Martorelli, M., Monacelli, G., Vaudo, G. (2001). Using of Virtual Mock-Up for Ergonomic Design. In: *Proceed of The 7th International Conference on "The Role of Experimentation in the Automotive Product Development Process" – ATA 2001, Florence*.
- Kalawsky, R. (1993). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company.
- Karwowski, W., Marras, W.S. (2003). *Occupational Ergonomic Principles of Work Design*. Boca Raton: CRC Press. Pg 25-1 – 26-12.
- Karwowski, Waldemar. (2001). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factor*. New York: Taylor and Francis.
- Marzano, A. (Mei 2010). Wawancara personal.
- Määttä, Timo. (2003). *Virtual Environments in Machinery Safety Analysis*. Finland: VTT Publications.
- NIOSH. (1998). *NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110*.
- Sanders, Mark and Ernest McCormick. (1993). *Human Factors in Engineering and Design 7th Edition*. New York: McGraw-Hill, Inc.

Setiawan, Andri D dan Yugi Sukriana. *Urban Decay in Kente – Dealing with Capacity and Distribution of Opportunity*.

Stanton, N., et al. (2000). *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. CRC Press LLC.

Suma'mur, P.K. (1982). *Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja*. Jakarta: Yayasan Swabhawa Karya.

UGS The PLM Company, E-Factory JACK. (2004). UGS Launches New Version of E-factory Jack, its Human Simulation and Ergonomics Analysis Software. 7 Maret 2009. <http://www.plm.automation.siemens.com>

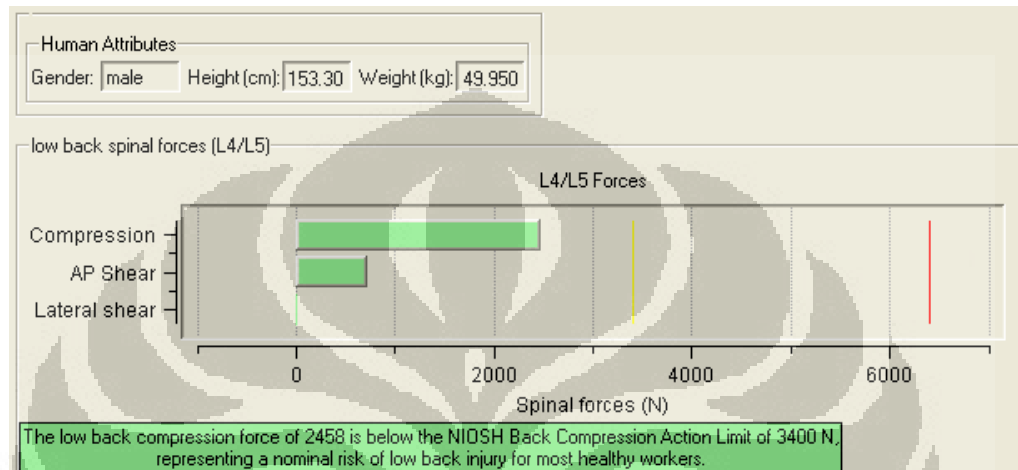


LAMPIRAN

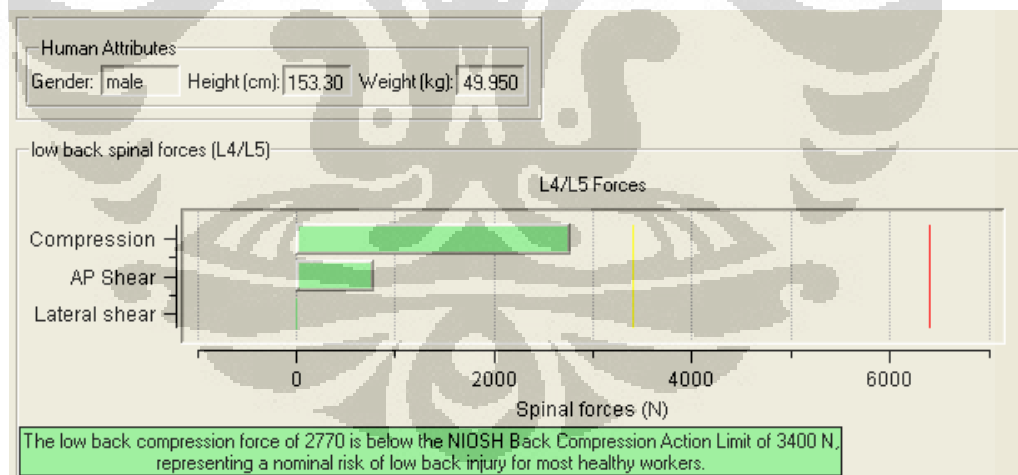
Lampiran 1: Hasil Analisis LBA Software Jack 6.1

Sebelum Perbaikan

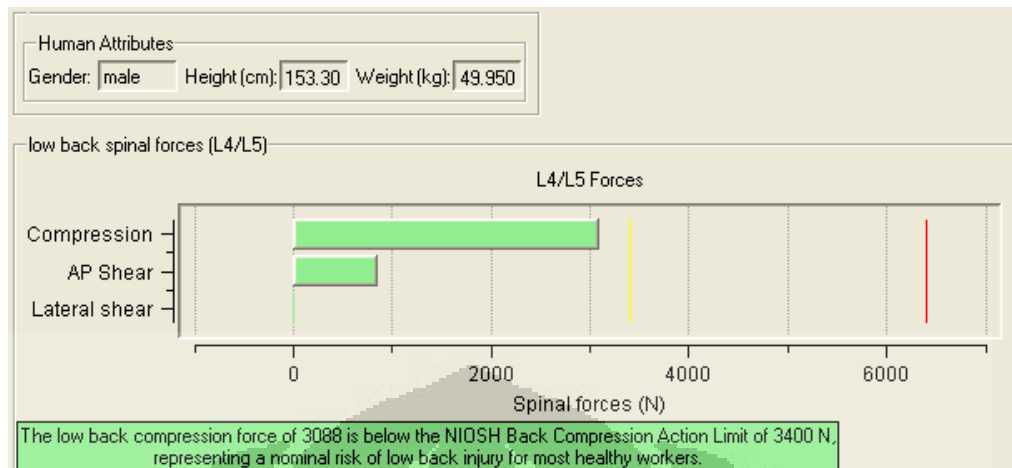
Kondisi #1: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 40 kg



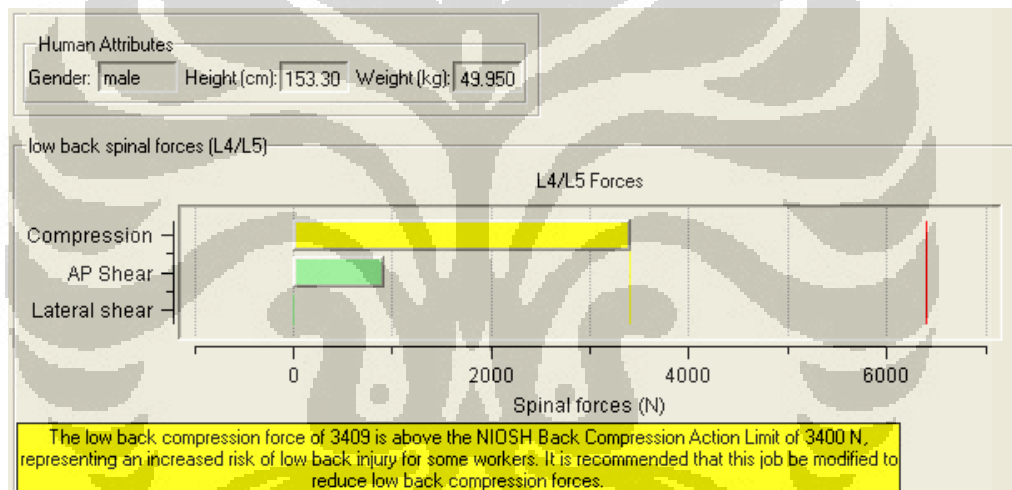
Kondisi #2: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 50 kg



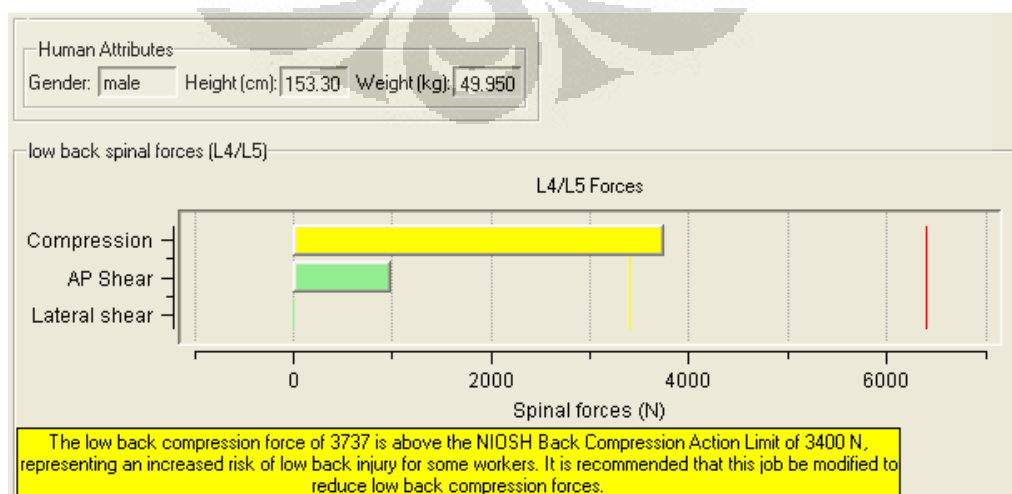
Kondisi #3: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 60 kg



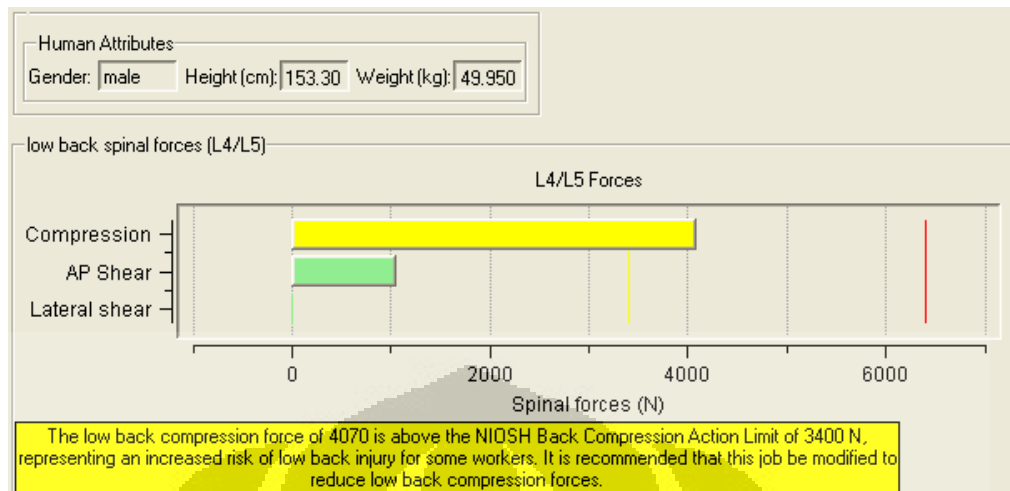
Kondisi #4: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 70 kg



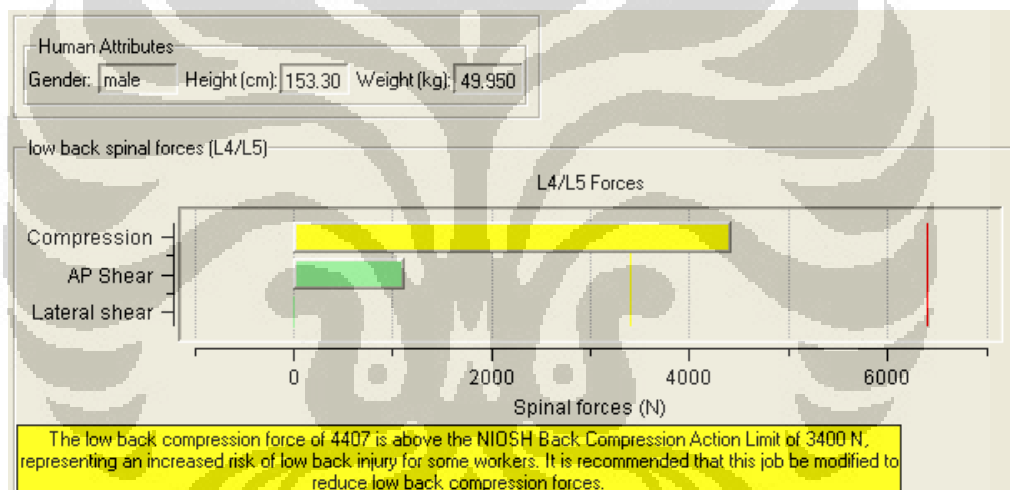
Kondisi #5: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 80 kg



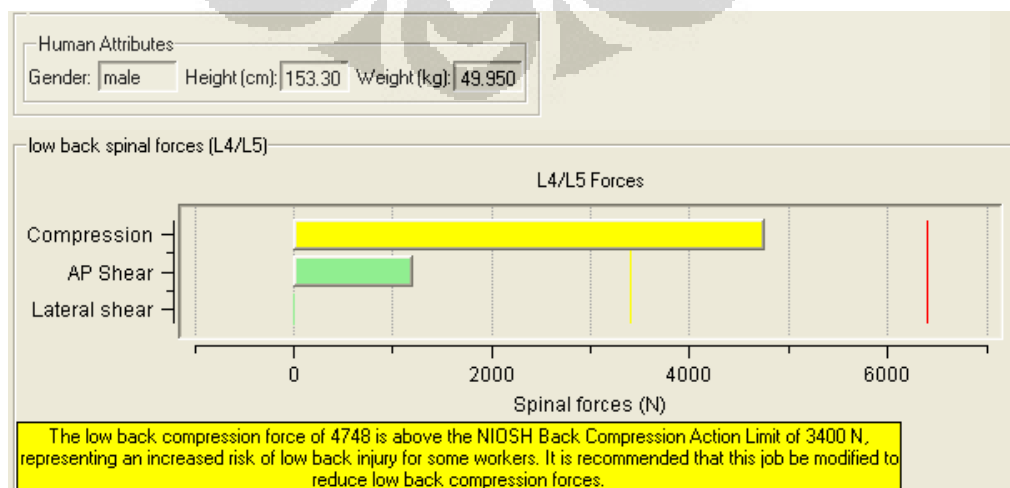
Kondisi #6: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 90 kg



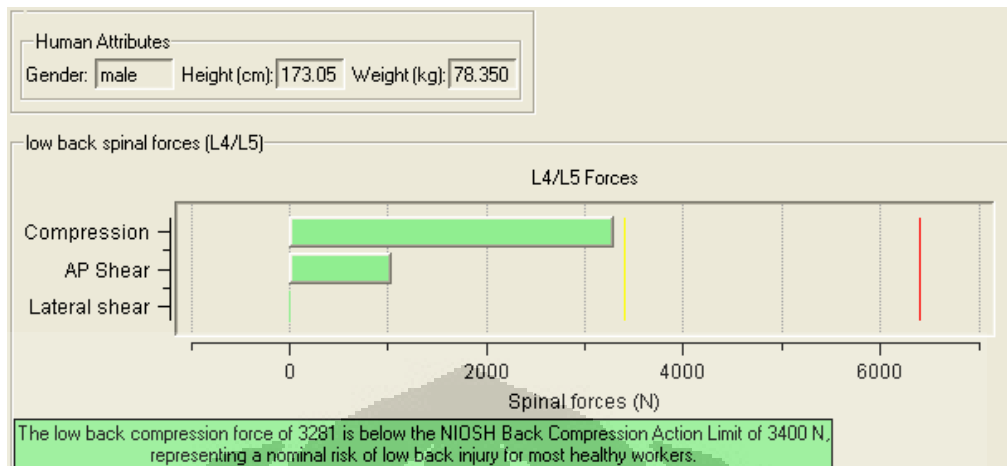
Kondisi #7: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 100 kg



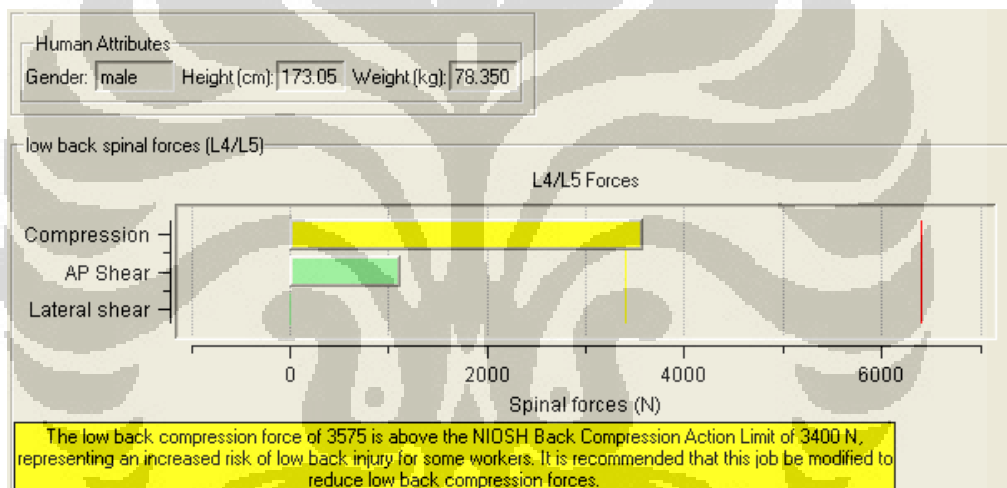
Kondisi #8: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 110 kg



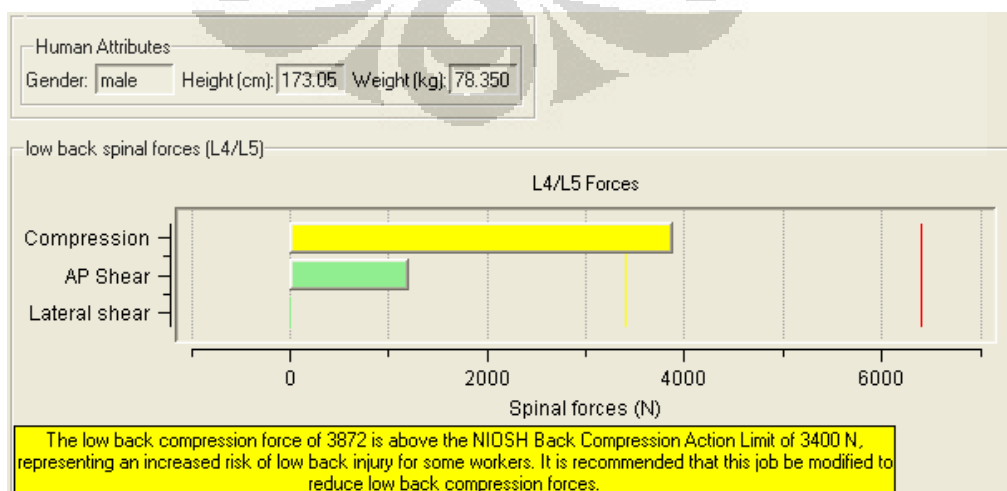
Kondisi #9: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 40 kg



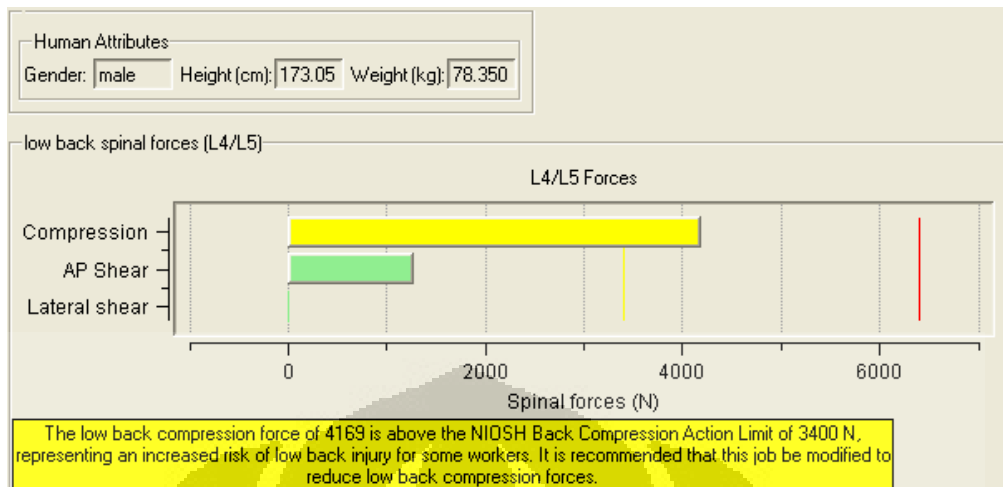
Kondisi #10: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 50 kg



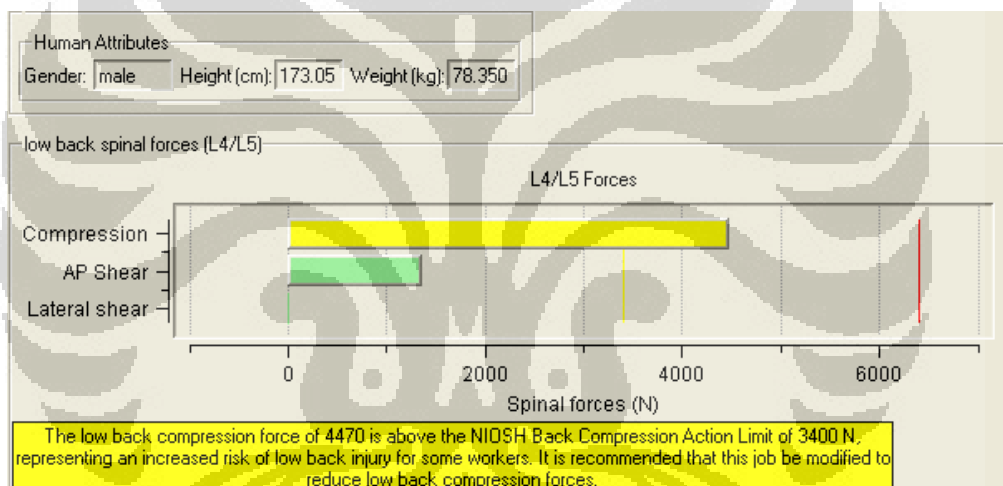
Kondisi #11: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 60 kg



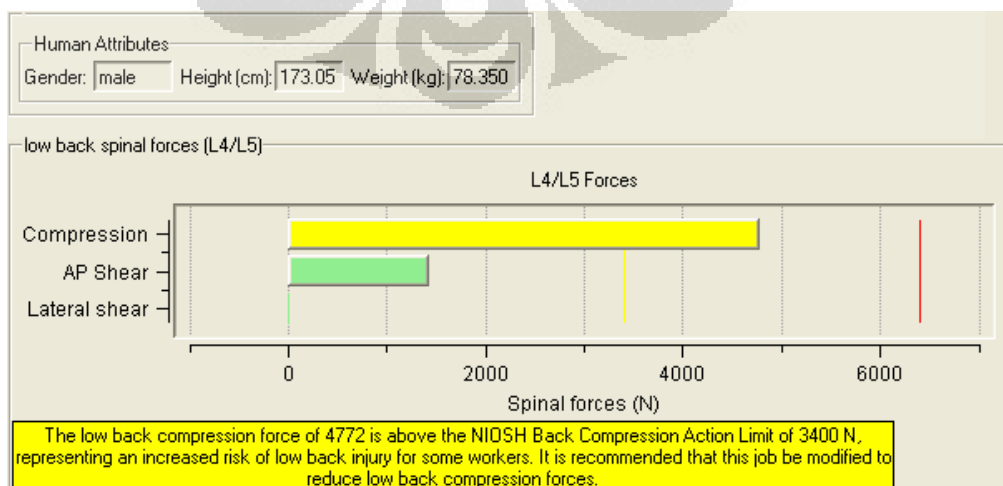
Kondisi #12: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 70 kg



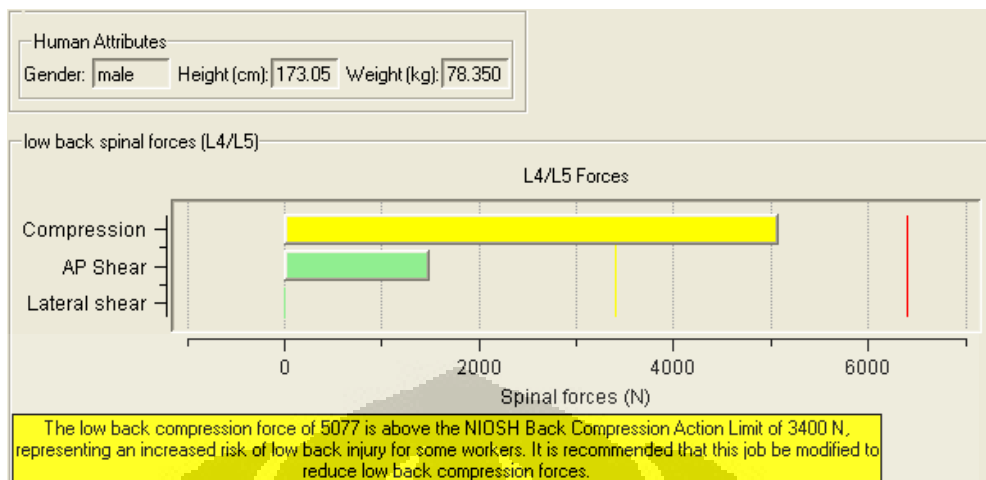
Kondisi #13: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 80 kg



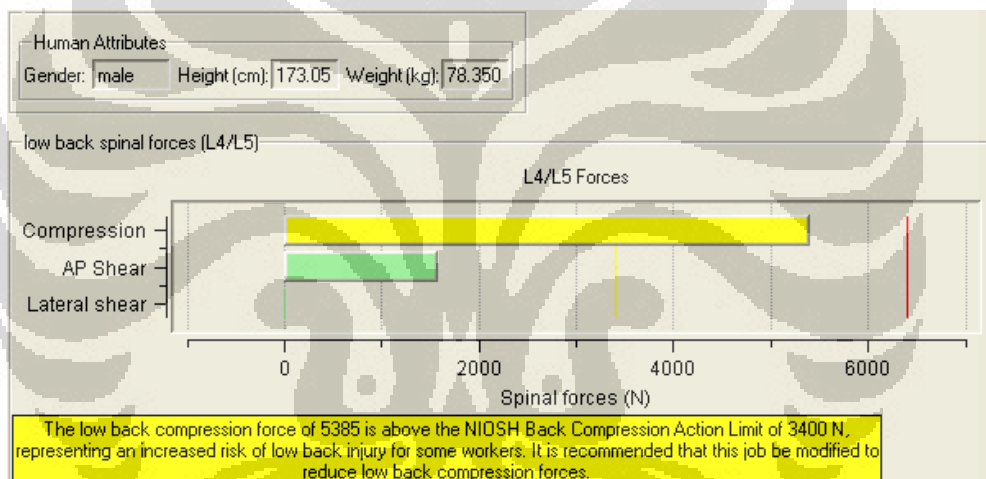
Kondisi #14: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 90 kg



Kondisi #15: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 100 kg

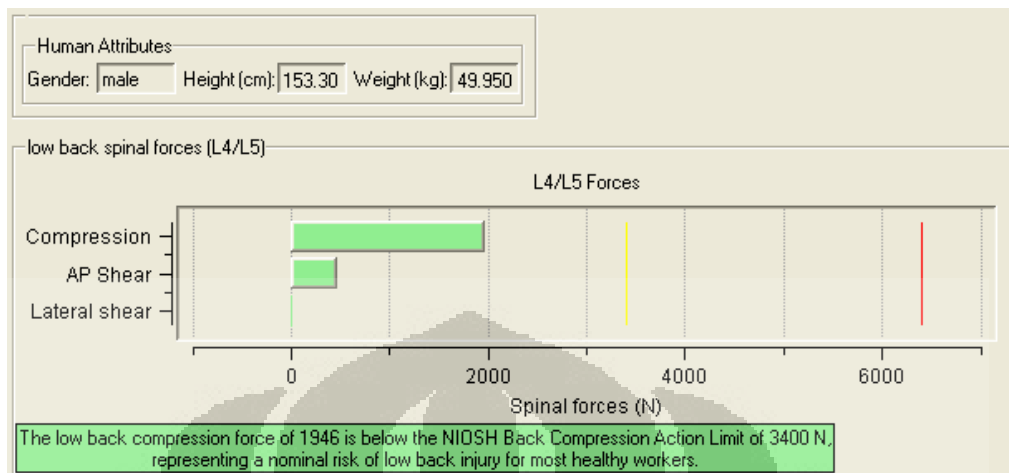


Kondisi #16: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 110 kg

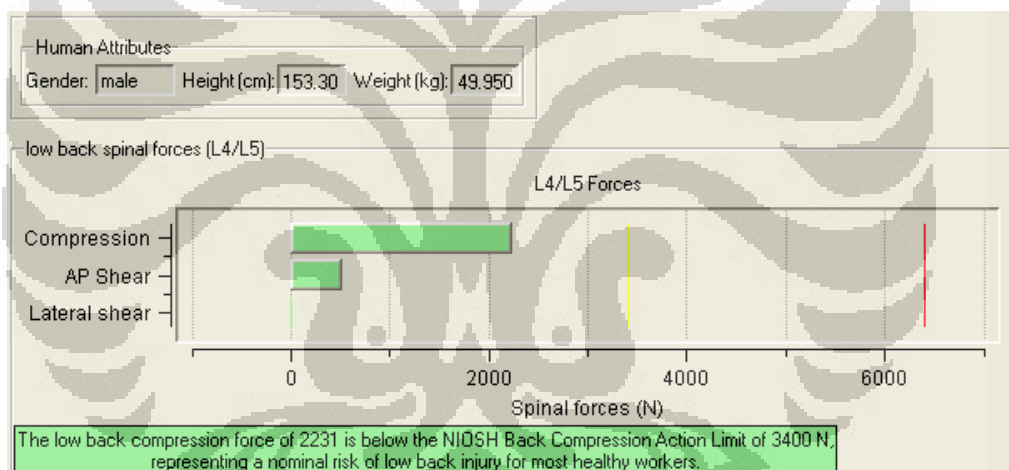


Setelah Perbaikan

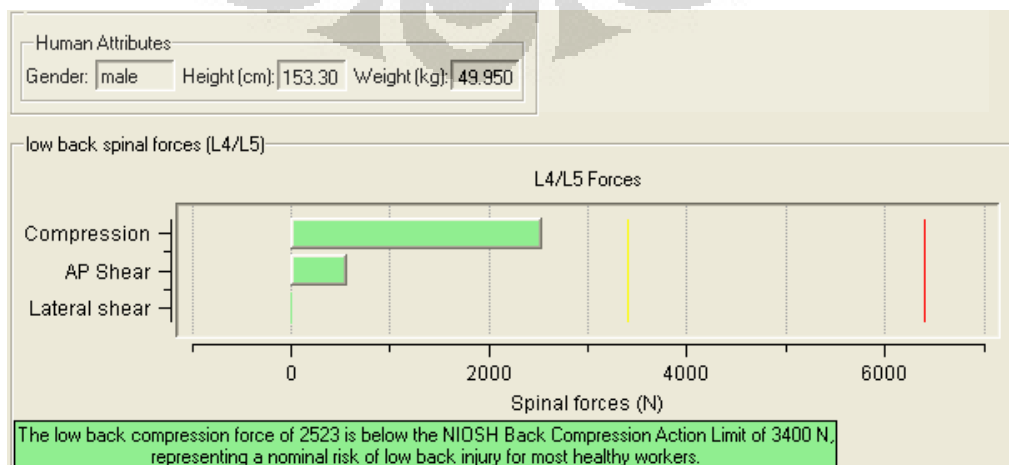
Kondisi #1: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 40 kg



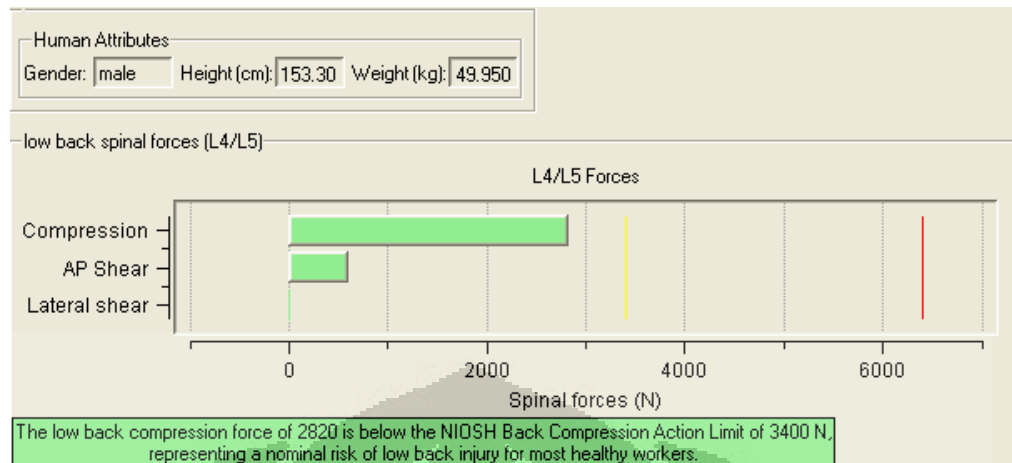
Kondisi #2: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 50 kg



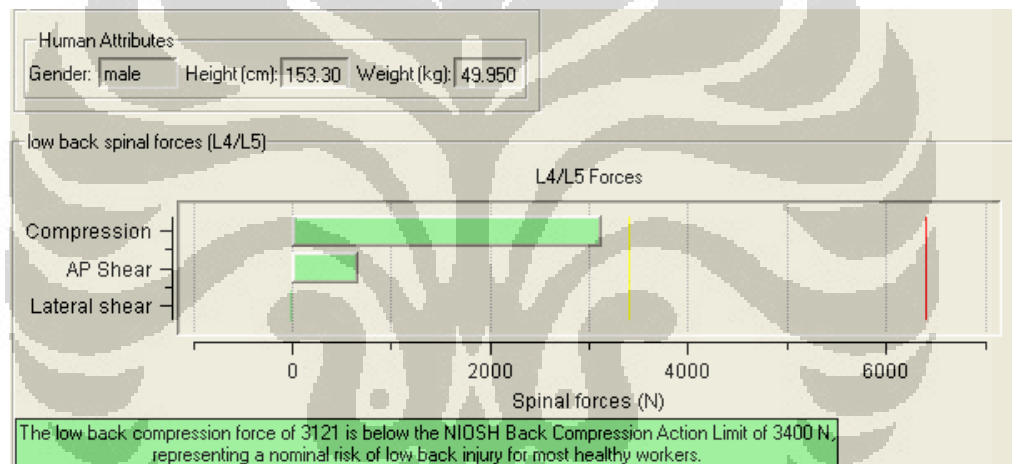
Kondisi #3: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 60 kg



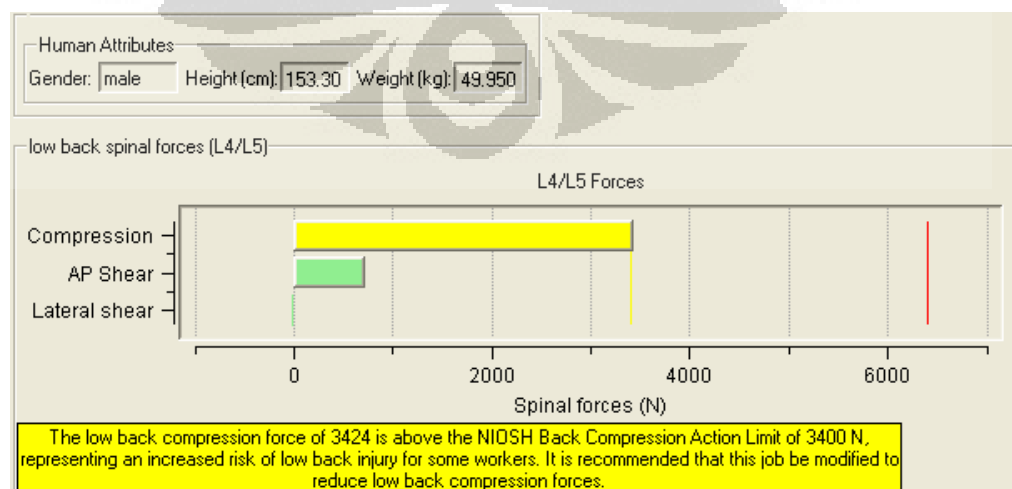
Kondisi #4: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 70 kg



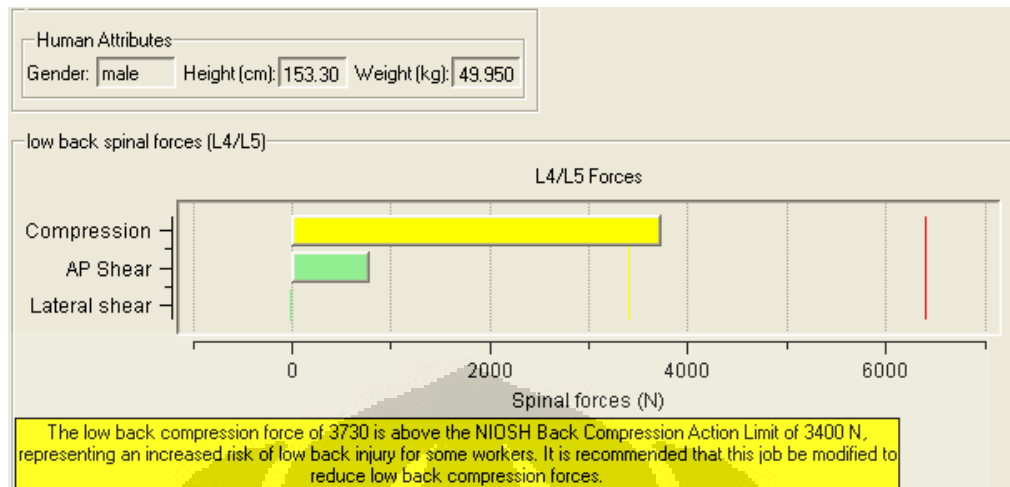
Kondisi #5: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 80 kg



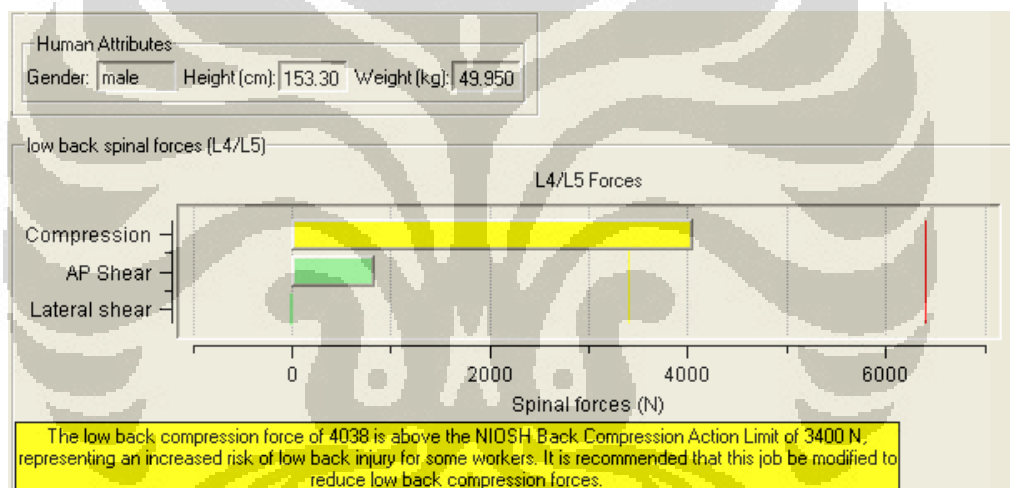
Kondisi #6: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 90 kg



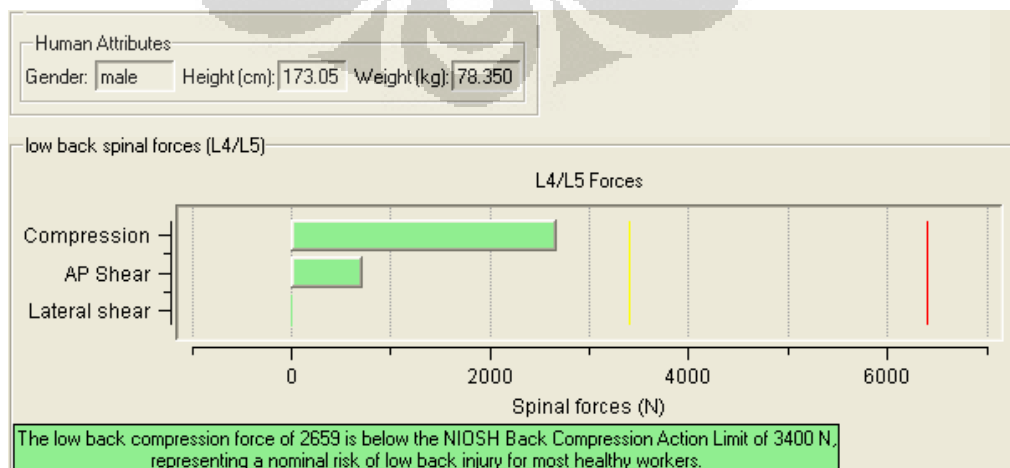
Kondisi #7: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 100 kg



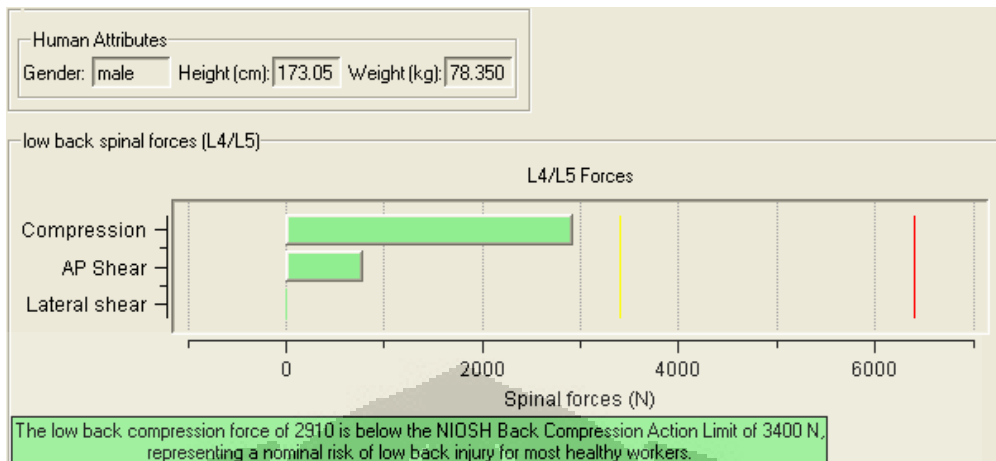
Kondisi #8: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 110 kg



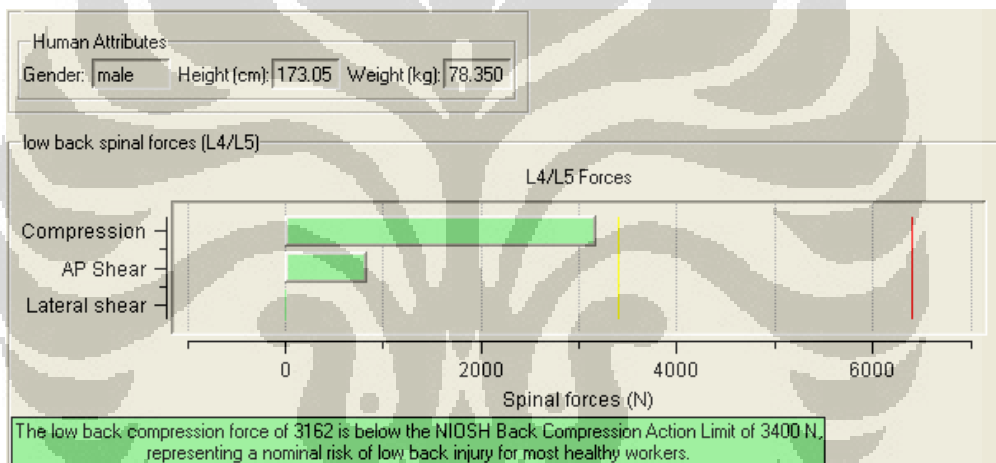
Kondisi #9: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 40 kg



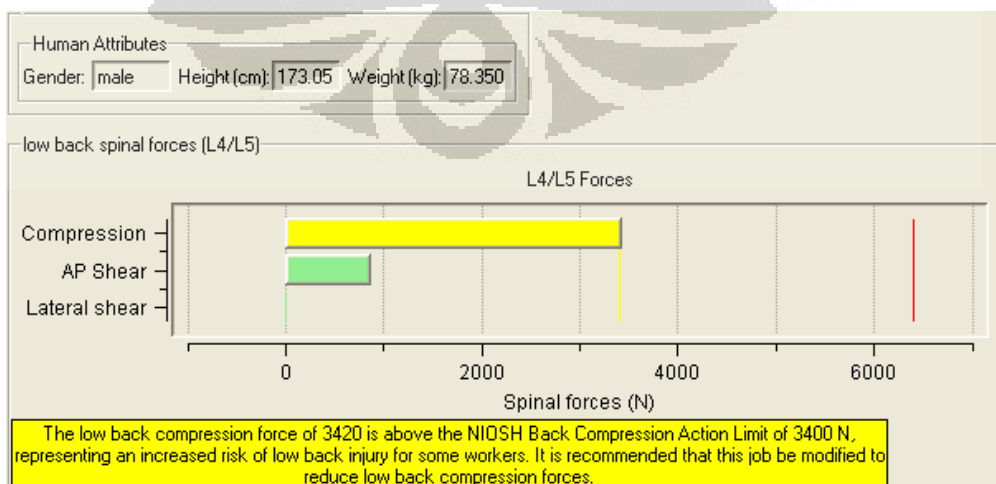
Kondisi #10: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 50 kg



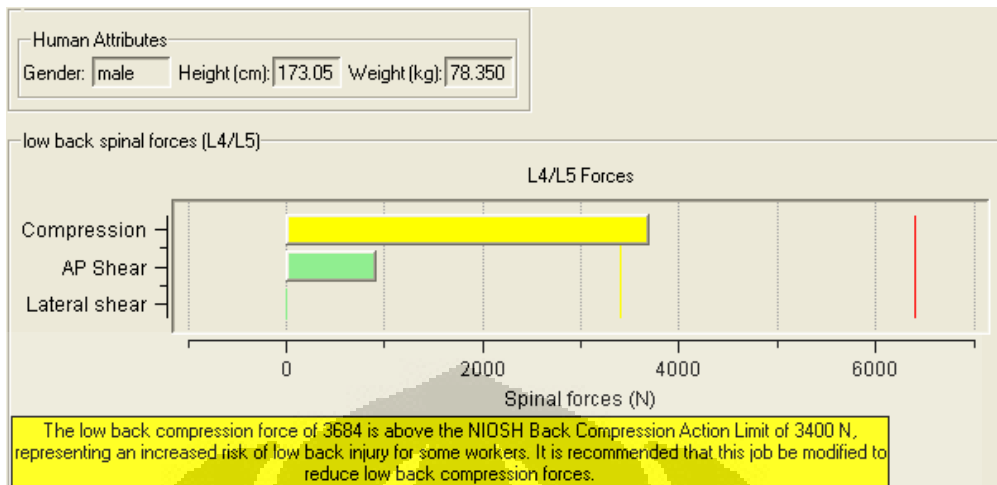
Kondisi #11: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 60 kg



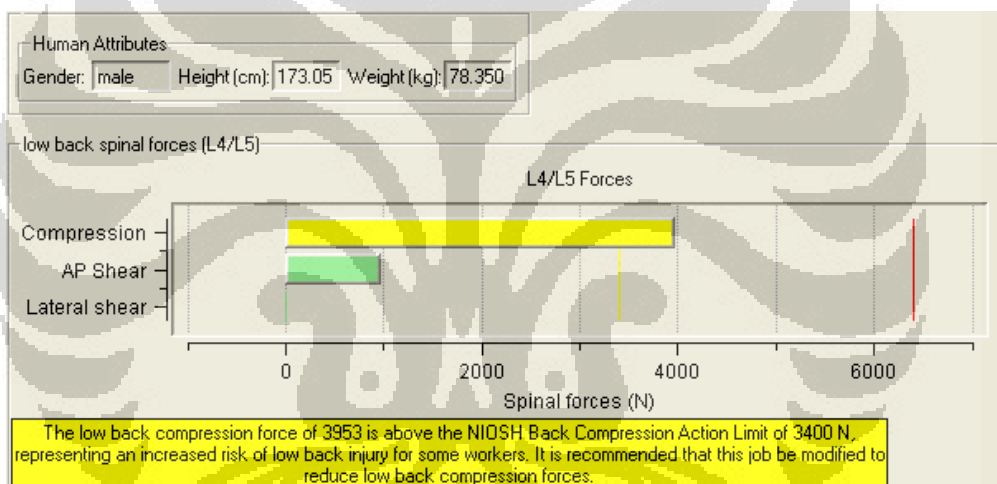
Kondisi #12: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 70 kg



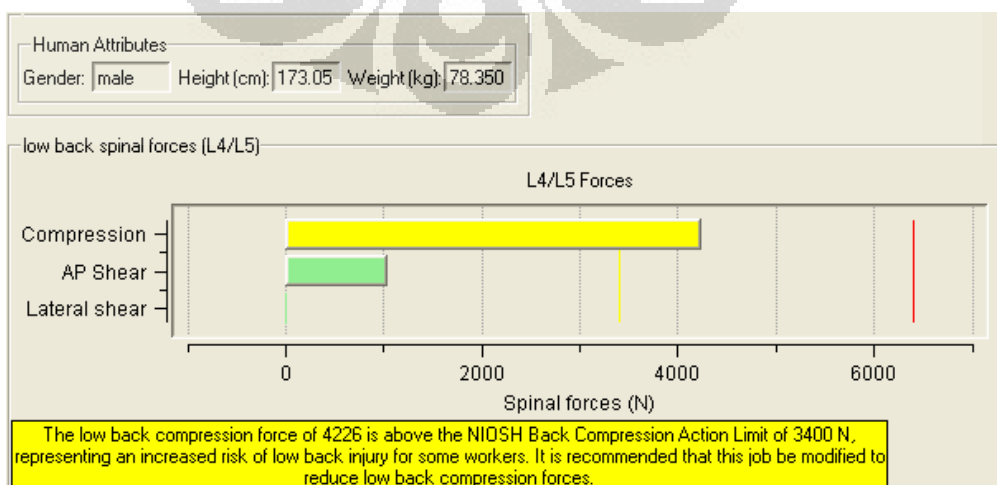
Kondisi #13: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 80 kg



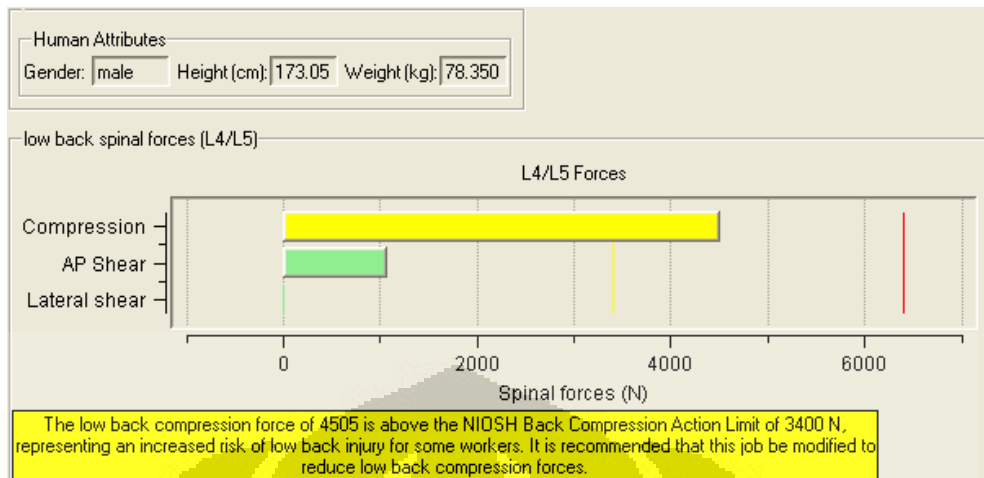
Kondisi #14: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 90 kg



Kondisi #15: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 100 kg



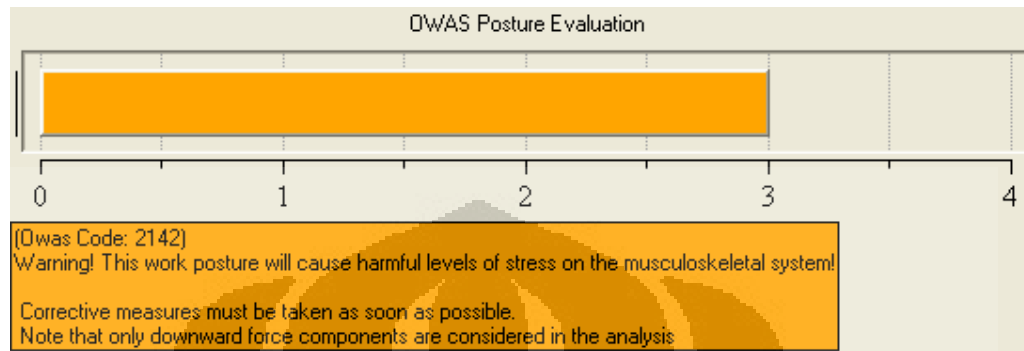
Kondisi #16: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 110 kg



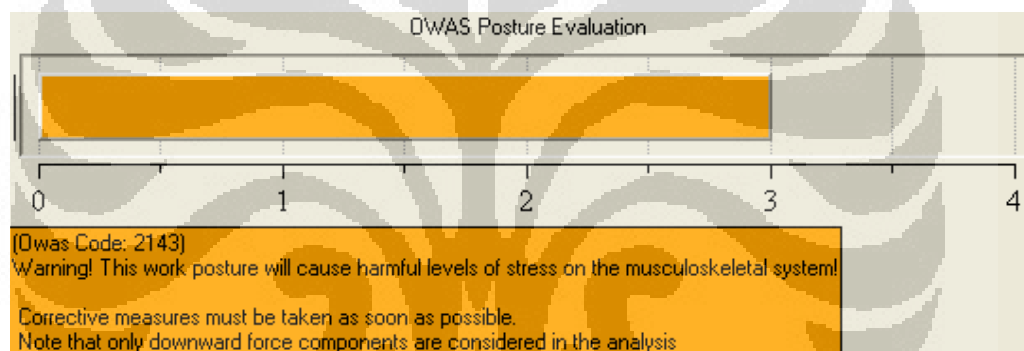
Lampiran 2: Analisis OWAS Software Jack 6.1

Sebelum Perbaikan

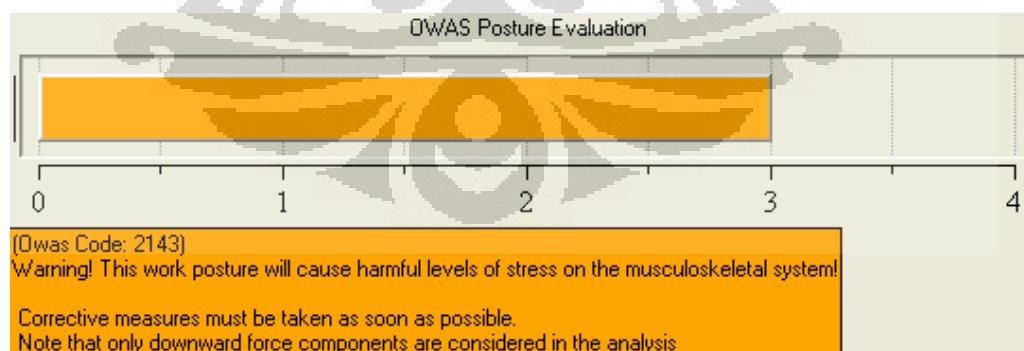
Kondisi #1: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 40 kg



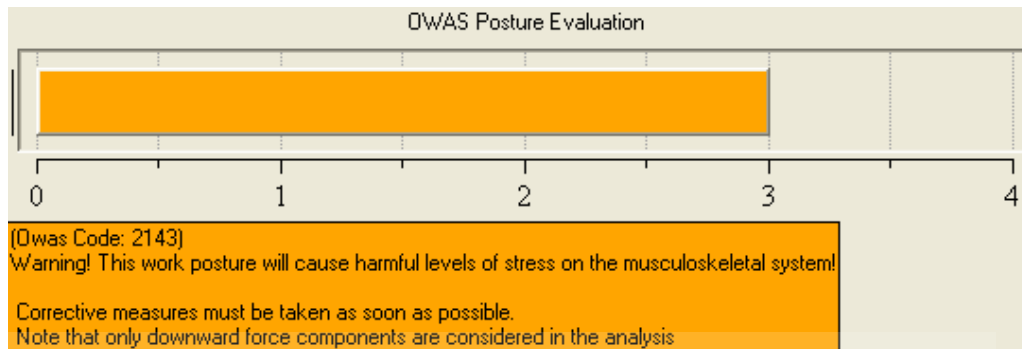
Kondisi #2: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 50 kg



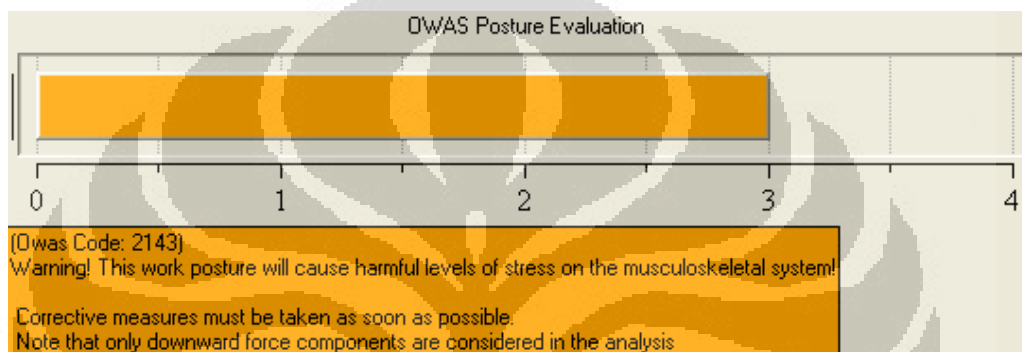
Kondisi #3: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 60 kg



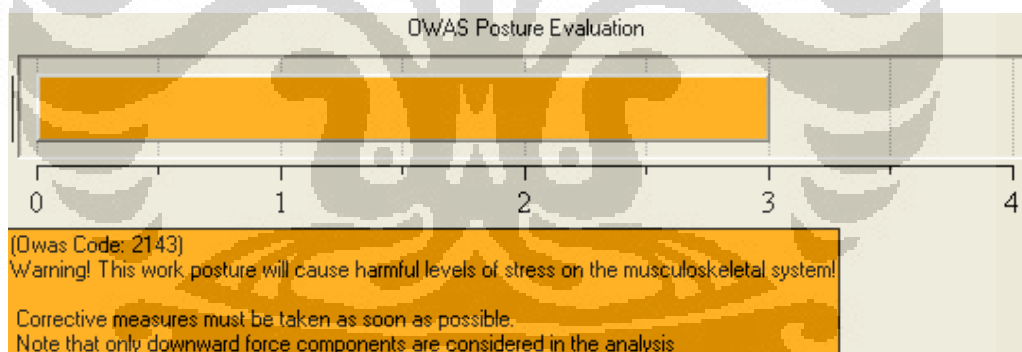
Kondisi #4: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 70 kg



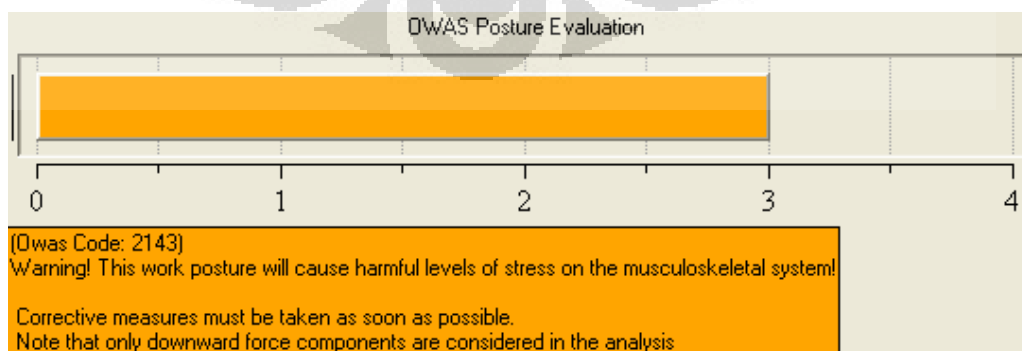
Kondisi #5: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 80 kg



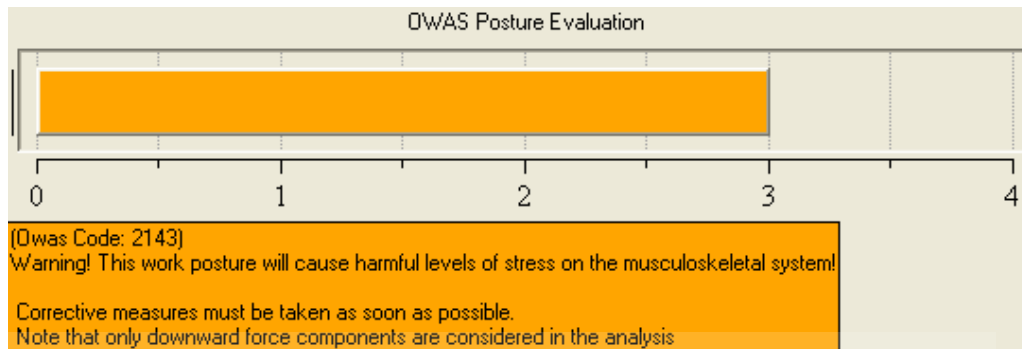
Kondisi #6: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 90 kg



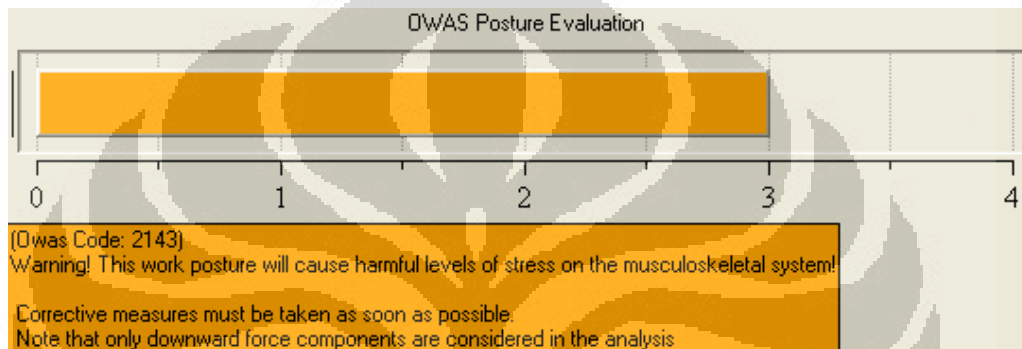
Kondisi #7: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 100 kg



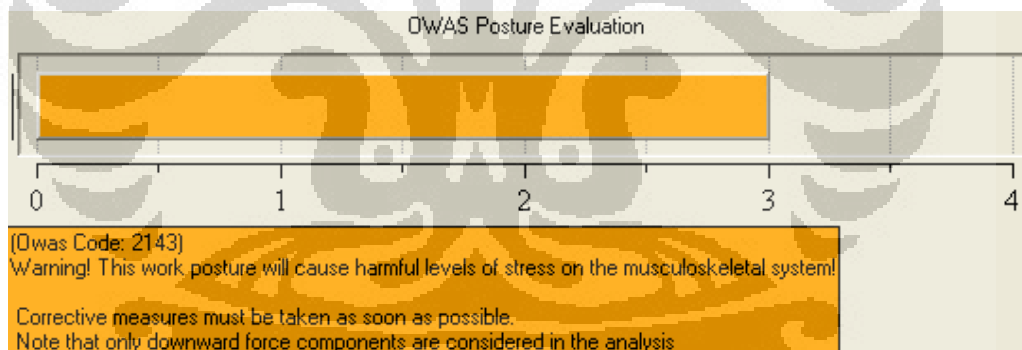
Kondisi #8: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 110 kg



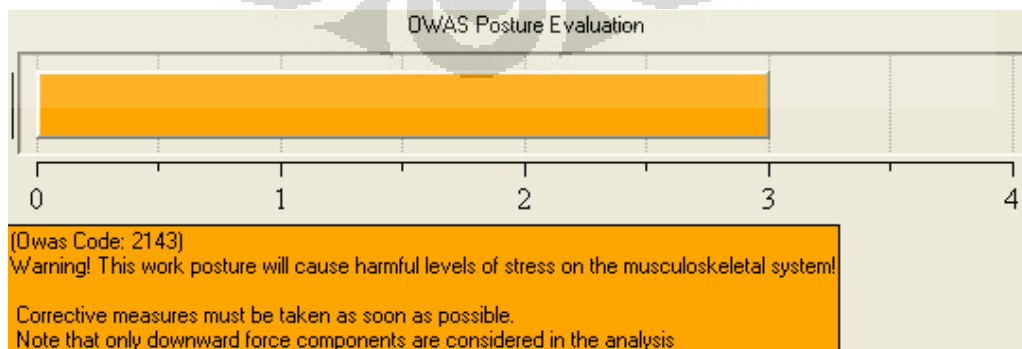
Kondisi #9: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 40 kg



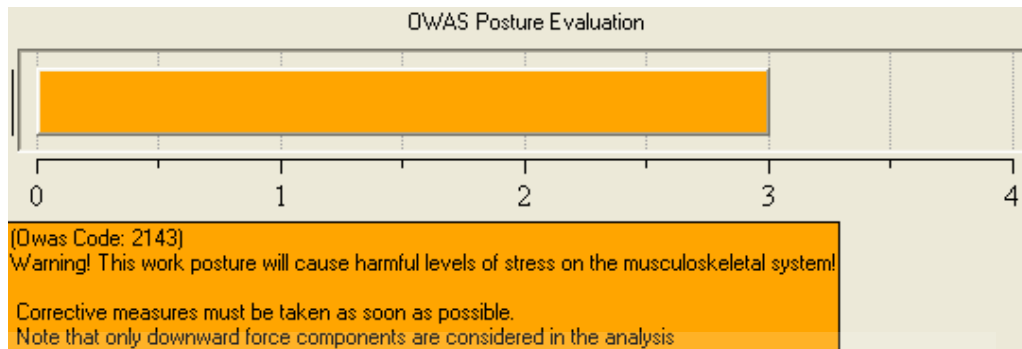
Kondisi #10: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 50 kg



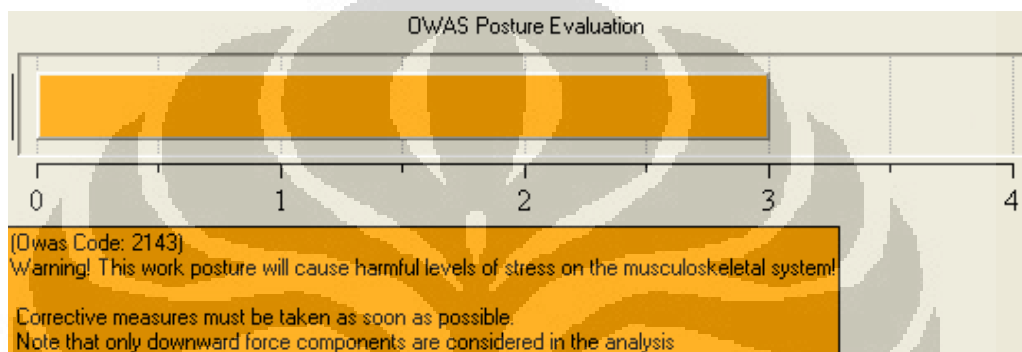
Kondisi #11: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 60 kg



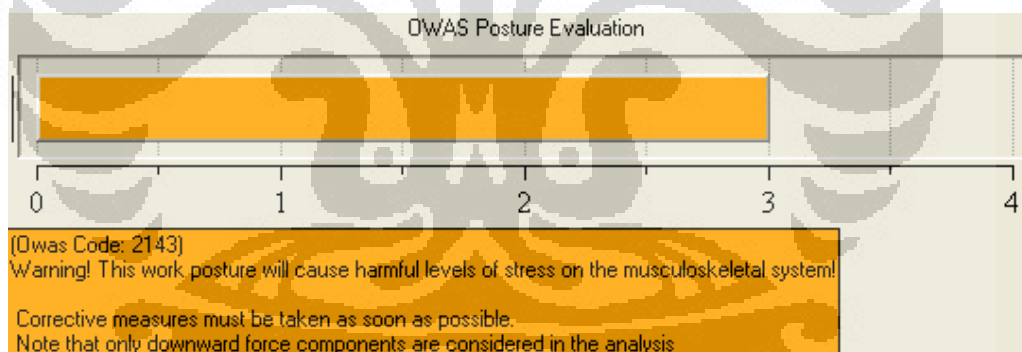
Kondisi #12: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 70 kg



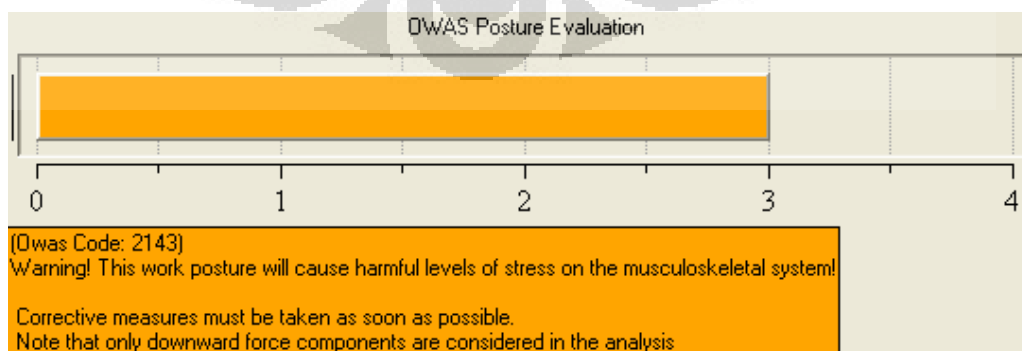
Kondisi #13: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 80 kg



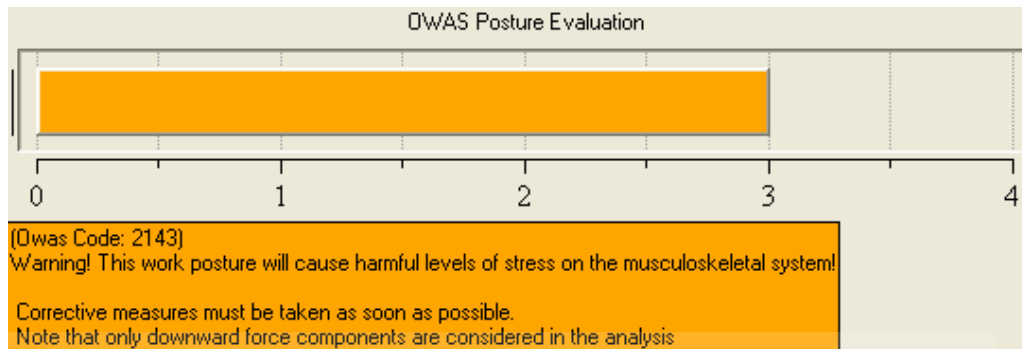
Kondisi #14: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 90 kg



Kondisi #15: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 100 kg

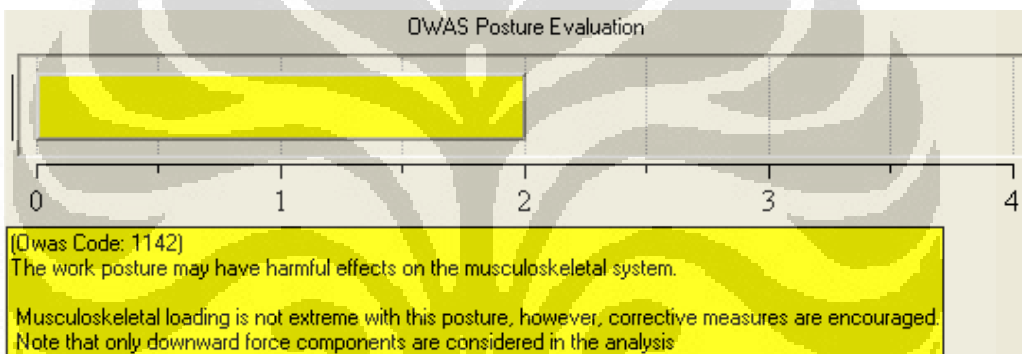


Kondisi #16: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 110 kg

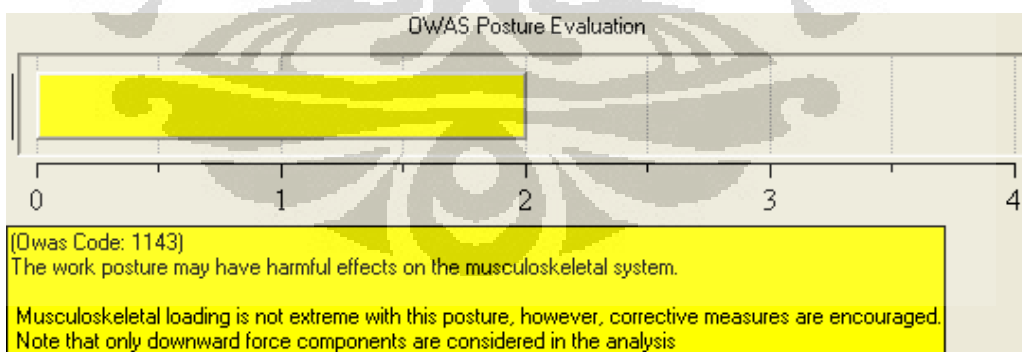


Sebelum Perbaikan

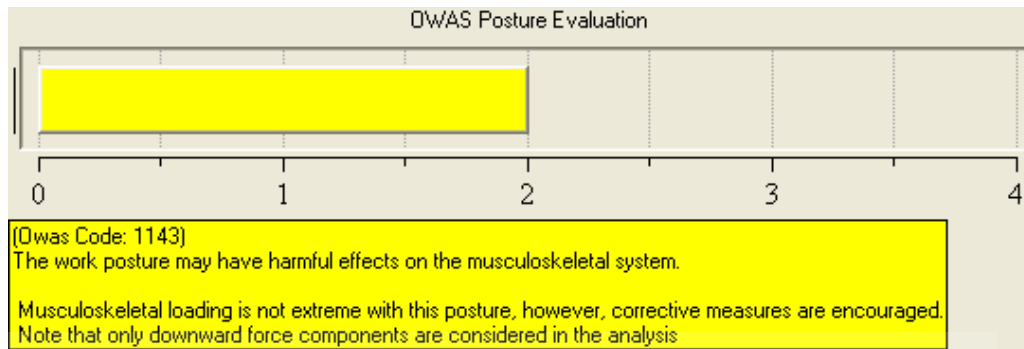
Kondisi #1: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 40 kg



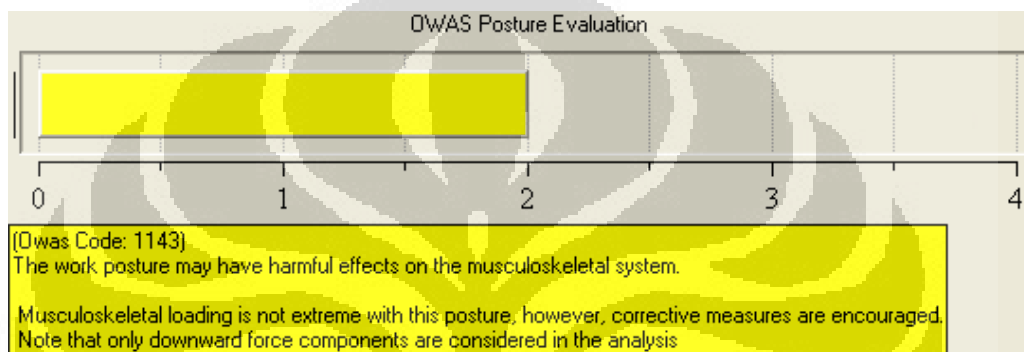
Kondisi #2: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 50 kg



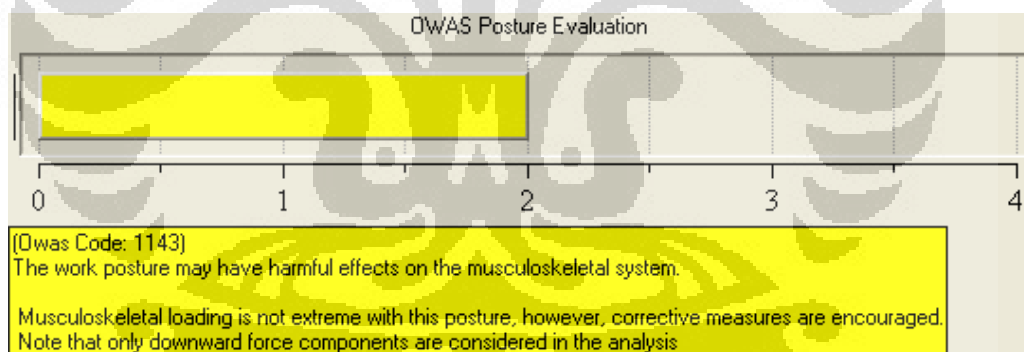
Kondisi #3: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 60 kg



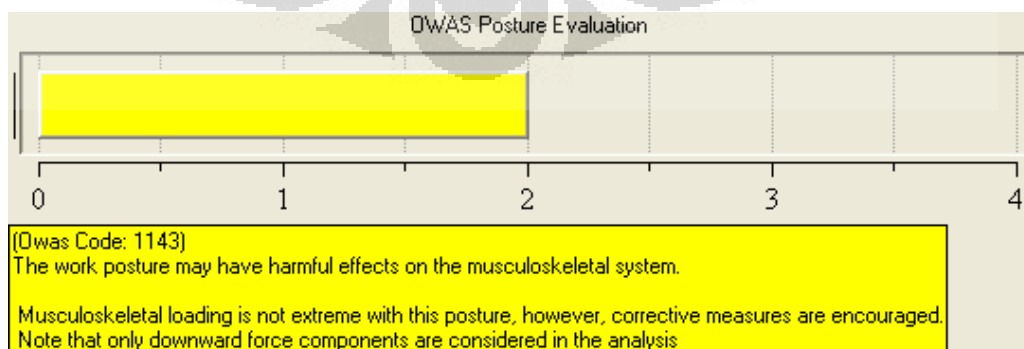
Kondisi #4: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 70 kg



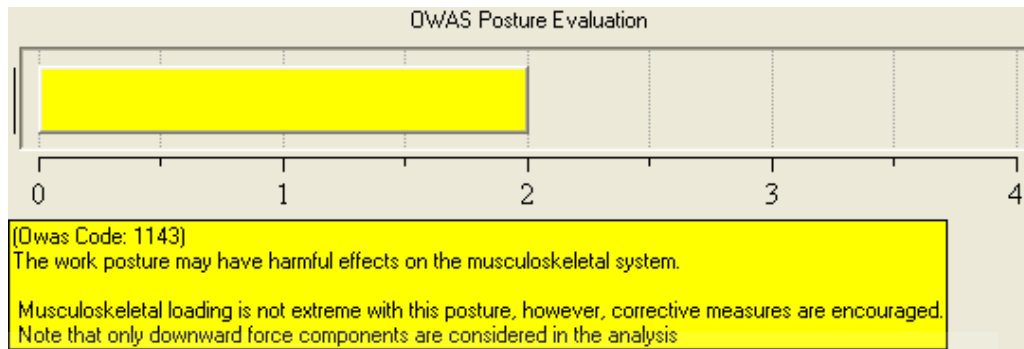
Kondisi #5: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 80 kg



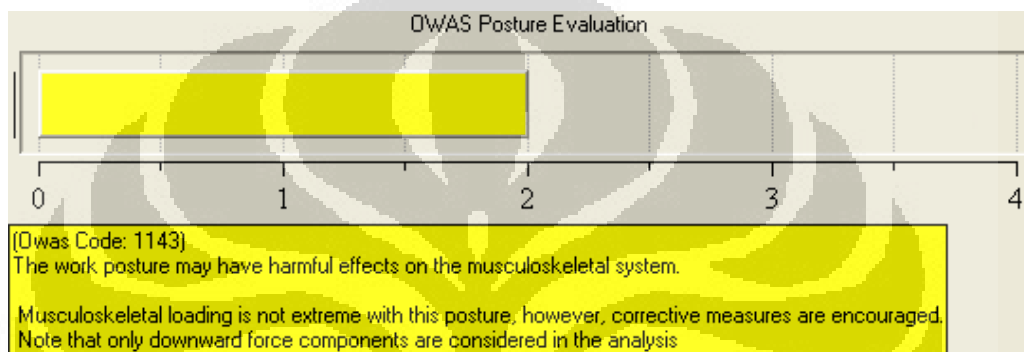
Kondisi #6: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 90 kg



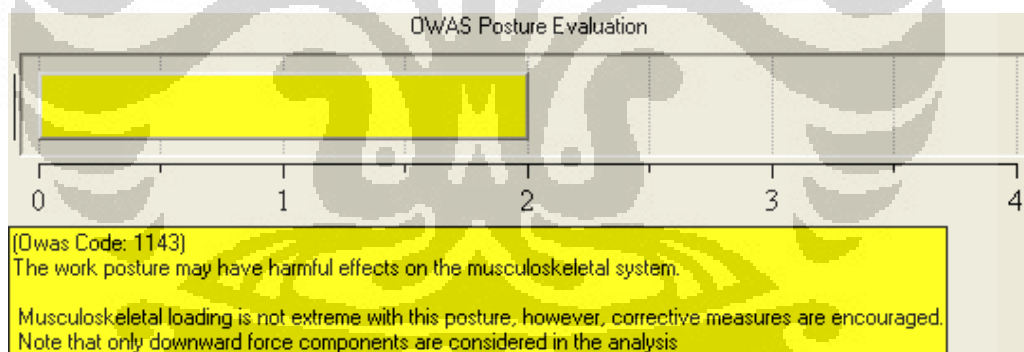
Kondisi #7: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 100 kg



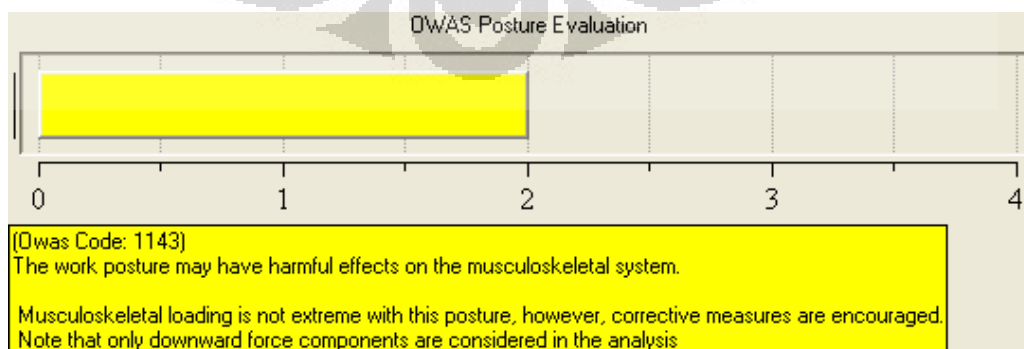
Kondisi #8: Manekin Persentil 5, Berat Pasien 110 kg



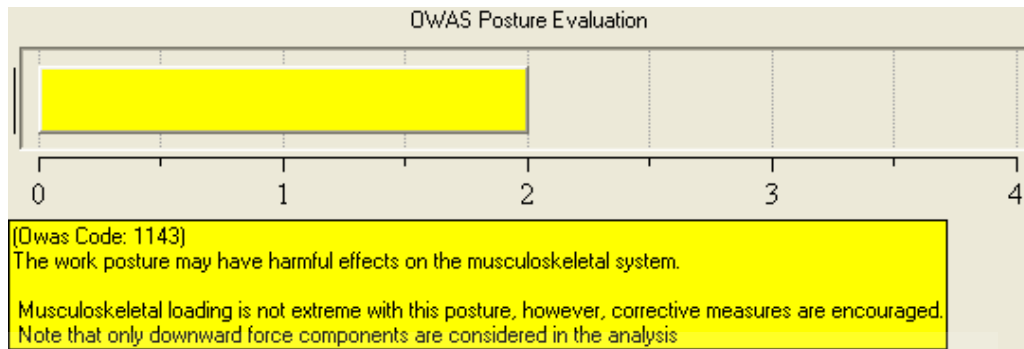
Kondisi #9: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 40 kg



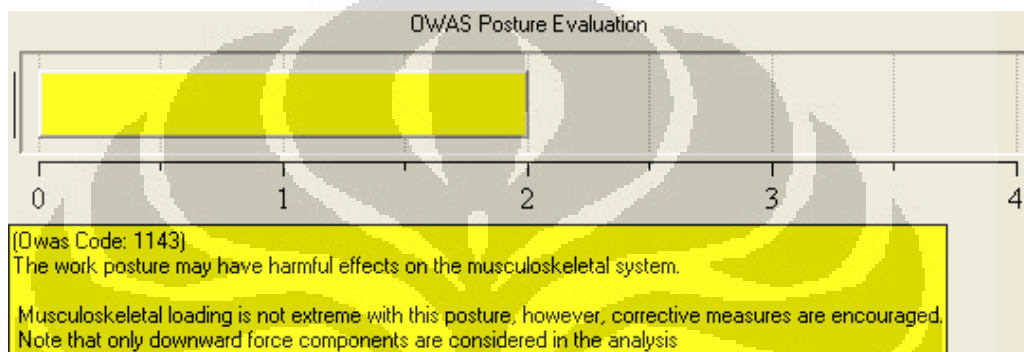
Kondisi #10: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 50 kg



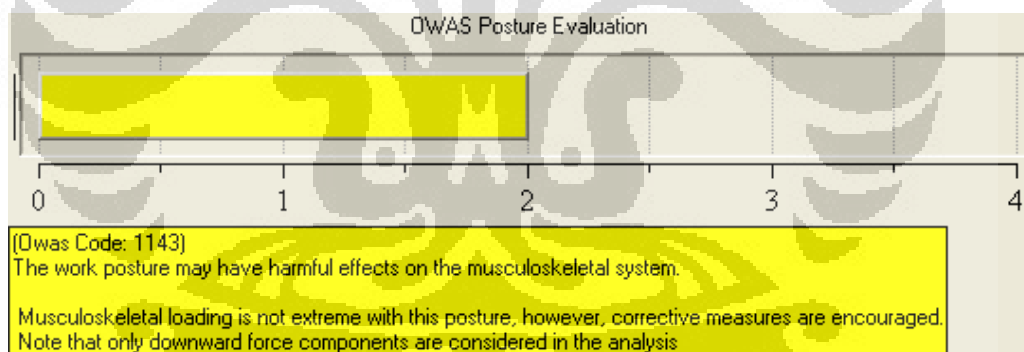
Kondisi #11: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 60 kg



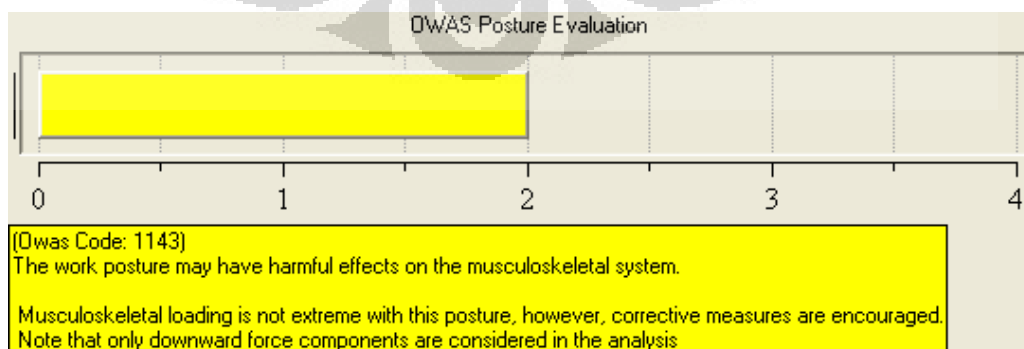
Kondisi #12: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 70 kg

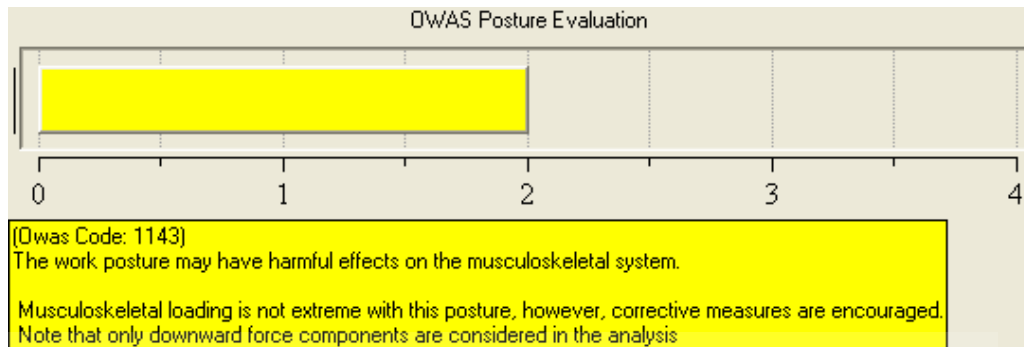


Kondisi #13: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 80 kg



Kondisi #14: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 90 kg



Kondisi #15: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 100 kg**Kondisi #16: Manekin Persentil 95, Berat Pasien 110 kg**