

**ANALISIS POSTUR KERJA ERGONOMIS
PADA AREA *CONE FILLING MACHINE*
MENGUNAKAN *VIRTUAL HUMAN MODELING***

SKRIPSI

**VENITA ANUGRANI
06 06 07 76 04**



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

**ANALISIS POSTUR KERJA ERGONOMIS
PADA AREA *CONE FILLING MACHINE*
MENGUNAKAN *VIRTUAL HUMAN MODELING***

SKRIPSI

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

**VENITA ANUGRANI
06 06 07 76 04**



**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN 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 : Venita Anugrani

NPM : 0606077604

Tanda tangan :

Tanggal : Juni 2010

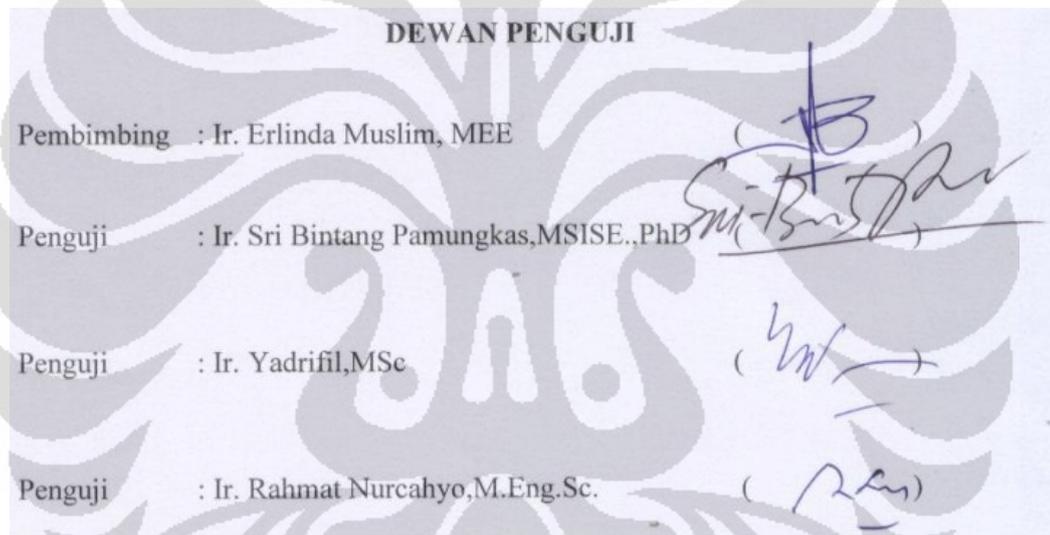


HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Venita Anugrani
NPM : 0606077604
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Postur Kerja Ergonomis pada Area *Cone Filling Machine* Menggunakan *Virtual Human Modeling*

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



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2010

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

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

Nama : Venita Anugrani
NPM : 0606077604
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:

**Analisis Postur Kerja Ergonomis pada Area *Cone Filling Machine*
Menggunakan *Virtual Human 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 : Juni 2010
Yang Menyatakan

(Venita Anugrani)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa dukungan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE selaku dosen pembimbing utama yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan dukungan untuk menyemangati serta mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Boy Nurtjahyo, MSIE dan Ibu Arian Dhini, ST., MT selaku dosen pembimbing *Ergonomics Centre* yang telah memberikan begitu banyak saran, kritik, dan bantuan lainnya selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Sri Bintang Pamungkas, MSISE., PhD, Bapak Ir. Yadrifil, MSc, dan Bapak Ir. Rahmat Nurcahyo, M.Eng.Sc. selaku dosen penguji.
4. Orang tua dan keluarga besar penulis, atas segala kasih sayang, doa, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan tanpa henti kepada penulis selama 4 tahun menempuh masa perkuliahan di Teknik Industri UI.
5. Bapak Zulfakar Ali dan Bapak Nunung yang dengan tangan terbuka telah memberikan kesempatan dan bimbingan untuk pengambilan data.
6. Bapak Ari Sarsono, Mbak Atih Nurhatih, Pak Yudi, Pak Sukarman, dan Pak Riyadi yang membantu dan membimbing selama proses pengambilan data.
7. Ibu Indriyanti Lubis dan Bapak Ganda Rahman yang telah memberikan izin untuk pengambilan data.
8. Pak Dimas, Pak Asworo, Pak Tatang, Pak Hadi, dan seluruh anggota tim lainnya yang telah banyak membantu dalam proses pengambilan data.

9. Teman-teman seperjuangan di *Ergonomics Centre*, Ayu, Arya, Herbert, Novianti, Feronika, Jennifer, Herman, Yunika, Budi, Aldi, Herian, Amalia, Salim, dan Sarah.
10. Teman-teman di Teknik Industri angkatan 2006 lainnya yang telah berjuang bersama selama empat tahun terakhir, berbagi kisah suka dan duka serta mimpi-mimpi di masa depan.
11. Semua pihak yang turut membantu penulis dalam penelitian dan penyusunan skripsi yang tidak mungkin disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Depok, Juni 2010

Penulis

ABSTRAK

Nama : Venita Anugrani
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisis Postur Kerja Ergonomis pada Area *Cone Filling Machine* Pabrik Es Krim Menggunakan *Virtual Human Modeling*

Postur kerja yang ergonomis secara tidak langsung mempengaruhi keselamatan, kesehatan, dan produktivitas pekerja. Karakteristik dari pekerjaan operator *cone filling machine* berhubungan dengan kegiatan *material handling* dengan beban berat yang beragam. Penelitian ini merepresentasikan dan menganalisa postur kegiatan *manual handling* pekerja dengan menggunakan *virtual human modeling*. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan stasiun kerja posisi berdiri yang ideal dan penggunaan alat *material handling* yang tepat. Evaluasi postur kerja dilakukan menggunakan *Posture Evaluation Index* (PEI) yang mengintegrasikan nilai LBA, OWAS, dan RULA. Penelitian ini juga menggunakan *Lifting Index* (LI) untuk menilai perbaikan analisis postur kerja.

Kata kunci:

Ergonomi, Postur Kerja, *Virtual Human Modeling*, *Posture Evaluation Index*, *Lifting Index*

ABSTRACT

Name : Venita Anugrani
Study Program : Industrial Engineering
Title : Ergonomics Working Posture Analysis in Cone Filling Machine Area of Ice Cream Factory Using Virtual Human Modeling

Ergonomic working posture indirectly influence to workers' safety, health, and productivity. The characteristics of cone filling machine operators' jobs are related to material handling activities with diverse variations of load and repetitive actions. Using Virtual Human Modeling, this research tries to represent and analyze manual handling posture. The objective of this research is to get the ideal standing workplace and the appropriate utilization of material handling equipment. The evaluation of working posture is conducted by using Posture Evaluation Index (PEI) that integrates the score of LBA, OWAS and RULA. This research also uses Lifting Index (LI) to assess the working posture analysis.

Key words:

Ergonomics, Working Posture, Virtual Human Modeling, Posture Evaluation Index, Lifting Index

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah.....	4
1.3 Perumusan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	6
1.6 Metodologi Penelitian.....	7
1.7 Sistematika Penulisan	9
2. LANDASAN TEORI.....	10
2.1 Ergonomi.....	10
2.2 <i>Ergonomic Workplace</i>	11
2.3 Antropometri	13
2.4 <i>Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSD)</i>	16
2.5 <i>Virtual Environment</i>	18
2.6 <i>Static Strength Prediction (SSP)</i>	25
2.7 <i>Low Back Analysis (LBA)</i>	27
2.8 <i>Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)</i>	28
2.9 <i>Rapid Upper Limb Assessment (RULA)</i>	30
2.10 Metode PEI (<i>Posture Evaluation Index</i>).....	33
2.11 <i>Niosh Lifting</i>	36
3. METODE PENELITIAN	40
3.1 Gambaran Umum Perusahaan.....	40
3.1.1 Profil Umum PT. X.....	40
3.1.2 Pabrik Es Krim.....	42
3.1.2.1 Proses Produksi Es Krim.....	43
3.1.2.2 <i>Work Environment</i> di Ruang Produksi Es Krim	44
3.1.2.3 Area <i>Cone Filling Machine</i>	45
3.2 Penentuan Objek Penelitian	51
3.2.1 Identifikasi Permasalahan Pekerja	52
3.2.2 Penentuan Stasiun Kerja	55
3.2.3 Penentuan Variabel yang Diteliti	56
3.3 Pengumpulan Data	59
3.3.1 Data Antropometri Pekerja	59
3.3.2 Data Spesifikasi Stasiun Kerja.....	65
3.3.2.1 Spesifikasi <i>Hoystat</i>	65

3.3.2.2	Spesifikasi <i>Buffer Tank Core</i>	66
3.3.2.3	Spesifikasi <i>Buffer Tank Topping</i>	67
3.3.2.4	Spesifikasi peralatan pendukung.....	68
3.3.3	Data Postur dan Metode Kerja	69
3.3.3.1	Postur dan Metode Kerja di Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	69
3.3.3.2	Postur dan Metode Kerja di Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Core</i>	71
3.3.3.3	Postur dan Metode Kerja di Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	72
3.4	Pembuatan Model.....	74
3.4.1	Alur Pembuatan Model	74
3.4.1.1	Pembuatan <i>Virtual Environment</i>	75
3.4.1.2	Pembuatan <i>Virtual Human</i>	76
3.4.1.3	Penempatan <i>Virtual Human</i> pada <i>Virtual Environment</i> ...	76
3.4.1.4	Pemberian Tugas Kerja pada <i>Virtual Human</i>	79
3.4.1.5	Evaluasi Kinerja Tugas	82
3.4.2	Pengujian Model	88
3.4.2.1	Verifikasi Model	88
3.4.2.2	Validasi Model	89
3.4.3	Penentuan Kofigurasi	92
4.	ANALISIS	97
4.1	Analisis Kondisi Aktual	97
4.1.1	Analisis Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	97
4.1.1.1	Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	97
4.1.1.2	Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Menuang <i>Strawberry Topping</i>	105
4.1.1.3	Analisis LI Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	108
4.1.2	Analisis Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Core</i>	109
4.1.2.1	Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	109
4.1.2.2	Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	116
4.1.2.3	Analisis LI Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Core</i>	119
4.1.3	Analisis Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Buffer Topping</i>	119
4.1.3.1	Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	119
4.1.3.2	Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengoper <i>Dark Chocolate Compound</i>	122
4.1.3.3	Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	127
4.1.3.4	Analisis LI Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	130

4.2	Analisis Kondisi Usulan.....	131
4.2.1	Analisis Kondisi Usulan Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	132
4.2.1.1	Analisis Kondisi Usulan Posisi Menuang <i>Strawberry Topping</i>	132
4.2.1.2	Analisis Kondisi Usulan Posisi Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	140
4.2.1.3	Analisis LI Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	143
4.2.2	Analisis Kondisi Usulan Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Core</i>	144
4.2.2.1	Analisis Kondisi Usulan Posisi Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	144
4.2.2.2	Analisis Kondisi Usulan Posisi Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	152
4.2.2.3	Analisis LI Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Core</i>	155
4.2.3	Analisis Kondisi Usulan Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	155
4.2.3.1	Analisis Kondisi Usulan Posisi Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	156
4.2.3.2	Analisis Kondisi Usulan Posisi Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	164
4.2.3.3	Analisis LI Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	167
4.3	Analisis Perbandingan Kondisi Aktual Dan Usulan	168
4.3.1	Analisis Perbandigan Model Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	168
4.3.1.1	Analisis Perbandingan PEI Posisi Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	168
4.3.1.2	Analisis Perbandingan PEI Posisi Menuang <i>Strawbrerry Topping</i>	170
4.3.1.3	Analisis Perbandingan LI Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	171
4.3.2	Analisis Perbandigan Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Core</i> ...	172
4.3.2.1	Analisis Perbandingan PEI Posisi Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	172
4.3.2.2	Analisis Perbandingan PEI Posisi Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	173
4.3.3	Analisis Perbandigan Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	174
4.3.3.1	Analisis Perbandingan PEI Posisi Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	174
4.3.3.2	Analisis Perbandingan PEI Posisi Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	175
4.3.3.3	Analisis Perbandingan LI Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	176
5.	KESIMPULAN.....	178
5.1	Kesimpulan	178
5.2	Saran.....	180
	DAFTAR REFERENSI	182

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah.....	5
Gambar 1.2	Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	8
Gambar 2.1	Pengaruh Jenis Pekerjaan Terhadap Tinggi Meja.....	13
Gambar 2.2	Kubus Zelter dalam Konsep <i>Virtual Reality</i>	19
Gambar 2.3	Lingkungan (<i>Environment</i>) pada <i>Software Jack 6.0</i>	22
Gambar 2.4	Model Manusia dalam <i>Software Jack 6.0</i>	23
Gambar 2.5	Model Biomekanika untuk Memprediksi Beban dan Gaya pada Persendian.....	26
Gambar 2.6	L4 dan L5 Bagian Lumbal Tulang Belakang.....	28
Gambar 2.7	Kode OWAS untuk Berbagai Bagian Tubuh.....	30
Gambar 2.8	Pengelompokan Tubuh dalam Metode RULA.....	31
Gambar 2.9	Diagram Alir Metode PEI.....	34
Gambar 3.1	Bagian Penyusun Es Krim <i>Cone</i>	46
Gambar 3.2	Tata Letak Area Mesin <i>Cone Filling</i>	47
Gambar 3.3	Diagram Proses Produksi Es Krim <i>Cone</i>	48
Gambar 3.4	Tata Letak Penempatan Personil <i>Cone Filling Machine</i>	49
Gambar 3.6	Grafik Persentase Bagian Tubuh yang Mengalami Keluhan.....	53
Gambar 3.7	Diagram Pareto Kegiatan yang Paling Sulit dan Berat Saat Melakukan Pekerjaan di Tempat Kerja.....	54
Gambar 3.8	Stasiun Kerja dan Material yang Disuplai.....	56
Gambar 3.9	Model Manusia Virtual Persentil 5 (kiri), Persentil 50 (tengah) dan Persentil 95 (kanan).....	57
Gambar 3.10	<i>Scissor Lift Table DB Step 350kg</i>	58
Gambar 3.11	Hasil Uji Normalitas Data Tinggi Badan.....	60
Gambar 3.12	Hasil Uji Normalitas Data Berat Badan.....	61
Gambar 3.13	Dimensi Ukuran Pekerja dengan Persentil 5.....	62
Gambar 3.14	Dimensi Ukuran Pekerja dengan Persentil 50.....	63
Gambar 3.15	Dimensi Ukuran Pekerja dengan Persentil 95.....	64
Gambar 3.16	Spesifikasi <i>Hoystat</i>	65
Gambar 3.17	Spesifikasi <i>Strawberry Topping</i>	66
Gambar 3.18	Spesifikasi <i>Buffer Tank Core</i>	66
Gambar 3.19	Spesifikasi <i>Chocolate Sauce</i>	67
Gambar 3.20	Spesifikasi <i>Buffer Tank Topping</i>	67
Gambar 3.21	Spesifikasi <i>Dark Choc Compound</i>	68
Gambar 3.22	Spesifikasi <i>Pallet</i>	68
Gambar 3.23	Spesifikasi <i>Ember Sauce</i>	69
Gambar 3.24	Posisi Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari <i>Ember Sauce</i>	70
Gambar 3.25	Posisi Menuang <i>Strawberry Topping</i> ke Dalam <i>Hoystat</i>	70
Gambar 3.26	Posisi Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari <i>Ember Sauce</i>	71
Gambar 3.27	Posisi Menuang <i>Chocolate Sauce</i> ke Dalam <i>Buffer Tank Core</i>	72
Gambar 3.28	Posisi Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i> dari <i>Pallet</i>	73
Gambar 3.29	Posisi Mengoper <i>Dark Chocolate Compound</i>	73
Gambar 3.30	Posisi Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> ke Dalam <i>Buffer Tank Topping</i>	74
Gambar 3.31	Diagram Alir Pembuatan Model.....	75

Gambar 3.32	Pembuatan <i>Virtual Environment</i>	75
Gambar 3.33	Contoh Pembuatan <i>Virtual Human</i>	76
Gambar 3.34	Contoh Penempatan <i>Virtual Human</i> Pada Stasiun Kerja.....	77
Gambar 3.35	Fungsi <i>Human Control</i>	77
Gambar 3.36	Fungsi <i>Adjust Joint</i>	78
Gambar 3.37	Fungsi <i>Hand Postures</i>	79
Gambar 3.38	<i>Simulation Definition (Authoring)</i> pada TSB	80
Gambar 3.39	Kotak Dialog <i>Motion Editing Menu</i>	81
Gambar 3.40	Rangkaian Postur Kerja <i>Buffer Tank Topping</i> dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual	81
Gambar 3.41	Grafik SSP Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual	82
Gambar 3.42	Hasil Analisis LBA Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual	83
Gambar 3.43	Hasil Analisis OWAS Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual	84
Gambar 3.44	Form Input (kiri) dan Hasil Analisis (kanan) RULA Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual	85
Gambar 3.45	Form Input Posture NIOSH	87
Gambar 3.46	Hasil Uji Dimensi atau Analisis Unit Pada <i>Software Jack</i>	89
Gambar 3.47	Perbandingan Postur Berjalan (kiri) dan Mengangkat (kanan)...	90
Gambar 3.48	Perbandingan Nilai LBA Postur Berjalan (atas) dan Mengangkat (bawah).....	90
Gambar 3.49	Perbandingan Nilai OWAS Postur Berjalan (atas) dan Mengangkat (bawah).....	91
Gambar 3.50	Perbandingan Nilai RULA Postur Berjalan (kiri) dan Mengangkat (kanan).....	91
Gambar 3.51	Ukuran Antropometri Operator Persentil 5.....	93
Gambar 3.52	Perbandingan Ketinggian Tangga <i>Buffer Tank Topping</i> Aktual dan Konfigurasi.....	95
Gambar 4.1	Postur Kerja Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5.....	98
Gambar 4.2	Postur Kerja Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95.....	101
Gambar 4.3	Perbandingan PEI Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	105
Gambar 4.4	Postur Kerja Aktual Menuang <i>Strawberry Topping</i>	106
Gambar 4.5	Postur Kerja Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5.....	110
Gambar 4.6	Postur Kerja Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95.....	112
Gambar 4.7	Perbandingan PEI Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	115
Gambar 4.8	Postur Kerja Aktual Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	116
Gambar 4.9	Postur Kerja Aktual Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i> ..	120
Gambar 4.10	Postur Kerja Aktual Mengoper <i>Dark Chocolate Compound</i>	123
Gambar 4.11	Postur Kerja Aktual Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	128
Gambar 4.12	Spesifikasi dan Dimensi dari <i>Scissors Lift Table</i>	131
Gambar 4.13	Postur Kerja Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5.....	133

Gambar 4.14	Postur Kerja Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95.....	136
Gambar 4.15	Perbandingan PEI Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i>	139
Gambar 4.16	Postur Kerja Usulan Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	141
Gambar 4.17	Postur Kerja Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5.....	145
Gambar 4.18	Postur Kerja Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95.....	148
Gambar 4.19	Perbandingan PEI Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	151
Gambar 4.20	Postur Kerja Usulan Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	153
Gambar 4.21	Postur Kerja Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 5.....	156
Gambar 4.22	Postur Kerja Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 95.....	160
Gambar 4.23	Perbandingan PEI Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	164
Gambar 4.24	Postur Kerja Usulan Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i> ..	165
Gambar 4.25	Perubahan PEI Posisi Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	169
Gambar 4.26	Perubahan PEI Posisi Menuang <i>Strawberry Topping</i>	170
Gambar 4.27	Perubahan PEI Posisi Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	172
Gambar 4.28	Perubahan PEI Posisi Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	173
Gambar 4.29	Perubahan PEI Posisi Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	174
Gambar 4.30	Perubahan PEI Posisi Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> ...	176

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penjelasan Pengukuran Persentil.....	14
Tabel 2.2	Pembobotan nilai pada OWAS	29
Tabel 2.3	Pembobotan nilai pada RULA	32
Tabel 2.4	<i>Coupling Multiplier</i>	37
Tabel 2.5	<i>Frequency Multiplier</i>	38
Tabel 3.1	Data <i>Work Environment</i>	45
Tabel 3.2	Data Fatigue dari OHS PT. X	52
Tabel 3.3	Data Antropometri Pekerja Area <i>Cone Filling Machine</i>	59
Tabel 3.4	Ukuran Persentil Pekerja Area <i>Cone Filling Machine</i>	61
Tabel 3.5	SSP <i>Capability Summary Chart</i> Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual	83
Tabel 3.6	Rekapitulasi Nilai LBA, OWAS, RULA Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual	86
Tabel 3.7	Perbandingan Analisis Ergonomi Uji Validasi Model.....	92
Tabel 3.9	Perhitungan <i>Standing Foot-Elbow Height</i> Persentil 50	94
Tabel 3.10	Perhitungan Ukuran Ketinggian Tangga.....	94
Tabel 3.11	Perhitungan <i>Standing Foot-Elbow Height</i> Persentil 5 dan 95	95
Tabel 4.1	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5.....	98
Tabel 4.2	Hasil SSP Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5.....	99
Tabel 4.3	Nilai RULA Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5	101
Tabel 4.4	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95.....	102
Tabel 4.5	Hasil SSP Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95	102
Tabel 4.6	Nilai RULA Aktual Mengambil <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95.....	104
Tabel 4.7	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menuang <i>Strawberry Topping</i>	105
Tabel 4.8	Hasil SSP Aktual Menuang <i>Strawberry Topping</i>	106
Tabel 4.9	Nilai RULA Aktual Menuang <i>Strawberry Topping</i>	108
Tabel 4.10	Perhitugan RWL dan LI untuk Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	108
Tabel 4.11	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5	110
Tabel 4.12	Hasil SSP Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5 .	110
Tabel 4.13	Nilai RULA Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5.....	112
Tabel 4.14	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95.....	113
Tabel 4.15	Hasil SSP Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95.....	113
Tabel 4.16	Nilai RULA Aktual Mengambil <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95.....	115

Tabel 4.17	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	117
Tabel 4.18	Hasil SSP Aktual Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	117
Tabel 4.19	Nilai RULA Aktual Menuang <i>Chocolate Sauce</i>	118
Tabel 4.20	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	120
Tabel 4.21	Hasil SSP Aktual Mengambil Kemasan <i>Dark Chocolate Compound</i>	120
Tabel 4.22	Nilai RULA Aktual Mengambil Kemasan <i>Dark Chocolate Compound</i>	122
Tabel 4.23	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Memberi <i>Dark Chocolate Compound</i>	123
Tabel 4.24	Hasil SSP Aktual Memberi <i>Dark Chocolate Compound</i>	123
Tabel 4.25	Nilai RULA Aktual Memberi <i>Dark Chocolate Compound</i>	125
Tabel 4.26	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menerima <i>Dark Chocolate Compound</i>	125
Tabel 4.27	Hasil SSP Aktual Menerima <i>Dark Chocolate Compound</i>	125
Tabel 4.28	Nilai RULA Aktual Menerima <i>Dark Chocolate Compound</i>	127
Tabel 4.29	Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	127
Tabel 4.30	Hasil SSP Aktual Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	128
Tabel 4.31	Nilai RULA Aktual Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	130
Tabel 4.32	Perhitungan RWL dan LI untuk Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	131
Tabel 4.33	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5.....	132
Tabel 4.34	Hasil SSP Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5.....	133
Tabel 4.35	Nilai RULA Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 5.....	135
Tabel 4.36	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95.....	136
Tabel 4.37	Hasil SSP Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95.....	137
Tabel 4.38	Nilai RULA Usulan Menuang <i>Strawberry Topping</i> dari Persentil 95.....	139
Tabel 4.39	Perhitungan Ketinggian <i>Lifter Strawberry Topping</i> Persentil 5 dan 95	140
Tabel 4.40	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	141
Tabel 4.41	Hasil SSP Usulan Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	142
Tabel 4.42	Nilai RULA Usulan Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	143
Tabel 4.43	Perhitungan RWL dan LI untuk Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja <i>Hoystat</i>	144
Tabel 4.44	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5.....	145
Tabel 4.45	Hasil SSP Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5....	146
Tabel 4.46	Nilai RULA Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 5	147
Tabel 4.47	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95.....	148

Tabel 4.48	Hasil SSP Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95 ..	149
Tabel 4.49	Nilai RULA Usulan Menuang <i>Chocolate Sauce</i> dari Persentil 95	151
Tabel 4.50	Perhitungan Ketinggian Lifter <i>Chocolate Sauce</i> Persentil 5 dan 95	152
Tabel 4.51	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	153
Tabel 4.52	Hasil SSP Usulan Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	154
Tabel 4.53	Nilai RULA Usulan Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	155
Tabel 4.54	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 5	157
Tabel 4.55	Hasil SSP Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 5	157
Tabel 4.56	Nilai RULA Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 5	159
Tabel 4.57	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 95	160
Tabel 4.58	Hasil SSP Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 95	161
Tabel 4.59	Nilai RULA Usulan Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i> dari Persentil 95	163
Tabel 4.60	Perhitungan Ketinggian Lifter <i>Strawberry Topping</i> Persentil 5 dan 95	164
Tabel 4.61	Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	165
Tabel 4.62	Hasil SSP Usulan Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	166
Tabel 4.63	Nilai RULA Usulan Mengambil <i>Dark Chocolate Compound</i>	167
Tabel 4.64	Perhitugan RWL dan LI untuk Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i>	168
Tabel 4.65	Perbandingan Skor LBA, OWAS, dan RULA Posisi Mengambil <i>Strawberry Topping</i>	169
Tabel 4.66	Perbandingan Skor LBA, OWAS, dan RULA Posisi Menuang <i>Strawberry Topping</i>	171
Tabel 4.67	Perbandingan LI dan RWL Stasiun Kerja <i>Hoystat</i> Kondisi Aktual dan Usulan	171
Tabel 4.68	Perbandingan Skor LBA, OWAS, dan RULA Posisi Mengambil <i>Chocolate Sauce</i>	173
Tabel 4.69	Perbandingan Nilai LBA, OWAS, dan RULA Posisi Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	175
Tabel 4.70	Perbandingan Nilai LBA, OWAS, dan RULA Posisi Menuang <i>Dark Chocolate Compound</i>	176
Tabel 4.71	Perbandingan LI dan RWL Stasiun Kerja <i>Buffer Tank Topping</i> Kondisi Aktual dan Usulan	177

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab 1 adalah bab pendahuluan yang berisikan latar belakang pemilihan topik penelitian. Hal ini diperjelas dengan menguraikan diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan agar dapat diperoleh gambaran awal tentang langkah-langkah dan susunan proses penelitian ini.

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia sekarang ini dapat dikategorikan sebagai negara industri berkembang dengan tingkat pertumbuhan yang di atas rata-rata. Pasca terjadinya resesi ekonomi yang dialami Amerika Serikat pada akhir kuartal ketiga tahun 2008 yang memberikan dampak negatif yang cukup besar kepada dunia perindustrian global, Indonesia merupakan salah satu negara industri berkembang tidak luput dari dampak resesi ekonomi global tersebut. Berdasarkan data dari Departemen Tenaga Kerja dan Transmigrasi (2009) menunjukkan, sampai tanggal 27 Februari 2009, sebanyak 37.905 buruh terkena PHK akibat kolapsnya sejumlah industri. Hal ini belum termasuk 16.329 buruh yang dirumahkan karena pabrik tidak lagi optimal dalam produksi.

Namun selama sisa tahun 2009, Indonesia mampu bangkit kembali dan memperbaiki kondisi perindustrian yang sempat terpuruk. Menurut Menteri Perindustrian Indonesia, MS Hidayat (2010), kinerja pertumbuhan ekonomi Indonesia pada 2009 mampu mencapai 4,55% sehingga menempatkan Indonesia pada urutan ketiga di antara negara-negara G20 lainnya, setelah Cina dan India dalam mencapai pertumbuhan ekonomi tertinggi di dunia pasca krisis global. Prestasi ini tidak terlepas dari sumbangan sub-sektor industri makanan dan minuman yang pada 2009 bertumbuh sebesar 11,29%, yang pertumbuhannya jauh di atas pertumbuhan sektor industri yang pada tahun 2009 hanya sebesar 2,52%. Pada tahun 2010 ini ditargetkan bahwa sub sektor industri makanan dan minuman mampu bertumbuh sebesar 8,4%. Hal ini bertujuan untuk menjaga pertumbuhan industri manufaktur nasional di atas 4,5% dalam jangka waktu lima tahun ke depan.

Salah satu industri makanan dan minuman yang dapat dikategorikan sangat potensial di Indonesia adalah industri es krim. Secara tidak langsung letak geografis Indonesia sebagai negara yang beriklim tropis menjadi salah satu faktor pendukung. Dalam beberapa tahun terakhir, tingkat pertumbuhan pasar industri es krim di Indonesia paling sedikit adalah 20% setiap tahun. Contohnya pada tahun 2007, total pasar industri es krim sudah mendekati angka 100 juta liter dengan nilai absolut di atas Rp 2 triliun. Padahal tingkat konsumsi es krim di Indonesia masih tergolong rendah dengan tingkat konsumsi sebesar 0,2 liter/orang/tahun. Apabila dibandingkan dengan negara tetangga seperti Thailand dan Malaysia, tingkat konsumsi es krim di Indonesia masih jauh di bawahnya. Di kedua negara ini tingkat konsumsi es krim sudah mencapai angka 1,2-2 liter/orang/tahun (Hidayat, 2008).

Sebenarnya tidak menutup kemungkinan bahwa perkembangan pasar industri es krim di Indonesia bisa berkembang dengan lebih pesat. Selain bisa memperluas pasar dengan merambah ke segmentasi konsumen yang belum terjangkau, peluang untuk ekspor pun terbuka lebar. Oleh karena itu, sudah sepantasnya seluruh pihak-pihak yang terkait seperti pemerintah, investor, maupun kalangan akademisi, memberikan perhatian yang lebih terhadap pengembangan lebih lanjut industri es krim.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memperkuat industri es krim adalah dengan menciptakan lingkungan kerja yang kondusif bagi industri tersebut dengan melakukan pengembangan dalam bidang produksi dan pengolahan. Maka diperlukan peranan penting seorang Teknik Industri sebagai ahli rekayasa system yang dapat berpartisipasi aktif dalam menciptakan sistem kerja yang ergonomis bagi para pekerja di industri es krim.

Ergonomi ialah suatu ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan lingkungan dan alat kerja yang dipakai sehingga dapat berperan untuk menyelesaikan masalah ketidakserasian manusia dengan peralatan yang dipakai (Bridger, 1995). Hal-hal yang perlu mendapat perhatian adalah beban kerja yang meliputi alat, metode dan lingkungan yang disesuaikan dengan kemampuan dan batasan manusia penerima tugas yang dalam hal ini adalah pekerja industri es krim.

Ergonomi berfokus pada peningkatan produktivitas dan kualitas sistem kerja. Dengan ergonomi, sistem kerja dirancang sedemikian rupa dengan memperhatikan variasi pekerja dalam hal kemampuan dan keterbatasan (fisik, psikis, dan sosio-teknis) dengan pendekatan *human-centered design* (HCD). Analisis ergonomi diperlukan untuk mengidentifikasi permasalahan ergonomi di suatu lingkungan kerja. Analisis ergonomi dilakukan dengan mengevaluasi lingkungan kerja, postur kerja, jenis pekerjaan, pengangkatan dan pengangkutan, faktor-faktor resiko bahaya, derajat tingkat resiko bahaya, prioritas atau fokus program perbaikan sistem kerja, tindakan koreksi dan lainnya. Ergonomi yang digunakan untuk mendesain sistem kerja yang efektif, aman, nyaman, dan sehat tentunya akan dapat mengurangi timbulnya risiko cedera dan kecelakaan kerja pada pekerja.

Pada proses produksi di pabrik es krim, sebagian besar kegiatan produksi merupakan kegiatan berulang (*repetitive action*), *manual handling* dengan beban angkat yang sangat bervariasi (antara 2 kg sampai 20 kg), dan bersifat monoton. Untuk memenuhi tingkat permintaan pasar yang cukup tinggi dari dalam dan luar negeri, terkadang faktor-faktor manusia kurang diperhatikan dan para pekerjalah yang harus bekerja sesuai dengan kinerja mesin yang telah diatur untuk memenuhi tingkat permintaan dari produk yang dihasilkan oleh mesin tersebut. Oleh karena itu, setiap unit stasiun kerja harus memenuhi kaidah *ergonomic workplace*, supaya pekerja dapat bekerja dengan beban kerja yang sesuai dengan kemampuannya serta aman dan nyaman, sehingga secara tidak langsung dan dalam jangka panjang mereka dapat bekerja secara lebih produktif.

Salah satu metode untuk menganalisis apakah suatu sistem kerja telah memenuhi kaidah-kaidah ergonomis adalah dengan pendekatan *virtual human modeling* dengan menggunakan *software* Jack. JackTM adalah *Human Simulation and Ergonomic Software* yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai ergonomis dari produk maupun metode kerja. *Software* ini memungkinkan penggunaanya untuk memposisikan model biomekanikal 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 ergonomi.

Penelitian ini dilakukan dengan mengkombinasikan metode-metode analisis ergonomi yang difasilitasi oleh *Jack Task Analysis Toolkit* (TAT). Penelitian ini menggunakan metode *Posture Evaluation Index* (PEI) yang mengintegrasikan hasil analisis ergonomi dari tiga buah metode: *low back analysis* (LBA), *ovako working posture analysis* (OWAS), dan *rapid upper limb assessment* (RULA) yang berfungsi untuk menganalisa kelayakan postur kerja dari setiap unit stasiun kerja yang ada.

Penelitian ini juga menghitung seberapa besar *Lifting Index* (LI) dari setiap pekerjaan yang disesuaikan dengan standar dari NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*). Dari hasil analisis ini, akan dibuat model konfigurasi usulan stasiun kerja yang ergonomis, baik dari segi postur kerja maupun dari segi rekomendasi kapasitas beban angkat yang diperbolehkan sehingga nantinya diharapkan dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman bagi para pekerja yang dapat turut serta mendukung peningkatan produktivitas dari pabrik es krim.

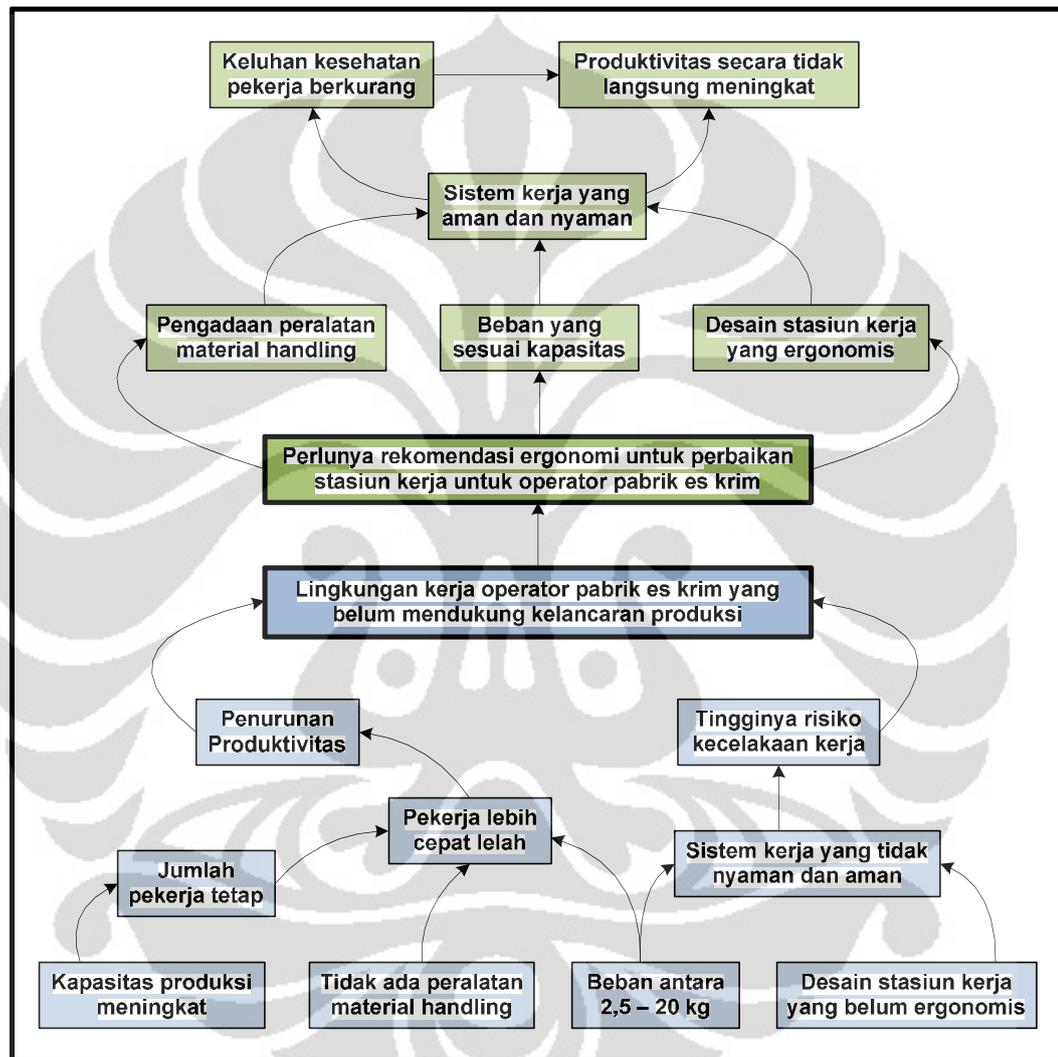
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Untuk dapat melihat permasalahan yang ada dalam penelitian ini secara utuh, termasuk bagaimana setiap sub-permasalahan saling berinteraksi dan berhubungan satu sama lain, maka dibuatlah diagram keterkaitan masalah. Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dibuat diagram keterkaitan masalah seperti pada gambar 1.1.

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan diagram keterkaitan masalah, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah kondisi lingkungan kerja operator mesin pada pabrik es krim yang belum mendukung kelancaran proses produksi. Permasalahan ini timbul akibat desain stasiun kerja yang belum ergonomis, kapasitas beban yang harus diangkat operator, dan tidak adanya peralatan *material handling*. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis ergonomi untuk menentukan postur kerja dan

kapasitas beban angkat yang diperbolehkan bagi operator *cone filling machine* yang didukung dengan desain stasiun kerja yang ergonomis dan peralatan *material handling*. Metode pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode PEI (*Posture Evaluation Index*) dan LI (*Lifting Index*) pada model manusia dengan *virtual human modelling*.



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Tujuan yang berupa *output* yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah membuat model manusia digital pekerja dan model operasi pekerjaan pada area *cone filling machine* pabrik es krim.

2. Tujuan yang berupa *outcome* yaitu rekomendasi desain stasiun kerja dan peralatan *material handling* yang ideal terhadap postur pekerja dan kapasitas beban yang diperbolehkan pada area *cone filling machine* pabrik es krim.

Manfaat dan hasil dari dilaksanakannya penelitian ini adalah:

1. Mengurangi risiko terjadinya kecelakaan kerja dan dampak penurunan kesehatan jangka panjang pada operator di area mesin akibat sistem kerja yang belum memperhatikan keamanan dan kenyamanan pekerja.
2. Dengan stasiun kerja yang ergonomis, operator tidak cepat merasa lelah ketika bekerja, dan lebih termotivasi dan semangat untuk bekerja lebih giat.
3. Menurunkan biaya kompensasi kesehatan yang harus dibayarkan perusahaan dan jumlah ketidakhadiran operator pada jadwal kerja yang ditetapkan.
4. Peningkatan kapasitas produksi dapat dilakukan secara berkala dan tidak menimbulkan dampak yang cukup signifikan terhadap operator.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk proses pengambilan data, PT. X dipilih sebagai representasi pabrik es krim karena kredibilitasnya sebagai salah satu dari perusahaan es krim terbesar di Indonesia.
2. Penelitian dilaksanakan hanya pada area *cone filling machine*, yaitu mesin pembuat es krim berbentuk cone di PT. X.
3. Objek penelitian dibatasi hanya merupakan operator yang berjenis kelamin laki-laki saja di area *cone filling machine*.
4. Penelitian dilakukan tanpa mempertimbangkan faktor lingkungan pada area *cone filling machine*.
5. Penelitian dilakukan tanpa memperhitungkan faktor psikososial pekerja.
6. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *ergonomic tools* yang terdapat pada *Jack Task Analysis Toolkit* di *software Jack 6.1* yang menjadi *tool* utama penelitian ini.
7. Analisis ergonomi pada penelitian ini difokuskan hanya dengan metode PEI (*Posture Evaluation Index*) dan LI (*Lifting Index*).

8. Penelitian dibatasi hanya sampai memberikan usulan perbaikan yang dapat diimplementasikan, tidak sampai tahap pengimplementasian usulan tersebut.
9. Penelitian dilakukan dengan tidak mempertimbangkan faktor biaya.
10. Penelitian tidak memperhatikan dampak terhadap produktivitas secara langsung.

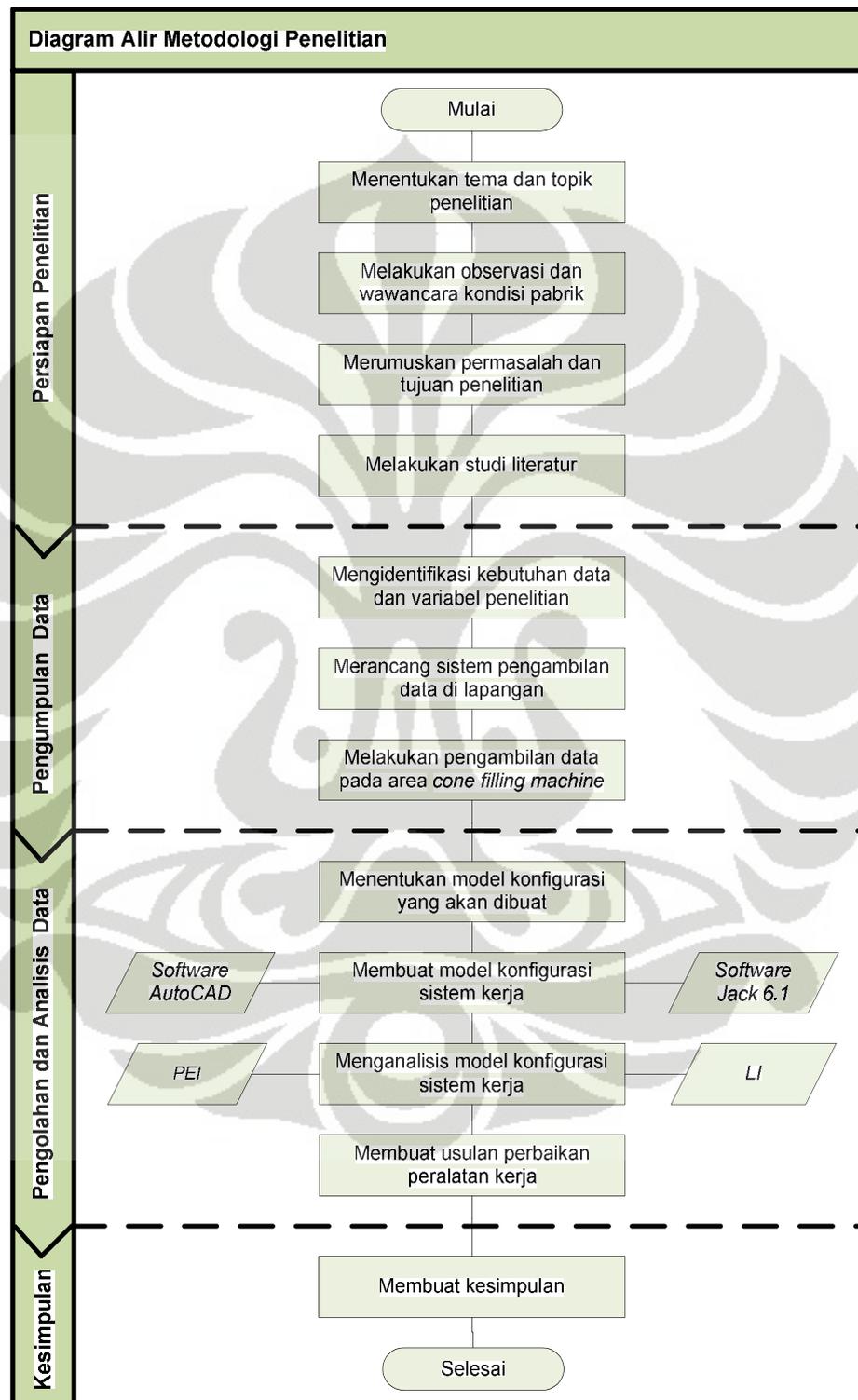
1.6 Metodologi Penelitian

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

1. Tahap persiapan penelitian
 - a. Menentukan tema dan topik penelitian.
 - b. Melakukan observasi langsung kondisi pabrik dan wawancara untuk mengetahui area kerja yang rentan terhadap risiko ergonomi.
 - c. Merumuskan permasalahan dan tujuan penelitian.
 - d. Melakukan studi literatur yang berkaitan dengan kebutuhan penelitian.
2. Tahap pengumpulan data
 - a. Mengidentifikasi kebutuhan data dan variabel penelitian berdasarkan hasil observasi.
 - b. Merancang sistem pengambilan data di lapangan.
 - c. Melaksanakan pengambilan data pada area *cone filling machine*.
3. Tahap pengolahan dan analisis data
 - a. Menentukan model konfigurasi yang akan dibuat berdasarkan hasil observasi.
 - b. Membuat model konfigurasi sistem kerja yang telah ditentukan dengan menggunakan *virtual human modelling* di *software* Jack dengan terlebih dahulu membuat spesifikasi stasiun kerja dan peralatannya di *software* Auto CAD.
 - c. Menganalisis model konfigurasi sistem kerja dengan metode PEI (*Posture Evaluation Index*) dan LI (*Lifting Index*).
 - d. Membuat usulan ergonomis perbaikan sistem kerja pada area *cone filling machine*

4. Tahap penarikan kesimpulan

Pada gambar 1.2 adalah diagram alir yang menggambarkan metodologi penelitian secara keseluruhan.



Gambar 1.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penulisan penelitian ini terbagi ke dalam lima bab, yaitu pendahuluan, landasan teori, metode penelitian, analisis, dan kesimpulan. Bab 1 adalah bab pendahuluan yang berisikan latar belakang pemilihan topik penelitian ini. Hal ini diperjelas dengan menguraikan tujuan, manfaat, dan hasil yang ingin dicapai dari penelitian serta ruang lingkup penelitian agar penelitian dapat lebih fokus pada tujuannya. Selain itu juga dijelaskan mengenai metodologi penelitian dan sistematika penulisan agar dapat diperoleh gambaran awal tentang langkah-langkah dan susunan proses penelitian ini.

Bab 2 adalah bab landasan teori. Bab ini berisikan penjelasan mengenai ergonomi, *ergonomic workplace*, antropometri, *musculoskeletal disorders*, *virtual environment*, *software Jack*, *Static Strength Prediction (SSP)*, *Low Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis (OWAS)*, *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*, *Posture Evaluation Index (PEI)*, dan NIOSH (*National Institute Occupational for Safety and Health*) *Lifting*.

Bab 3 adalah bab metode penelitian. Bab ini berisi mengenai data-data yang dikumpulkan terdiri dari profil singkat PT X, profil singkat pabrik es krim, gambaran mengenai proses produksi es krim, dan area *cone filling machine*, metode dan rangkaian kegiatan kerja untuk setiap stasiun kerja, spesifikasi ukuran tiap mesin, dan data antropometri dari para pekerja. Pada bab ini juga dibahas mengenai tahapan pembuatan *virtual human modeling* dan cara-cara melakukan analisis postur kerja ergonomis dengan metode *posture evaluation index (PEI)* dan *lifting index (LI)* untuk menentukan model usulan yang paling ergonomis.

Bab 4 merupakan analisis. Pada bab keempat ini akan dibahas mengenai analisis hasil pengolahan data yang didapatkan berupa analisis ergonomi SSP, LBA, OWAS dan RULA kemudian akan dihitung menjadi PEI. Sementara itu, hasil analisis ergonomi NIOSH akan menghasilkan LI dan RWL. Analisis dalam penelitian ini terdiri atas tiga bagian utama, yaitu analisis kondisi aktual model area *cone filling machine*, analisis model konfigurasi, serta analisis perbandingan model aktual dengan konfigurasi ideal.

Bab 5 merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab 2 adalah bab landasan teori. Bab ini berisikan penjelasan mengenai ergonomi, *ergonomic workplace*, antropometri, *musculoskeletal disorders*, *virtual environment*, *software Jack*, metode *Static Strength Prediction (SSP)*, metode *Low Back Analysis (LBA)*, metode *Ovako Working Posture Analysis (OWAS)*, metode *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*, metode *Posture Evaluation Index (PEI)*, dan metode NIOSH (*National Institute Occupational for Safety and Health Lifting*).

2.1 Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu “*ergo*” yang berarti kerja dan “*nomos*” yang berarti aturan. Sehingga ergonomi seringkali diartikan sebagai ilmu yang mempelajari bagaimana membuat desain dari suatu pekerjaan yang sesuai dengan pekerjaannya, dan bukan sebaliknya memaksa pekerja untuk menyesuaikan diri terhadap pekerjaan tersebut.

Ergonomi adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman dan nyaman (Sutalaksana, 1982, p. 65). Ergonomi yang secara umum diartikan sebagai “*the study of work*” telah mampu membawa perubahan yang signifikan dalam mengimplementasikan konsep peningkatan produktivitas melalui efisiensi penggunaan tenaga kerja dan pembagian kerja berdasarkan spesialisasi-keahlian kerja manusia (Bridger, 1995; Sanders & McCormick, 1993).

Ketika ergonomi diimplementasi dalam mendesain suatu sistem, akan tercipta sebuah sistem yang bekerja lebih baik dengan mengeliminasi aspek-aspek fungsi dari suatu sistem yang tidak diinginkan, tidak dapat dikontrol, atau yang seharusnya tidak diperhitungkan, seperti (Bridger, 2003, p. 1-2):

- ketidakefisiensian karena pekerja menghasilkan output yang tidak maksimal
- kelelahan akibat desain pekerjaan yang kurang baik

- insiden, cedera, dan kesalahan
- kesulitan yang dialami pekerja akibat kombinasi pekerjaan yang tidak sesuai sehingga interaksi yang terjadi akan tampak tidak alami dan tidak praktis
- kurang semangat dan kelesuan pekerja

Ilmu ergonomi dapat diaplikasikan pada berbagai macam aspek kerja, diantaranya:

1. Posisi kerja

Posisi ketika bekerja, baik berdiri ataupun duduk merupakan posisi kerja yang sering dievaluasi dengan menggunakan pendekatan ergonomi. Posisi berdiri yang baik adalah posisi dimana letak tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada kedua kaki. Sedangkan posisi duduk yang baik adalah posisi dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan stabil selama bekerja.

2. Proses kerja

Pendekatan ergonomi biasanya digunakan untuk mengevaluasi jangkauan dan gerakan pekerja pada stasiun kerjanya supaya sesuai dengan ukuran antropometri pekerja tersebut dan posisi sewaktu bekerja.

3. Tata letak tempat kerja

Tata letak yang baik memudahkan pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Dalam evaluasi tata letak, yang ditekankan adalah kemudahan pekerja meraih objek dan jangkauan penglihatan pada saat melakukan suatu pekerjaan.

4. Pengangkatan beban

Pendekatan ergonomi digunakan untuk mencari solusi optimal dalam mengangkat suatu beban, sehingga beban yang diangkat tidak menimbulkan gangguan cedera pada tulang punggung, leher, bahu dan anggota tubuh lainnya

2.2 *Ergonomic Workplace*

Desain tempat kerja yang ergonomis (*ergonomic workplace*) memiliki hubungan yang erat dengan keselamatan dan kesehatan pekerja. Kondisi kerja yang tidak memperhatikan kenyamanan, kepuasan, keselamatan dan kesehatan kerja tentunya akan sangat berpengaruh terhadap produktivitas kerja manusia.

Tubuh manusia mempunyai rentang gerak (*range of movement*). Pergerakan yang dilakukan dalam rentang gerak akan memperlancar peredaran darah manusia dan lebih fleksibel sehingga manusia menjadi lebih nyaman ketika bergerak dan produktivitasnya meningkat. Dalam mendesain suatu tempat kerja maka harus diperhatikan rentang gerak manusia untuk membantu mengurangi kelelahan dan gangguan otot (Openshaw & Taylor, 2006).

Selain itu, desain tempat kerja harus dapat mengakomodasi karakteristik dari pekerja dan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja tersebut. Secara umum terdapat dua jenis postur kerja yang umum ditemui dalam suatu industri manufaktur, yaitu pekerjaan dalam posisi duduk (*sitting work*) dan posisi berdiri (*standing work*).

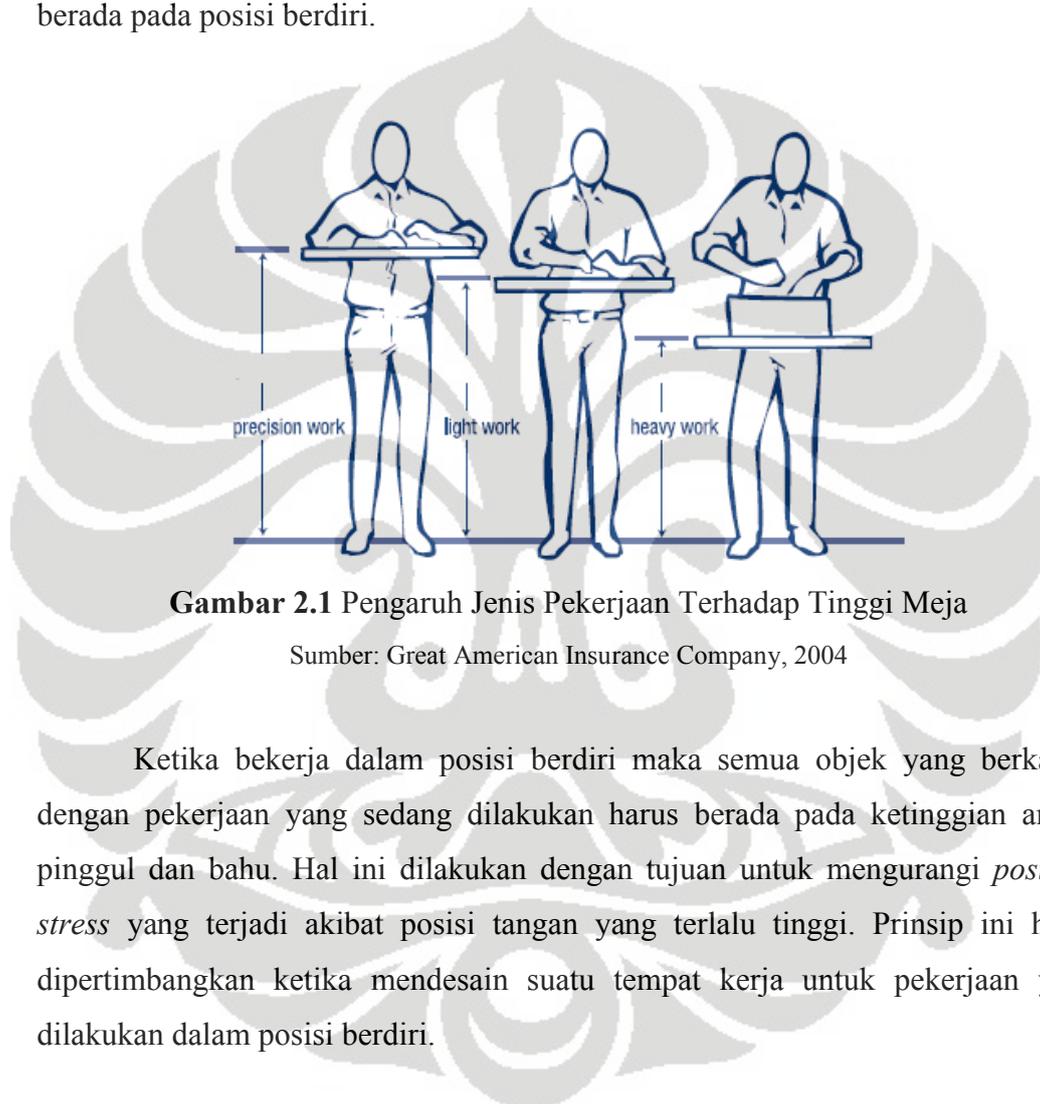
Posisi berdiri pada saat bekerja sangat dipengaruhi oleh ketinggian permukaan kerja (*work-surface height*). Ketinggian permukaan kerja haruslah sesuai dengan penggunaannya. Apabila ketinggian permukaan kerja terlalu tinggi maka mengakibatkan bahu dan lengan atas akan terangkat ke dalam posisi tidak nyaman yang dapat menyebabkan kelelahan dan nyeri otot. Sedangkan apabila ketinggian permukaan kerja terlalu rendah, leher dan kepala akan tertunduk sehingga dapat mengakibatkan tulang belakang dan otot menegang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa stasiun kerja yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menyebabkan kelelahan dan nyeri otot pekerjanya.

Ketinggian permukaan kerja yang digunakan untuk bekerja dipengaruhi oleh jenis pekerjaan yang dilakukan. Berikut ini adalah beberapa rekomendasi ketinggian permukaan kerja yang ideal sesuai jenis pekerjaan untuk *standing workstation* (Sanders & McCormick, 1993; Heleander, 2006):

- 2 sampai 4 inci (5-10 cm) di atas tinggi siku dan dengan penyangga tangan untuk tipe pekerjaan *precision work*, yaitu pekerjaan dengan beban atau tekanan kurang dari 1 kg atau membutuhkan ketelitian penglihatan, seperti mengetik atau *electronic assembly*
- 2 sampai 4 inci (5-10 cm) di bawah tinggi siku untuk tipe pekerjaan *light* atau *normal work*, yaitu pekerjaan dengan beban atau tekanan kurang dari 5 kg, seperti jenis pekerjaan mekanik, *packaging*, atau *assembly line*

- 4 sampai 8 inci (10-20 cm) di bawah tinggi siku untuk jenis pekerjaan *heavy work*, yaitu pekerjaan mendorong, mengangkat, atau memindahkan yang membutuhkan banyak gaya, atau dengan beban 5 kg.

Rekomendasi rancangan stasiun kerja untuk pekerja dengan posisi berdiri sangat dipengaruhi oleh tinggi siku yang ada pada populasi pekerja. Tinggi siku (*elbow height*) merupakan jarak antara permukaan lantai dengan siku pekerja yang berada pada posisi berdiri.



Gambar 2.1 Pengaruh Jenis Pekerjaan Terhadap Tinggi Meja

Sumber: Great American Insurance Company, 2004

Ketika bekerja dalam posisi berdiri maka semua objek yang berkaitan dengan pekerjaan yang sedang dilakukan harus berada pada ketinggian antara pinggul dan bahu. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi *postural stress* yang terjadi akibat posisi tangan yang terlalu tinggi. Prinsip ini harus dipertimbangkan ketika mendesain suatu tempat kerja untuk pekerjaan yang dilakukan dalam posisi berdiri.

2.3 Antropometri

Antropometri adalah cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari pengukuran tubuh manusia, khususnya ukuran, bentuk, kekuatan, dan kapasitas kerja tubuh. Antropometri berasal dari bahasa Yunani, yaitu “*anthropos*” (manusia) dan “*metron*” (mengukur). Data antropometri digunakan dalam kajian ergonomi untuk menentukan dimensi fisik dari tempat kerja, peralatan, perabotan,

dan pakaian yang bertujuan untuk memastikan bahwa ketidaksesuaian secara fisik antara dimensi peralatan dan produk dengan dimensi yang berkaitan dengan pengguna dapat dihindari (Bridger, 2003, p. 58).

Dalam menggunakan data antropometri untuk mendesain suatu produk atau stasiun kerja, data tersebut harus dapat merepresentasikan populasi manusia yang akan menggunakannya. Atau dengan kata lain, desain tersebut harus dapat mengakomodasi populasi pengguna yang memiliki ukuran tubuh yang beragam.

Oleh karena itu, banyak digunakan konsep persentil untuk memudahkan dalam perancangan. Penggunaan konsep persentil ditujukan untuk memberi aspek keamanan dan kenyamanan bagi manusia di dalam alat atau sistem kerja yang dirancang. Persentil pada dasarnya menyatakan persentase manusia dalam suatu populasi yang memiliki dimensi tubuh yang sama atau lebih kecil dari nilai tersebut. Umumnya persentil yang digunakan dalam perancangan adalah persentil 5, 50, dan 95. Nilai *95th percentile*, menandakan bahwa 95% dari populasi berada dibawah nilai tertinggi atau mewakili sebagian besar populasi. Nilai *50th percentile* menandakan nilai tengah (median), dimana 50% populasi berada di atas median, dan sisanya berada di bawah median. Sedangkan *5th percentile* menandakan bahwa hanya 5% dari populasi yang berada dibawah nilai terendah, atau hanya mewakili sebagian kecil populasi.

Tabel 2.1 Penjelasan Pengukuran Persentil

Percentile Description	
5th	5% of the population is smaller
50th	Average value
95th	95% of the population is smaller

Sumber: Helander, 2006, p. 149

Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam melakukan pengukuran antropometri:

1. Menentukan dimensi tubuh yang berpengaruh terhadap desain penelitian.
2. Menentukan populasi yang akan menjadi objek penelitian. Penentuan populasi ini akan berpengaruh pada interval data yang akan digunakan.

3. Menentukan konsep pengukuran yang akan diaplikasikan (*design for extremes, for adjustability, or for the average*).
4. Menentukan persentase populasi yang dapat diakomodasi dari hasil pengukuran ini.
5. Melokasikan meja antropometri yang cocok untuk populasi kemudian mengambil nilai-nilai yang relevan dengan konsep penelitian.
6. Menentukan *allowance* jika objek yang diteliti mengenakan pakaian khusus.

Terdapat 3 prinsip umum dalam mengaplikasikan data antropometri pada suatu aktivitas perancangan tertentu, yaitu (Niebel & Freivalds, 2003):

- *design for extremes*

Dalam beberapa kondisi, dimensi desain yang spesifik dapat menjadi faktor yang membatasi penggunaan suatu fasilitas oleh individu. Untuk mengatasi keterbatasan penggunaan oleh individu yang memiliki ukuran tubuh yang ekstrim (terlalu besar ataupun terlalu kecil dibandingkan rata-rata), maka perlu digunakan nilai parameter maksimum dan minimum yang mampu mengakomodasi ukuran yang ekstrim tersebut. Parameter pengukuran yang digunakan untuk dimensi maksimum adalah dengan menggunakan persentil 95 dari ukuran tubuh laki-laki, sedangkan parameter pengukuran untuk dimensi minimum menggunakan persentil 5 dari ukuran tubuh perempuan. Penggunaan kedua persentil ini dapat mengakomodasi keseluruhan populasi.

- *design for adjustability*

Rancangan produk yang dihasilkan bersifat fleksibel karena bisa diubah-ubah untuk berbagai macam ukuran tubuh. Untuk mendapatkan rancangan desain yang bisa diubah-ubah ini maka data antropometri yang umumnya digunakan adalah dalam rentang ukuran persentil antara persentil 5 dari tubuh perempuan dan persentil 95 dari ukuran tubuh laki-laki. Desain dengan jarak yang dapat disesuaikan merupakan metode desain yang ideal, namun tidak selalu memungkinkan untuk menerapkan hal tersebut pada sebuah desain.

- *design for the 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. Namun, seringkali ukuran rata-rata diambil untuk mengatasi kompleksitas dari ukuran antropometri. Suatu ukuran rata-rata dapat diterima apabila situasinya tidak meliputi pekerjaan yang bersifat kritis dan dilakukan setelah melalui pertimbangan yang hati-hati, serta bukan sebagai jalan keluar desain yang bersifat praktis

2.4 *Work related Musculoskeletal Disorders (WMSD)*

Kondisi yang tidak ergonomis selama bekerja dapat memicu terjadinya *Work related Musculoskeletal Disorders (WMSD)* yang merupakan fenomena atau kejadian yang berhubungan dengan kerja. Beberapa literatur menjelaskan bahwa pekerjaan tertentu dan khusus merupakan faktor penyebab risiko terkenanya WMSD begitu pula dengan pekerjaan lain yang tidak memperlihatkan adanya faktor risiko yang terjadi (Silverstein, 1985; Ayoub dan Wittels, 1989; Stock, 1991; Hagberg, 1992).

Keluhan otot skeletal pada umumnya terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat pemberian beban kerja yang terlalu berat dengan durasi pembebanan yang panjang. Sebaliknya, keluhan otot kemungkinan tidak terjadi apabila kontraksi otot hanya berkisar antara 15 – 20 % dari kekuatan otot maksimum. Namun apabila kontraksi otot melebihi 20%, maka peredaran darah ke otot berkurang menurut tingkat kontraksi yang dipengaruhi oleh besarnya tenaga yang diperlukan. Suplai oksigen ke otot menurun, proses metabolisme karbohidrat terhambat dan sebagai akibatnya terjadi penimbunan asam laktat yang menyebabkan timbulnya rasa nyeri otot (Suma'mur, 1982).

Secara garis besar, keluhan otot muskuloskeletal dikelompokkan menjadi dua (Tarwaka et al., 2004):

1. Keluhan sementara, yaitu keluhan otot yang terjadi pada saat otot menerima beban statis, namun demikian keluhan tersebut akan segera hilang apabila pembebanan dihentikan.
2. Keluhan menetap, yaitu keluhan otot yang bersifat menetap. Walaupun pemberian beban kerja telah dihentikan, namun rasa sakit pada otot masih terus berlanjut.

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya keluhan otot muskuloskeletal yaitu:

- Posisi kerja yang tidak alamiah (*awkward posture*)
- Pengulangan pekerjaan pada satu jenis otot
- Penggunaan tenaga yang berlebihan
- Posisi kerja yang statis
- Terjadi kontak bagian tubuh dengan lingkungan ataupun peralatan kerja
- Metode atau cara kerja
- Jam kerja yang terlalu panjang

Di samping tujuh faktor tersebut di atas, faktor lingkungan kerja fisik seperti paparan kebisingan, suhu, getaran dan pencahayaan yang kurang baik juga akan mempengaruhi timbulnya keluhan pada otot. Selain lingkungan kerja fisik faktor lingkungan kimia, biologi dan psikososial juga sangat mempengaruhi terjadinya keluhan pada otot. Untuk itu dalam melakukan identifikasi dan analisis bahaya perlu mencakup faktor pekerja pekerjaan dan lingkungan kerja.

Ergonomi adalah pencegahan untuk menghindari *musculoskeletal disorder* tersebut. Terdapat beberapa panduan ergonomi yang telah dibuat oleh Silverstein, Fine, dan Armstrong, yaitu:

- a. Gerakan berulang (*repetitive*)
 1. Gunakan bantuan mekanis atau dengan otomatisasi mesin, misalnya dalam pengemasan barang, gunakan lebih banyak bantuan alat daripada tangan.
 2. Analisa pekerjaan, untuk mengurangi gerakan yang tidak perlu.
 3. Rotasi pekerjaan yang mempunyai gerakan yang berbeda.
 4. Mengurangi lembur (*over time*) dan rangsangan upah lebih (*incentives*).
 5. Rancang perkakas sesuai dengan tangan yang digunakan, kanan atau kidal.
- b. Gerakan sangat kuat (*Forceful*)
 1. Kurangi berat dan atau ukuran perkakas yang digunakan agar sesuai dengan kekuatan normal tangan.

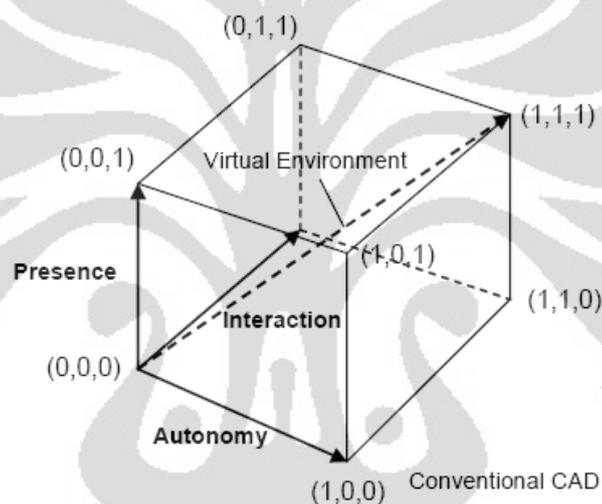
2. Gunakan perkakas yang bergaya berat di telapak atau genggaman tangan agar beban menyebar ke otot dan persendian, gunakan perkakas yang kurang memerlukan pergerakan pergelangan tangan.
 3. Jangan menggunakan perkakas licin, perkakas yang gerakannya menyentak, atau perkakas yang banyak memelintir.
- c. Sikap tubuh yang kaku
1. Sesuaikan jenis pekerjaan dengan pekerja.
 2. Hindari gerakan abduksi (fleksio ke depan) $30-40^{\circ}$, fleksio siku atau ekstensi $>20^{\circ}$, hindari gerakan yang sering memutar leher.
 3. Posisi pergelangan tangan harus selalu netral, dengan membuat pekerjaan lebih mudah dijangkau.
- d. Tekanan mekanis
1. Mengalasi atau memberi bantalan pada pegangan perkakas yang digunakan, panjangkan atau lebarkan perkakas sesuai dengan genggaman, agar tekanan mekanis merata pada permukaan tangan.
 2. Jangan memegang bagian perkakas yang bertepi tajam.
- e. Pengendalian getaran
1. Gunakan isolator (alat peredam) vibrator.
 2. Hindari penggunaan perkakas pemutar yang kuat.
- f. Penggunaan perlindungan tangan
1. Pergunakan yang sesuai ukuran tangan, dan melindungi bagian tangan yang memerlukan, misalnya untuk melindungi jari, gunakan *cellotape* jari tangan, jangan sarung tangan. Sarung tangan memerlukan gerakan yang lebih kuat, mengurangi sensasi raba, memerlukan ruang lebih besar sehingga resiko terjepit pada mesin dapat lebih besar.
 2. Mengurangi dingin, jika pekerja berada di dalam lingkungan dingin.

2.5 *Virtual Environment*

Perkembangan teknologi grafis dan *software* komputer yang begitu cepat memungkinkan dibuatnya gambar-gambar digital, yang merupakan visualisasi dari kondisi lingkungan sebenarnya. Perkembangan ini telah mengubah proses perancangan dengan komputer, dari dua dimensi menjadi tiga dimensi, sehingga

visualisasi menjadi semakin nyata. *Virtual environment* (VE) adalah representasi dari sistem fisik yang dihasilkan oleh komputer, yaitu suatu representasi yang memungkinkan penggunaanya untuk berinteraksi dengan lingkungan sintetis sesuai dengan lingkungan nyata. Istilah *virtual environment* mempunyai makna yang sama dengan istilah *virtual reality* yang diciptakan oleh Jaron Lanier. Namun, istilah *virtual reality* lebih familiar bagi publik (Kalawsky, 1993, hal. 396).

Dalam *virtual reality* terdapat tiga buah komponen; otonomi, keberadaan, dan interaksi yang kesemuanya berada pada nilai maksimalnya dalam kubus Zelter (Zelter, 1992). Gambar 2.2 di bawah menunjukkan dimensi dari *virtual reality*.



Gambar 2.2 Kubus Zelter dalam Konsep *Virtual Reality*

Sumber: Kalawsky, 1993, hal.43

Menurut Zeltzer pada tahun 1992:

- Otonomi (O) mengacu pada pengukuran kualitatif dari kemampuan objek virtual untuk bereaksi terhadap kejadian dan stimuli. Angka 0 berlaku apabila tidak ada reaksi yang muncul dan angka 1 berlaku apabila otonomi berada dalam kondisi maksimum.
- Interaksi (I) mengacu pada tingkat aksesibilitas terhadap parameter atau variabel dari sebuah objek. Angka 0 diberikan pada kontrol variabel yang tidak dilakukan secara langsung (*non-real time*), sedangkan angka 1 diberikan

jika variabel dapat dimanipulasi secara langsung (*real time*) ketika program sedang dijalankan.

- Keberadaan (K) mengacu pada tingkat keberadaan dengan suatu ukuran ketelitian dari sensor *input* dan saluran *output*. Tingkat keberadaan sangat bergantung pada kebutuhan dari pekerjaan yang akan dilakukan.

Dalam *virtual reality*, titik (1,1,1) sebagai (O,I,K) dalam kubus Zelter menunjukkan kondisi dimana simulasi dapat benar-benar merepresentasikan dunia nyata sehingga akan sulit dibedakan antara dunia nyata dengan simulasi tersebut. Titik (0,1,0) mengindikasikan bahwa pengguna dapat mengatur semua variabel dari objek atau model secara *real time* selama program berjalan. Titik (0,1,1) merepresentasikan sebuah situasi dimana terdapat tingkat otonomi dan keberadaan yang tinggi, tetapi dengan tingkat interaksi yang rendah. Di dunia ini, seorang manusia dapat menjadi peneliti pasif dengan kebebasan yang dia miliki dilihat dari sudut pandangnya, tetapi tetap memungkinkan “mencelupkan” dirinya pada lingkungan virtual (Kalawsky, 1993).

Virtual environment digunakan dalam sejumlah pekerjaan desain teknik, misalnya *workplace design*, *assembly planning*, perencanaan dan penilaian ergonomi, serta dalam pendidikan dan pelatihan *safety engineering and maintenance* (Maata, 2003).

Virtual environment memiliki atribut seperti di bawah ini (Wilson et al., 1995):

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

Simulasi dalam lingkungan virtual harus dapat mensimulasikan bagaimana model manusia (*virtual human*) berada pada lokasi yang baru, berinteraksi dengan

objek dan lingkungan, serta mendapat respon balik yang tepat dari objek yang mereka manipulasi (Wilson 1999).

Virtual human adalah model biomekanis yang akurat dari sosok manusia. Model ini, sepenuhnya meniru gerakan manusia sehingga memungkinkan bagi para peneliti untuk melakukan simulasi aliran proses kerja, dan melihat bagaimana beban kerja yang diterima model ketika melakukan suatu rangkaian pekerjaan tertentu.

Lapangan aplikasi dari *virtual environment* sangatlah luas. Beberapa di antaranya adalah (Maata, 2003).

- Dalam bidang arsitektur, VE digunakan untuk mengevaluasi desain dari struktur baru.
- Dalam bidang pendidikan dan pelatihan, VE digunakan untuk memperlihatkan pada orang bentuk-bentuk dunia seperti permukaan planet, model molekul, atau bagian dalam dari tubuh hewan. VE juga sudah digunakan untuk keperluan pelatihan pilot dan pengendara.
- Dalam bidang hiburan, VE digunakan oleh studio film, pembuat *video game*, dan perusahaan mainan.
- Dalam bidang kesehatan, VE digunakan dalam perencanaan terapi radiasi dan simulasi bedah untuk keperluan pelatihan.
- Dalam bidang informasi, VE digunakan untuk menyajikan sebuah set data yang rumit dalam bentuk yang mudah dimengerti.
- Dalam bidang ilmu pengetahuan, VE digunakan untuk memodelkan dan mengkaji sebuah fenomena yang rumit di komputer
- Dalam bidang *telepresence*, VE telah digunakan untuk mengembangkan alat kontrol dari robot (*telerobot*).

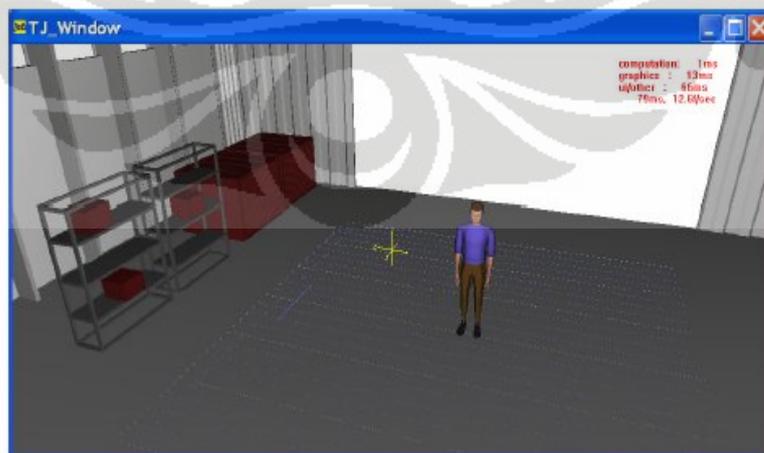
Berikut ini adalah contoh penggunaan *virtual environment* yang berhubungan langsung dengan kajian ergonomi yang bernilai positif bagi kesehatan dan keselamatan kerja:

- Penilaian ergonomis tempat kerja, pembagian tugas, seperti dalam perancangan untuk perakitan dan tata letak ruang kerja.
- Pelatihan teknisi pemeliharaan, misalnya untuk bekerja di lingkungan yang berbahaya.

- Perbaikan perencanaan dan pengawasan operasi
- Pelatihan umum untuk industri, termasuk prosedur untuk pergerakan material dan penggunaan mesin pelindung.
- Diagnosa kesalahan (*error*) yang terjadi dan perbaikan dalam proses yang berlangsung di pabrik.

Pembuatan lingkungan *virtual* membutuhkan penggunaan *software* dan *hardware*, sehingga lingkungan *virtual* bergantung pada perkembangan teknologi informasi. *Software Jack*, merupakan salah satu *software* yang dapat digunakan dalam pembuatan lingkungan *virtual* (*virtual environment*).

Software Jack 6.0 merupakan *software* permodelan dan simulasi manusia (*human modeling and simulation*) yang membantu dalam peningkatan aspek ergonomi dari desain produk dan stasiun kerja (*workplace*). *Software* ini memungkinkan pengguna untuk memposisikan model manusia secara akurat dalam lingkungan *virtual* (*virtual environment*), memberikan tugas kepada mereka dan menganalisis kinerja mereka. Model manusia dalam *software Jack* dapat memberikan informasi kepada pengguna tentang apa yang dapat mereka lihat dan jangkau, seberapa nyaman mereka, kapan dan mengapa mereka merasakan sakit, kapan mereka merasa lelah, dan informasi ergonomi lainnya. Informasi-informasi yang diperoleh dari *software Jack* tersebut dapat digunakan untuk merancang produk yang lebih aman dan ergonomis, serta proses kerja yang lebih cepat dengan biaya yang minimum.



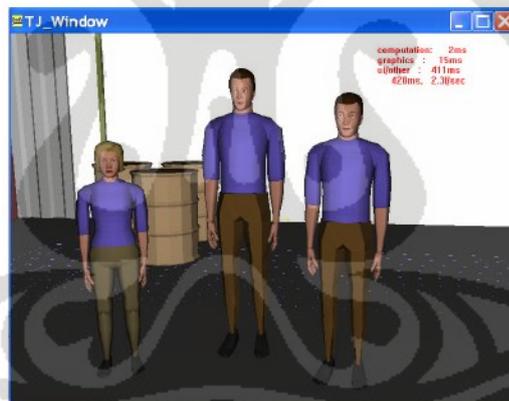
Gambar 2.3 Lingkungan (*Environment*) pada *Software Jack 6.0*

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

Software Jack 6.0 mempunyai beberapa kegunaan di antaranya adalah sebagai berikut:

- Membuat dan menggambarkan *digital mock-up* dari sebuah desain
- Membuat analisis ergonomi dari desain yang dibuat
- Mempelajari manusia dalam tempat kerja yang disimulasikan
- Melakukan evaluasi terhadap operasi pemeliharaan
- Menjadi alat bantu dalam proses pelatihan

Software Jack 6.0 bekerja dengan menggunakan figur yang merepresentasikan manusia sesungguhnya di dunia nyata. Fokus dari pengembangan yang dilakukan oleh *software Jack 6.0* adalah menciptakan model tubuh manusia yang paling akurat yang tersedia dalam sistem apapun. Kemampuan terbaik dari *software Jack 6.0* adalah mampu mengisi lingkungan (*environment*) dengan model biomekanikal yang tepat, data antropometri, dan karakteristik ergonomi yang berlaku di dunia nyata.



Gambar 2.4 Model Manusia dalam *Software Jack 6.0*

Sumber: Siemens PLM Software Inc., 2008, hal.82

Model manusia dalam *software Jack 6.0* beraksi seperti layaknya manusia sungguhan, misalnya mampu melakukan kegiatan berjalan dan dapat diperintahkan untuk mengangkat sebuah benda. Model manusia (manekin) ini juga memiliki “kekuatan” yang apabila telah melebihi batasnya, maka *software Jack* akan memberikan informasi kepada penggunanya. Selain itu, pengguna *software Jack* dapat memodelkan pria (Jack) maupun wanita (Jill) dalam berbagai macam ukuran tubuh berdasarkan populasi yang telah divalidasi. *Software Jack*

6.0 menggunakan *database* antropometri ANSUR (Army Natick Survey User Requirements) 1988 untuk membuat model manusia (manekin) standar. Namun, pengguna dapat menyesuaikan antropometri model manusia (manekin) tersebut sesuai dengan yang diinginkan.

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menggunakan *software* Jack 6.0 adalah sebagai berikut:

1. Membangun sebuah lingkungan *virtual* (*virtual environment*)
2. Membuat model manusia (manekin)
3. Memposisikan model manusia ke dalam lingkungan *virtual* (*virtual environment*)
4. Memberikan tugas kepada model manusia (manekin)
5. Menganalisis kinerja model manusia (manekin)

Software Jack 6.0 juga dilengkapi dengan fasilitas *Task Analysis Toolkits* (TAT) yang dapat membantu dalam proses analisis performa model manusia yang telah dibuat. *Jack Task Analysis Toolkits* (TAT) adalah sebuah modul tambahan dalam *software* Jack 6.0 yang dapat memperkaya kemampuan pengguna untuk menganalisis aspek ergonomi dan faktor manusia dalam desain kerja. Dengan TAT, para pengguna dapat menempatkan model manusia (manekin) ke dalam berbagai macam lingkungan (*environment*) untuk melihat bagaimana model manusia (manekin) tersebut melakukan tugas yang diberikan. TAT akan menaksir risiko cedera yang dapat terjadi berdasarkan postur, penggunaan otot, beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensi serta memberikan intervensi untuk mengurangi risiko. Modul ini dapat menunjukkan batasan maksimal kemampuan pekerja dalam mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, dan membengkokkan benda ketika melakukan pekerjaan. Selain itu, TAT juga dapat menunjukkan kegiatan-kegiatan yang tidak produktif dan rentan menjadi penyebab cedera atau kelelahan. Jack TAT terdiri dari:

1. *Low back analysis tool*
2. *Static strength prediction*
3. *National institute for occupational safety and health (NIOSH) lifting analysis*
4. *Metabolic energy expenditure*
5. *Fatigue and recovery analysis*

6. *Ovako working posture analysis (OWAS)*
7. *Rapid upper limb assessment (RULA)*
8. *Manual material handling limits*
9. *Predetermined time analysis*

2.6 **Static Strength Prediction (SSP)**

SSP adalah sebuah *tool* yang digunakan untuk mengevaluasi persentase dari populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melaksanakan suatu operasi kerja. Evaluasi yang dilakukan SSP dilakukan dengan mempertimbangkan postur, tenaga yang dibutuhkan dan antropometri. Prinsip dasar SSP adalah (Chaffin, Johnson & Lawton, 2003):

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

SSP menggunakan konsep biomekanika dalam perhitungannya. Konsep biomekanika tersebut adalah dengan melihat sistem muskuloskeletal yang memungkinkan tubuh untuk mengungkit (fungsi tulang) dan bergerak (fungsi otot). Pergerakan otot akan membuat tulang untuk cenderung berotasi pada setiap persendian yang ada. Besarnya kecenderungan berotasi ini disebut dengan momen rotasi pada suatu sendi. Selama terjadi pergerakan, maka akan terjadi usaha saling menyeimbangkan antara gaya yang dihasilkan oleh kontraksi otot dengan gaya yang dihasilkan oleh beban pada segmen tubuh dan faktor eksternal lainnya. Secara matematis hal ini dituliskan dalam persamaan:

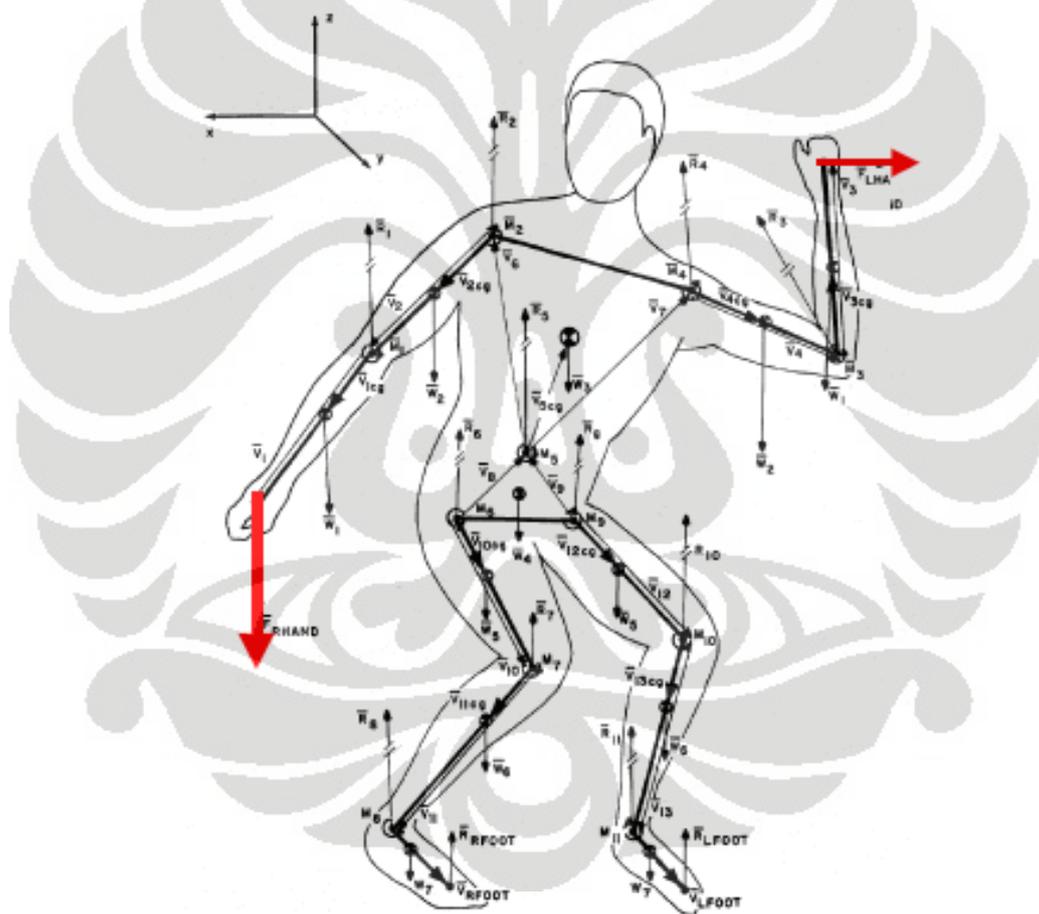
$$M_j = S_j \tag{2.1}$$

dimana M_j adalah gaya eksternal di setiap persendian dan S_j adalah gaya maksimum yang dapat dihasilkan oleh otot pada setiap persendian. Nilai dari M_j dipengaruhi oleh tiga faktor:

- beban yang dialami tangan (contohnya: beban mengangkat, gaya dorong, dan lain-lain)

- postur kerja ketika seseorang mengeluarkan usaha terbesarnya
- antropometri seseorang

Setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul maka data-data tersebut dioleh dengan mekanika Newton. Gaya yang didapatkan tubuh dari luar akan dikalikan dengan jarak antara titik tempat tubuh menerima gaya luar tersebut dengan persendian. Yang perlu diperhatikan dalam perhitungan ini adalah penentuan populasi sendi yang terkena dampak dari gaya luar tersebut. Gambar 2.5 adalah model biomekanika manusia yang digunakan untuk menghitung gaya pada sendi ketika melakukan suatu aktivitas.



Gambar 2.5 Model Biomekanika untuk Memprediksi Beban dan Gaya pada Persendian

Sumber: Chaffin, Lawton dan Johnson, 2003

SSP memiliki beberapa fungsi, yaitu:

- Membantu dalam menganalisis pekerjaan penanganan material (*material handling*) yang melibatkan kegiatan mengangkat, menurunkan, mendorong, dan menarik yang membutuhkan gaya yang kompleks pada tangan dan batang tubuh
- Memperkirakan persentase pria dan wanita yang mempunyai kekuatan statis dalam melakukan pekerjaan yang diberikan
- Mengevaluasi pekerjaan secara langsung (*real time*), dan menandai postur yang memiliki kebutuhan melebihi NIOSH atau batasan kemampuan yang ditentukan

2.7 **Low Back Analysis (LBA)**

Low Back Analysis (LBA) adalah sebuah alat analisis ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi tekanan yang bekerja pada bagian tulang belakang manusia, dalam berbagai macam postur kerja, dan kondisi beban. *Low Back Analysis* memberikan informasi yang berhubungan dengan tekanan dan kekuatan pada L4 dan L5 cakram lumbar (*lumbar disks*); momen reaksi yang terjadi pada L4 dan L5 cakram lumbar (*lumbar disks*); dan tingkat aktivitas dari otot tubuh untuk menyeimbangkan momen yang diterima oleh tulang belakang (Gironimo, Monacellia & Patalano, 2004). Secara rinci, LBA menghitung tekanan pada *vertebral disc* L4/L5 dan membandingkan pada batasan tekanan yang ada pada standar NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), yaitu 3400 N.

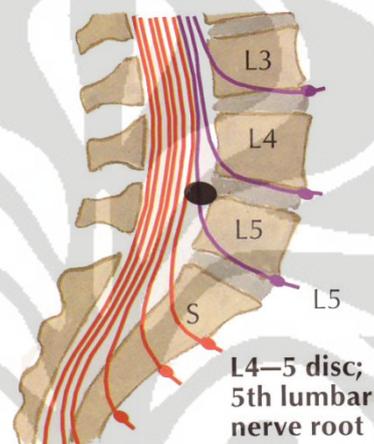
Selain menyediakan informasi mengenai tekanan pada *vertebral disc* L4/L5, hasil analisis metode LBA juga memberikan informasi mengenai momen reaksi (torsi) sagital, lateral, dan aksial yang terjadi pada *disc* L4/L5. Selain itu, informasi mengenai tingkat aktivitas otot-otot batang tubuh yang digunakan dalam menyeimbangkan momen spinal juga dapat dihasilkan.

Hasil yang dikeluarkan oleh LBA dapat dimanfaatkan untuk hal-hal sebagai berikut:

- Mengevaluasi apakah posisi kerja yang ada atau yang akan diterapkan pada suatu stasiun kerja telah sesuai dengan pedoman yang ada pada standar

NIOSH, atau sebaliknya meningkatkan risiko kecelakaan dan penyakit pada tulang belakang.

- Memperbaiki tata letak sebuah stasiun kerja beserta tugas-tugas yang akan dilakukan di dalamnya sehingga risiko cedera pada bagian tulang belakang pekerja dapat diminimalisir.
- Memprioritaskan jenis-jenis kerja yang membutuhkan perhatian lebih untuk dilakukan perbaikan ergonomi di dalamnya.



Gambar 2.6 L4 dan L5 Bagian Lumbal Tulang Belakang

2.8 *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*

Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) adalah sebuah alat analisis ergonomi yang digunakan untuk mengecek tingkat kenyamanan pada postur kerja dan kemudian menentukan langkah-langkah koreksi yang dibutuhkan. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Ovako Oy, salah satu perusahaan industri baja di negara Finlandia pada era 1970-an.

Metode OWAS digunakan untuk menilai posisi tulang belakang, lengan, dan kaki secara bersamaan selama melakukan pekerjaan tertentu. Aktivitas yang akan dinilai harus diobservasi selama 30 detik. Pengumpulan data dan analisis yang dilakukan memungkinkan kita untuk melakukan perancangan ulang terhadap prosedur kerja yang bertujuan untuk mengurangi atau mengeliminasi postur yang kemungkinan besar berbahaya.

Metode OWAS dapat memberikan manfaat bagi penggunanya yaitu:

- Memberikan penilaian dari suatu postur kerja terhadap posisi tulang punggung, kedua tangan dan kaki, dan juga beban kerja yang dijalankan dengan cepat sehingga dapat diketahui risiko-risiko cedera yang dapat terjadi.
- Membantu dalam pembuatan desain kegiatan kerja atau perbaikan dari kegiatan yang telah ada sehingga dapat tercipta suatu stasiun kerja yang lebih nyaman.
- Mengidentifikasi dan memprioritaskan postur kerja yang membutuhkan perhatian lebih untuk dilakukan tindakan perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera dari postur kerja sebelumnya

Dalam OWAS, aktivitas-aktivitas dikelompokkan menggunakan empat kelas utama, yaitu tidak berbahaya (*no harmful effect*), sedikit berbahaya (*a limited harmful effect*), berbahaya (*recognized harmful effect on wealth*), dan sangat berbahaya (*highly harmful effect on wealth*). Pengelompokan ini adalah berdasarkan estimasi para ahli dengan mempertimbangkan risiko kesehatan dari satu postur kerja atau kombinasi postur kerja dan hubungannya dengan sistem muskuloskeletal (Karwowski, 2001, p.3299). Tabel 2.2 berikut merupakan pembobotan nilai yang didapatkan dari metode OWAS:

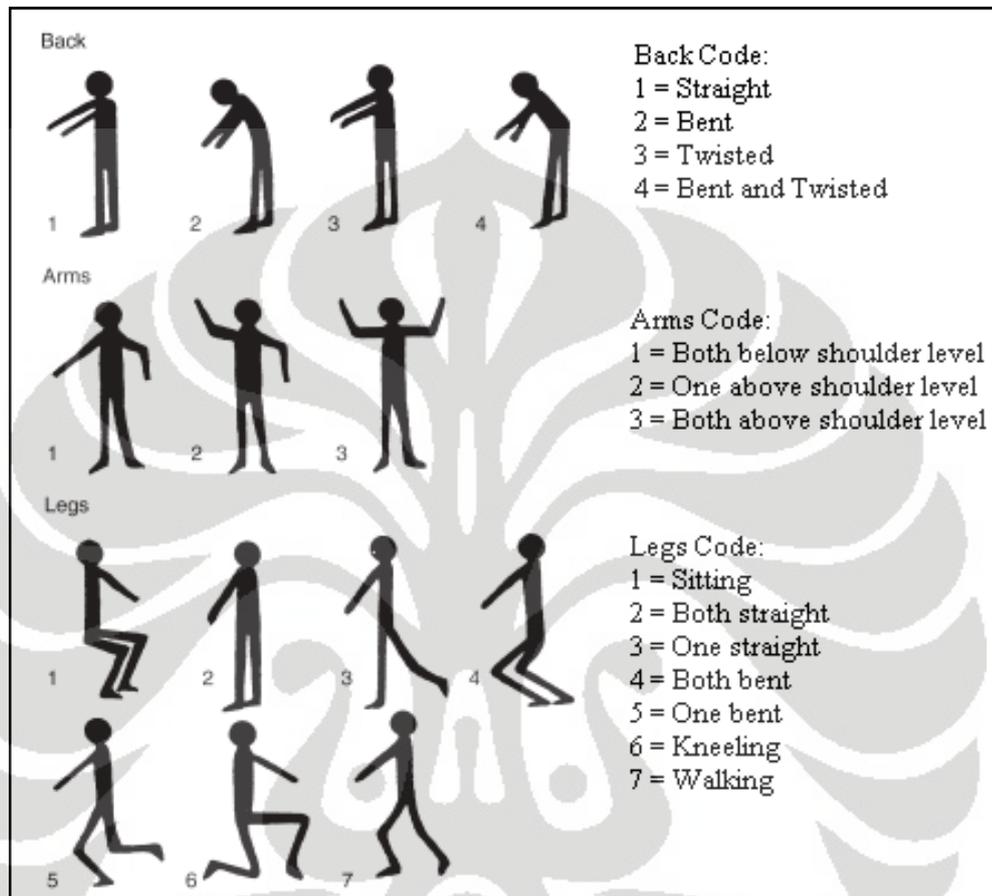
Tabel 2.2 Pembobotan nilai pada OWAS

Skor	Keterangan	Penjelasan
1	<i>Normal posture</i>	Tindakan perbaikan tidak diperlukan
2	<i>Slightly harmful</i>	Tindakan perbaikan diperlukan di masa datang
3	<i>Distinctly harmful</i>	Tindakan perbaikan diperlukan segera
4	<i>Extremely harmful</i>	Tindakan perbaikan diperlukan secepat mungkin

Sumber: Benchmarking of the Manual Handling Assessment Charts, 2002

Nilai skor tunggal dengan range 1 hingga 4 yang dikeluarkan oleh OWAS pada tabel 2.4 di atas, memiliki penjabaran lanjutan yang dituangkan dalam empat baris kode angka yang mengindikasikan posisi-posisi yang dialami oleh tubuh selama melakukan suatu aktivitas tertentu. Penjabaran kode tersebut secara berturut-turut mengindikasikan postur yang dialami oleh punggung, lengan, kaki,

dan beban yang diterima oleh tubuh. Ilustrasi gambar 2.7 berikut ini memperlihatkan indikasi postur yang dialami oleh pekerja, beserta detail penilaian dari kode OWAS tersebut.



Gambar 2.7 Kode OWAS untuk Berbagai Bagian Tubuh

Sumber: Karwowski, 2001, p.3299, telah diolah kembali

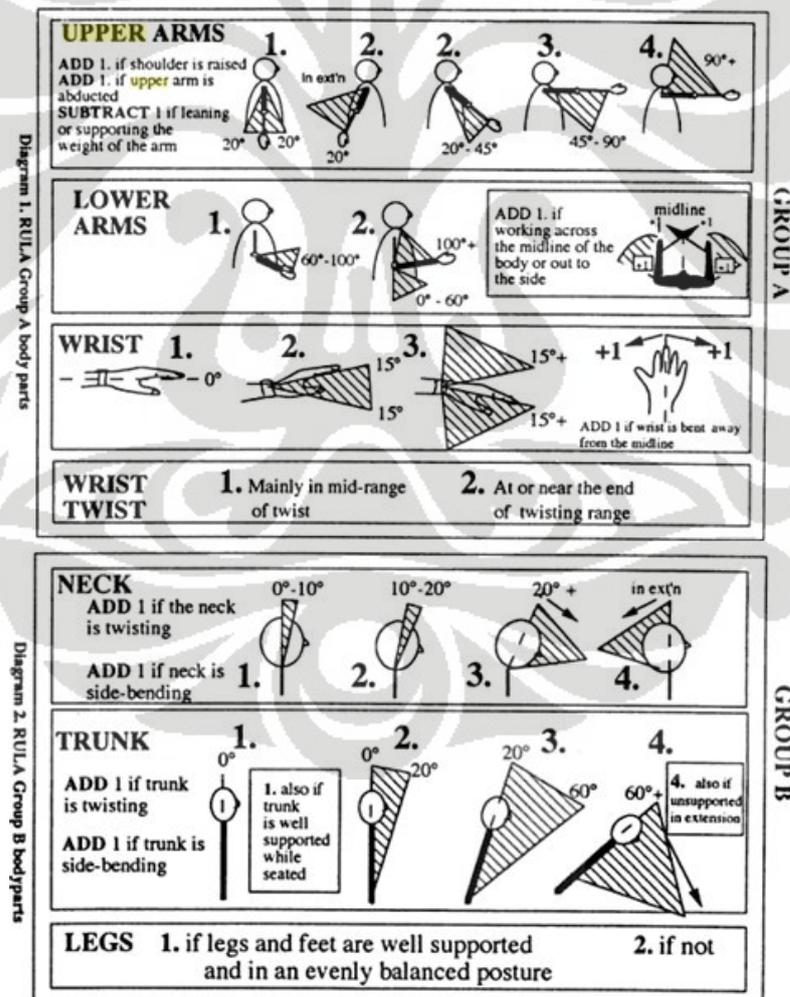
2.9 *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

Rapid Upper Limb Assessment adalah sebuah alat analisis ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat risiko cedera dan gangguan muskuloskeletal pada tubuh bagian atas. Analisis dibuat berdasarkan kualitas postur, penggunaan otot, berat beban yang diterima, durasi kerja, dan frekuensinya. Metode RULA terdiri dari dua hal yaitu:

- mengukur risiko cedera pada tubuh bagian atas terhadap postur kerja dan penggunaan otot, berat beban, durasi, serta frekuensi kerja

- menempatkan suatu skor penilaian yang mengindikasikan derajat intervensi yang dibutuhkan untuk mengurangi risiko terjadinya cedera pada tubuh bagian atas.

Bagian tubuh yang dianalisis dibagi menjadi dua grup. Grup A terdiri dari bagian tubuh tangan dan pergelangan tangan. Grup B terdiri dari leher, batang tubuh, dan kaki. Pendekatan yang dilakukan pada teknik evaluasi ini biasanya menggunakan pembobotan, dimana semakin tinggi bobot yang diberikan menjelaskan resiko akan pekerjaan yang semakin besar terhadap kesehatan (Lueder, 1996). RULA memberikan output atau hasil evaluasi berupa bobot nilai. Bobot nilai ini mampu mengindikasikan derajat intervensi yang disyaratkan untuk mengurangi resiko cedera. Berikut bobot nilai hasil evaluasi dalam RULA.



Gambar 2.8 Pengelompokan Tubuh dalam Metode RULA

Sumber: Karwowski, 2001, p.1462

Skor akhir yang dihasilkan RULA adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Pembobotan nilai pada RULA

Skor	Keterangan
1 dan 2	Postur Diterima
3 dan 4	Investigasi perlu dilanjutkan dan perubahan mungkin diperlukan
5 dan 6	Investigasi dan perubahan perlu dilakukan segera
7	Investigasi dan perubahan perlu dilakukan secepat mungkin

Sumber: Siemens PLM Software Inc., 2008

Dalam RULA, ada enam faktor yang mempengaruhi penilai risiko, antara lain (Occhipinti & Colombini, 1999, p.11-12):

1. Pengulangan (frekuensi)

Menampilkan kejadian yang diulang dalam waktu tertentu dan dilakukan dengan cara yang sama untuk setiap pengulangan. Semakin tinggi frekuensi pekerjaan tersebut, maka semakin tinggi pula risiko cedera yang bisa terjadi.

2. Gaya

Gaya atau tenaga menjelaskan usaha yang dilakukan untuk melakukan suatu kegiatan atau suatu urutan aksi. Kebutuhan untuk memperbesar gaya selama pekerjaan dilakukan berhubungan dengan pergerakan atau pertahanan posisi akan kegiatan tersebut. Sedangkan penggunaan gaya berhubungan dengan aksi statis atau aksi dinamis yang harus dilakukan dalam kegiatan tersebut.

3. Postur dan tipe pergerakan

Postur dan tipe pergerakan pada anggota tubuh bagian atas yang saling menyesuaikan agar dapat melakukan satu urutan aksi teknis sehingga menciptakan satu putaran kegiatan.

4. *Recovery period*

Periode waktu ini berada di antara putaran kegiatan dan meliputi waktu berhentinya kegiatan setelah dilakukan satu putaran penuh, dimana metabolisme dan mekanisme otot kembali ke keadaan awal, yaitu ketika

otot sedang tidak bekerja. Kurangnya melakukan *recovery period* ini dapat meningkatkan risiko cedera bagi operator.

5. Faktor risiko tambahan

Faktor ini disebut sebagai faktor tambahan karena faktor ini tidak selalu ada pada setiap pekerjaan. Faktor ini sangat bergantung pada jenis pekerjaan yang dilakukan, mekanisme pekerjaan, lingkungan tempat melakukan pekerjaan dan bentuk organisasi yang membantu terlaksananya pekerjaan tersebut.

2.10 Metode PEI (*Posture Evaluation Index*)

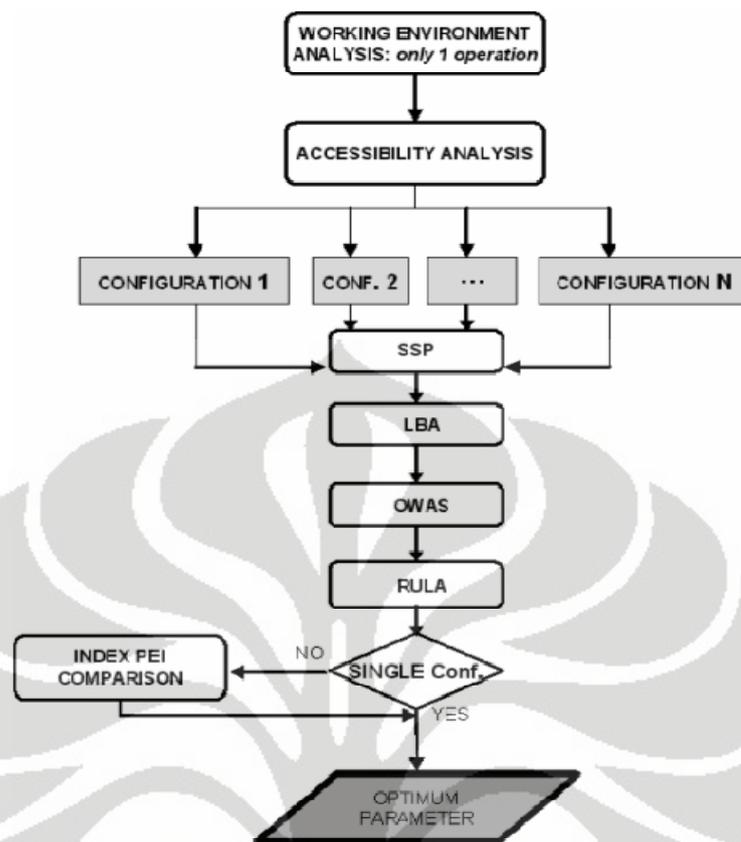
Postur Evaluation Index (PEI) bertujuan untuk memberikan sebuah penilaian optimal diantara solusi perbaikan berupa kombinasi-kombinasi postur pada sebuah operasi di stasiun kerja. Komparasi penilaian tersebut memungkinkan kita untuk mengklasifikasikan risiko-risiko yang mungkin terjadi pada operator yang memiliki keluhan cedera muskuloskeletal pada jangka waktu menengah hingga lama.

Tujuan dari metode PEI adalah menetapkan optimasi secara ergonomi pada sebuah operasi yang berada di sebuah area kerja. Namun, secara umum PEI tidak dapat digunakan apabila terdapat lebih dari satu operasi pada area kerja yang ada. Gambar 2.9 menunjukkan diagram alir dari pendekatan yang menggunakan metode PEI.

Dalam metode PEI ini terdapat tujuh tahapan fase yang harus dilakukan yaitu sebagai berikut:

- Fase Satu : Analisa Lingkungan Kerja

Pada fase pertama ini merupakan tahap menganalisa kondisi lingkungan kerja dan mempertimbangkan kemungkinan alternatif gerakan kerja operator (seperti alternatif rute, postur, dan kecepatan kerja). Dalam permodelan lingkungan *virtual*, diperlukan melakukan simulasi operasi-operasi kerja dengan berbagai alternatif gerakan, untuk memverifikasi kelayakan tugas yang dilakukan operator. Parameter lain yang dapat di modifikasi adalah jarak antara manekin ke objek kerja.



Gambar 2.9 Diagram Alir Metode PEI

Sumber: Caputo, Di Gironimo & Marzano, 2006

- Fase Dua : Analisa Kemampuan Menjangkau dan Mengakses
Perancangan tempat kerja memerlukan studi pendahuluan mengenai titik kritis dimana operator dapat menjangkau dan mengakses benda kerjanya. Misalkan, pada kegiatan mengangkat, dapat terjadi rak tempat meletakkan benda terlalu tinggi dan tidak dapat dijangkau oleh operator, sehingga operator tidak dapat melaksanakan tugasnya dengan baik. Untuk itu perlu dipastikan bahwa titik kritis jangkauan benda-benda kerja dapat terjangkau oleh operator.
- Fase Tiga : *Static Strength Prediction (SSP)*
Static Strength Prediction adalah *tools* yang dapat memprediksi persentase populasi pekerja yang dapat melakukan rangkaian kegiatan yang disimulasikan. Operasi pekerjaan yang memiliki nilai persentase 0% maka tidak dapat dilanjutkan dijadikan pertimbangan dalam tahap analisa selanjutnya.

- Fase Empat : *Low Back Analysis (LBA)*
Low Back Analysis (LBA) merupakan *tools* yang dapat mengevaluasi gaya dan tekanan yang terjadi pada tulang belakang manusia berdasarkan postur dan beban yang dikenakan pada model manusia.
- Fase Lima : *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*
Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) merupakan metode sederhana untuk mengetahui tingkat kenyamanan dari suatu postur kerja serta untuk memberikan informasi mengenai tingkat kepentingan perlunya dilakukan kegiatan perbaikan. Tingkat penilaian ini berdasarkan pada postur dan observasi rangkaian kerja operator yang disimulasikan. Hasil penilaian dari metode OWAS ini berupa 4 digit angka yang terbagi atas 4 tingkat klasifikasi yaitu (1) tidak ada efek berbahaya, (2) terdapat efek berbahaya yang terbatas, (3) terdapat efek yang berbahaya bagi kesehatan operator, dan (4) terdapat efek berbahaya tingkat tinggi bagi kesehatan.
- Fase Enam : *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*
RULA (Rapid Upper Limb Assessment) adalah *tools* untuk mengevaluasi postur tubuh bagian atas serta untuk mengidentifikasi risiko kerusakan atau gangguan pada tubuh bagian atas. Nilai akhir dari metode RULA ini dapat diklasifikasikan ke dalam 4 kelas, yaitu nilai 1 dan 2 adalah postur tubuh dapat diterima (*Acceptable*), nilai 3 dan 4 menunjukkan bahwa postur kerja perlu ditinjau kembali (*in need of further investigation*), nilai 5 dan 6 menunjukkan bahwa postur kerja perlu ditinjau kembali serta dilakukan perubahan (*in need of further investigation and rapid change*), serta nilai 7 menunjukkan bahwa postur kerja tersebut perlu dievaluasi dan dilakukan perubahan perbaikan segera (*investigation and immediate change*).
- Fase Tujuh : *PEI Evaluation*
Posture Evaluation Index merupakan integrasi dari hasil analisis LBA, OWAS, dan RULA. PEI merupakan penjumlahan dari 3 variabel yaitu I_1 , I_2 , dan I_3 .

$$= + + (.) \quad (2.2)$$

dengan: $I_1 = LBA/3400 N$, $I_2 = OWAS/4$, $I_3 = RULA/7$, $mr = 1,42$

Keterangan :

3400 N = batas kekuatan tekanan yang dapat diterima *lowback*.

4 = nilai maximum index OWAS

7 = level maximum ketidaknyamanan tubuh bagian atas

mr = koefisien amplifikasi

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

2.11 NIOSH *Lifting*

Metode NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) *Lifting* adalah metode untuk membantu evaluasi secara simetris dan asimetris terhadap posisi mengangkat beban (*lifting task*), termasuk ketika mengangkat dengan posisi antara beban dan tangan yang tidak optimal. Metode dalam NIOSH terdiri dari:

- Memberikan nilai beban yang ideal menurut suatu kondisi postur kerja, yang diukur menurut kemampuan pekerja dengan kondisi ideal untuk mengangkat suatu beban secara aman pada suatu jangka waktu yang tertentu
- Memberikan perkiraan relatif dari tingkat tekanan yang diterima oleh tubuh berkaitan dengan pekerjaan mengangkat suatu beban.

Metode NIOSH dapat digunakan untuk beberapa hal seperti: mendesain manual posisi angkat beban yang ideal atau sebagai pedoman untuk merancang ulang kegiatan mengangkat beban yang telah ada, memberikan perkiraan mengenai ukuran relatif besarnya tekanan yang diterima tubuh yang dibutuhkan untuk suatu pekerjaan, serta memberikan prioritas manual kerja yang membutuhkan modifikasi secara ergonomis. Hasil analisa NIOSH berupa *recommended weight limit (RWL)*, *lifting index (LI)* dan juga *cumulative lifting index (CLI)*. Hasil dari NIOSH *Lifting Analysis* dapat digunakan untuk merancang

pekerjaan yang melibatkan kegiatan mengangkat benda yang memiliki risiko cedera minimum. Fungsi dari NIOSH adalah:

- Memberikan informasi mengenai beban yang diharapkan dalam kondisi postur yang ada dimana sebagian besar pekerja dapat melakukan aktivitas mengangkat dalam waktu yang diberikan
- Memberikan perkiraan relatif dari tingkat tekanan fisik yang berhubungan dengan aktivitas mengangkat

Secara matematis, standar *lifting* NIOSH ini dapat dirumuskan sebagai berikut (*Applications Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*, pg. 4):

$$= \quad (2.3)$$

dimana RWL adalah *recommended weight limit* (batas beban yang direkomendasikan), LC adalah beban konstan, dan faktor lainnya dalam rumus tersebut adalah:

- LC, *Load Constant*, 23 kg
- HM, *Horizontal Multiplier*, $(25/H)$,
- VM, *Vertical Multiplier*, $(1 - 0.003|V - 75|)$
- DM, *Distance Multiplier*, $(0.82 + 4.5/D)$
- AM, *Asymmetric Multiplier*, $(1 - 0.0032A)$
- FM, *Frequency Multiplier*, lihat tabel 2.4
- CM, *Coupling Multiplier*, lihat tabel 2.5

Tabel 2.4 *Coupling Multiplier*

Couplings	vertical location of hands from floor < 75 cm (30 in)	vertical location of hands from floor >= 75 cm (30 in)
good	1.00	1.00
fair	0.95	1.00
poor	0.90	0.90

Sumber: *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*, 1998

Tabel 2.5 *Frequency Multiplier*

Frequency Lifts/min (F) ‡	Work Duration					
	≤ 1 Hour		> 1 but ≤ 2 Hours		> 2 but ≤ 8 Hours	
	V < 30 †	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30	V < 30	V ≥ 30
≤ 0.2	1.00	1.00	.95	.95	.85	.85
0.5	.97	.97	.92	.92	.81	.81
1	.94	.94	.88	.88	.75	.75
2	.91	.91	.84	.84	.65	.65
3	.88	.88	.79	.79	.55	.55
4	.84	.84	.72	.72	.45	.45
5	.80	.80	.60	.60	.35	.35
6	.75	.75	.50	.50	.27	.27
7	.70	.70	.42	.42	.22	.22
8	.60	.60	.35	.35	.18	.18
9	.52	.52	.30	.30	.00	.15
10	.45	.45	.26	.26	.00	.13
11	.41	.41	.00	.23	.00	.00
12	.37	.37	.00	.21	.00	.00
13	.00	.34	.00	.00	.00	.00
14	.00	.31	.00	.00	.00	.00
15	.00	.28	.00	.00	.00	.00
> 15	.00	.00	.00	.00	.00	.00

† Values of V are in inches. ‡ For lifting less frequently than once per 5 minutes, set F = 2 lifts/minute.

Sumber: *Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation*, 1998

Selain menghitung besarnya RWL dari suatu pekerjaan pengangkatan, dapat pula dihitung *lifting index* (LI). Lifting index adalah nilai perkiraan relatif terhadap tingkat tekanan fisik yang berkaitan dengan risiko-risiko kecelakaan kerja untuk pekerjaan pengangkatan manual. Bearnnya nilai tingkat tekanan fisik didefinisikan sebagai hubungan antara berat beban yang diangkat *dengan*

recommended weight limit (RWL). LI dapat dihitung dengan persamaan 2.4 berikut ini.

$$\text{LI} = \frac{\text{W}}{\text{RWL}} \quad (2.4)$$

Intepretasi nilai LI:

- LI dapat digunakan untuk memprioritaskan perancangan ulang secara ergonomis dengan cara mengurutkan pekerjaan berdasarkan besaran LI.
- Li dapat digunakan untuk mengestimasi besaran relatif dari tekanan fisik suatu tugas.
- Tugas-tugas dengan $LI > 1,0$ mengakibatkan peningkatan risiko cedera punggung bagian bawah akibat pengangkatan pada sebagian pekerja.
- RWL dapat digunakan untuk merekomendasikan berat beban yang akan membuat pekerjaan menjadi lebih aman.

Berdasarkan NIOSH (1994), tugas pengangkatan dengan LI lebih besar dari 1,0 memiliki risiko sakit punggung bagian bawah akibat pengangkatan bagi sebagian pekerja, oleh karena itu disarankan untuk merancang semua pekerjaan mengangkat supaya memiliki LI sama dengan atau kurang dari 1. Para ahli sepakat bahwa hampir semua pekerja akan mengalami peningkatan risiko ketika nilai LI melebihi 3,0.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab 3 adalah bab metode penelitian. Data-data yang dikumpulkan terdiri dari profil singkat PT X, profil singkat pabrik es krim, gambaran mengenai proses produksi es krim secara umum, dan secara lebih mendetail pada area *cone filling machine*, metode dan rangkaian kegiatan kerja untuk setiap stasiun kerja, spesifikasi ukuran tiap mesin, dan data antropometri dari para pekerja. Pada bab ini juga dibahas mengenai tahapan-tahapan pembuatan *virtual human modeling* dan cara-cara melakukan analisis postur kerja ergonomis dengan metode *posture evaluation index* (PEI) dan *lifting index* (LI) untuk menentukan model usulan yang paling ergonomis.

3.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pada sub-bab ini akan dibahas sekilas mengenai profil umum PT. X, dan profil pabrik es krim yang menggambarkan proses produksi pada area penelitian.

3.1.1 Profil Umum PT. X

PT. X merupakan salah satu perusahaan terbesar di dunia yang beroperasi di sekitar 75 negara. Perusahaan ini bergerak di bidang kebutuhan dasar dengan pasaran utama adalah deterjen, pangan dan barang kosmetika. PT.X secara resmi berdiri tanggal 1 Januari 1930 dengan kantor pusat di London (Inggris) dan Rotterdam (Belanda).

Cikal bakal PT. X dimulai ketika sebuah pabrik sabun dibangun pada tanggal 5 Desember 1933 di daerah Angke, Jakarta Kota. Dua tahun kemudian, berdirilah sebuah pabrik baru di lokasi yang sama yang menghasilkan margarin Blue Band. Kedua pabrik inilah yang menjadi cikal bakal PT. X yang kemudian berkembang pesat.

Sekarang ini PT. X berkantor pusat di Jl. Gatot Subroto Kavling 15, Jakarta Selatan, dan mempunyai pabrik berteknologi modern di dua kawasan industri, yaitu di Kawasan *Surabaya Industrial Estate Rungkut* (SIER) untuk pabrik kosmetik dan sabun dan di Kawasan Industri Jababeka Cikarang untuk pabrik es krim, makanan, *HPC liquid*, dan *Non Soapy Detergent* (NSD). Lokasi

perusahaan berada dalam kawasan industri yang strategis dan memang telah disediakan oleh pemerintah beserta fasilitas-fasilitas yang memadai seperti penyediaan air bersih dan penyediaan *electricity*.

PT. X secara global memproduksi barang-barang konsumen atau *consumer goods* dan mempunyai dua divisi produksi yaitu:

1. *Home and Personal Care (HPC) Division*

Divisi ini terbagi lagi menjadi tiga bagian yaitu:

- a. *Laundry* yang memproduksi deterjen bubuk, pelembut pakaian, pemutih pakaian.
- b. *House Hold Care* yang memproduksi pembersih lantai, sabun cair pencuci piring.
- c. *Personal Care* yang memproduksi produk perawatan rambut, perawatan kulit, deodorant, sabun mandi, pasta gigi.

2. *Bestfood (BF) Division*

Divisi ini terbagi lagi menjadi empat bagian yaitu:

- a. *Frozen Foods* yang memproduksi es krim.
- b. *Tea* yang memproduksi teh.
- c. *Culinary* yang memproduksi bumbu masak.
- d. *Spread Cooking Category (Margarine & Bakery Fat)* yang memproduksi margarin, dan selai.

Tenaga kerja PT. X terbagi menjadi dua golongan yaitu staf dan non-staf. Yang dimaksud dengan karyawan staf adalah orang-orang yang menjalankan manajemen perusahaan dan mempunyai wewenang untuk mengambil keputusan, seperti kepala pabrik hingga kepala bagian. Adapun karyawan non-staf terdiri dari karyawan tetap dan karyawan kontrak. Berdasarkan atas tanggung jawabnya (*job class*) karyawan tetap terdiri dari tiga golongan, yaitu golongan A, B, dan C. Karyawan kontrak adalah karyawan yang berasal dari perusahaan tenaga kerja yang bekerja sama dengan PT. X.

Tenaga kerja bagian staf dan administrasi (dinas normal) mempunyai jam kerja yang dimulai pukul 07.30 sampai 15.00 untuk hari Senin sampai Jumat dan pukul 07.30 sampai 13.00 untuk hari Sabtu dengan waktu istirahat dari pukul 11.30 sampai 12.30. Tenaga kerja dinas *shift* (regu) bekerja selama 8 jam kerja

dari hari Senin sampai Sabtu dengan waktu istirahat selama 0,5 jam. Adapun pembagian *shift* per hari yang diterapkan adalah sebagai berikut:

- *Shift* pagi bekerja dari pukul 06.00 sampai 14.00 dengan waktu istirahat dari pukul 09.30 sampai 10.00.
- *Shift* siang bekerja dari pukul 14.00 sampai 22.00 dengan waktu istirahat dari pukul 17.30 sampai 18.00.
- *Shift* malam bekerja dari pukul 22.00 sampai 06.00 dengan waktu istirahat dari pukul 02.00 sampai 02.30.

Pengisian daftar hadir karyawan menggunakan kartu *prick clock* yang diisi pada saat masuk dan pulang kerja. Kerja lembur akan dilaksanakan bila ada pekerjaan yang tidak bisa ditangguhkan atau dilaksanakan pada jam kerja normal. Sistem pengupahan karyawan PT. X berdasarkan atas tanggung jawab pekerjaan atau prestasi karyawan tersebut. Dalam pelaksanaannya akan mengacu pada faktor-faktor seperti indeks harga konsumen, tingkat pengupahan, tingkat perkembangan ekonomi, dan kemampuan perusahaan.

3.1.2 Pabrik Es Krim

Pabrik es krim diresmikan dan dioperasikan pada tahun 1992 di Cikarang, Bekasi. Pada tahun 1993, kapasitas produksi pabrik ini mulai ditingkatkan. Dalam perkembangannya, pabrik es krim telah mengalami dua kali perluasan bangunan pabrik yang dilakukan pada tahun 1994 dan 1997. Selain itu, pada tahun 1996 pabrik ini juga memperluas area gudang penyimpanan produk (*cold storage*).

Pada tahun 1995, pabrik es krim mencanangkan program *Total Production Maintenance* (TPM) yang dibina oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Tujuan dari program TPM ini adalah untuk mewujudkan *zero fault* (tanpa kesalahan), *zero accident* (tanpa kecelakaan), dan *zero defect* (tanpa cacat) selama pabrik beroperasi.

Dalam perkembangannya, pabrik es krim telah meraih tiga sertifikasi ISO yang diberikan oleh KEMA N.V. Belanda, yaitu ISO 9001 *Certification* pada tahun 1998, ISO 14001 *Certification* pada tahun 1999, dan ISO 18000 *Certification*. Ketiga sertifikat tersebut di atas diberikan sebagai penghargaan atas keberhasilan pabrik es krim dalam menerapkan sistem manajemen produksi (ISO

9001), lingkungan hidup (ISO 14001), dan manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (ISO 18000). Selain sertifikat ISO, pabrik es krim juga meraih beberapa sertifikat dan penghargaan lainnya, yaitu *Bronze Excellence Trophy*, *TPM Excellence Award*, *TPM Consistence Award* pada tahun 2002, *HACCP Certification* pada tahun 2004, dan *TPM Special Award* pada tahun 1995.

3.1.2.1 Proses Produksi Es Krim

Es krim sebenarnya merupakan campuran dari tiga bahan utama, yaitu susu, gula, dan lemak. Dengan melalui beberapa proses, campuran ini berubah menjadi es krim yang lembut dan enak rasanya. Secara garis besar, proses produksi es krim terdiri dari beberapa tahapan proses sebagai berikut:

1. Proses Pencampuran (*Mixing*)

Semua bahan-bahan baku yang berbentuk *powder* dan *solid* seperti susu, gula, coklat, dan bahan-bahan tambahan lain dimasukkan ke dalam *mixer* atau mesin pencampur. Di dalam *mixer* bahan-bahan tersebut kemudian diaduk sampai merata sehingga seluruh bahan menyatu.

2. Proses Homogenisasi

Proses ini adalah proses penghancuran lemak supaya adonan menjadi halus dan merata, sehingga dihasilkan adonan yang berbentuk krim.

3. Proses Pasteurisasi

Pada proses ini, adonan yang telah berbentuk krim dipanaskan hingga mencapai suhu 80°C. Pemanasan ini bertujuan untuk mematikan bakteri buruk yang mungkin timbul di dalam adonan.

4. Proses *Ageing*

Setelah proses pasteurisasi, adonan didinginkan hingga mencapai suhu 4°C. Tujuannya adalah supaya adonan yang sudah tercampur ini dapat disimpan selama batas waktu maksimal 3 hari.

5. Proses *Packing* di Ruang Produksi

Proses pencetakan dan pengemasan ini dilakukan untuk mendapatkan bentuk dan variasi es krim yang diinginkan, dan kemudian es krim tersebut dikemas dengan rapi sehingga es krim tersebut siap untuk dijual ke pasaran. Berikut ini adalah beberapa tahapan yang ada:

a. *Freezer*

Adonan es krim didinginkan dan diberi sedikit udara supaya terasa lembut ketika dimakan. Adonan ini sudah siap untuk dicetak menjadi es krim.

b. Mesin Pencetak Es Krim

Pada proses inilah, es krim dicetak menjadi bentuk dan variasi yang diinginkan. Proses ini bisa dikatakan sebagai proses yang sangat penting dalam produksi es krim. Mesin pencetak es krim terdiri dari beberapa jenis yang dibedakan berdasarkan bentuk es krim yang bisa dihasilkan. Contoh-contoh jenis mesin pencetak es krim adalah *Cup and Cone Filling*, *Tube Filling*, *Moulded Stick*, dan *Extruded*.

c. Ruang Pembekuan Es Krim (*Hardening Tunnel*)

Sebagian besar es krim yang sudah dicetak harus melalui proses pembekuan terlebih dahulu. Es krim dimasuk ke dalam ruang pembekuan yang bersuhu -40°C selama kurun waktu 25-40 menit.

d. *Packing Line*

Es krim yang telah dibungkus dan dibekukan kemudian dimasukkan ke dalam kardus-kardus *outer* oleh para *packer*.

6. Gudang Penyimpanan (*Cold Storage*)

Kardus-kardus es krim yang telah disegel terlebih dahulu masuk ke area *palletizing* untuk diatur ke dalam *pallet-pallet* sebelum disimpan di dalam gudang penyimpanan yang bersuhu -20°C . Es krim akan disimpan di gudang selama 2 hari sampil menunggu hasil uji laboratorium, dan es krim siap untuk dijual ke pasaran.

3.1.2.2 *Work Environment* di Ruang Produksi Es Krim

Keadaan dan suasana lingkungan kerja di ruang produksi es krim dapat digambarkan secara umum melalui faktor-faktor lingkungan berikut ini. Data *work environment* ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari divisi *safety & yard* pabrik *food* PT. X. Data ini merupakan data *work environment* yang diambil pada periode Februari 2010. Data *work environment* untuk area *cone filling machine* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data *Work Environment*

Faktor Lingkungan Kerja	Hasil Pengukuran
Cahaya	127 Lux
Kebisingan	88 dBA
Temperatur	19.2°C
<i>Humidity</i>	60.2%

Sumber: Divisi Safety&Yard PT. X

Untuk area produksi pada pabrik es krim ambang batas suhu maksimum yang diperbolehkan adalah 21,9°C. Ambang batas ini merupakan kebijakan perusahaan untuk mencegah terjadinya kontaminasi oleh bakteri selama proses produksi berlangsung.

3.1.2.3 Area *Cone Filling Machine*

Cone filling machine adalah mesin yang digunakan untuk memproduksi es krim yang berbentuk *cone*. Seringkali mesin ini dikategorikan ke dalam *Cup and Cone Filling Machine* karena secara keseluruhan proses produksi dan variasi bentuk yang dihasilkan kedua jenis es krim ini serupa.

Es krim *cone* terdiri dari beberapa bagian penyusun. Berikut ini adalah bagian-bagian penyusun sebuah es krim *cone* secara umum.

- *Cone Sleeve*, kertas pembungkus es krim *cone* yang menyelimuti bagian *cone wafer* yang berbentuk kerucut.
- *Cone Wafer*, *wafer* yang dibentuk kerucut berfungsi sebagai wadah campuran es krim.
- *Mix*, adonan bahan baku yang sebelumnya telah dicampur terlebih dahulu di *mixing room*.
- *Sauce Core*, adalah saus yang diisikan ke dalam *mix*.
- *Sauce Topping*, adalah saus yang melapisi bagian atas es krim *cone*.
- *Dry Hopper*, adalah taburan sejenis kacang kering di atas *sauce topping*.
- *Lid*, adalah karton berbentuk lingkaran sebagai penutup es krim *cone*.

Untuk memberikan gambaran dan keterangan yang lebih jelas, berikut ini adalah gambar 3.1 yang merupakan contoh *breakdown* bagian-bagian penyusun sebuah es krim *cone*.



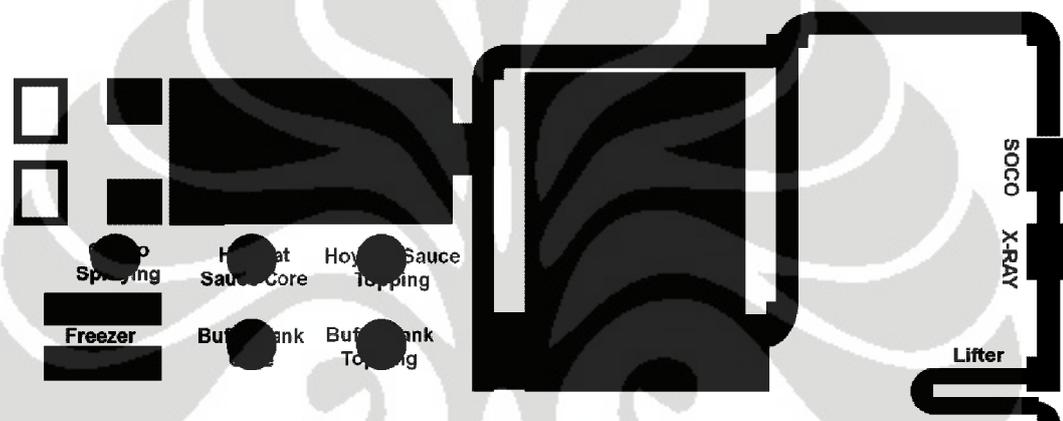
Gambar 3.1 Bagian Penyusun Es Krim *Cone*

Cone filling machine terdiri dari beberapa bagian mesin yang setiap bagiannya mendukung proses produksi tertentu suatu bagian penyusun es krim *cone*. Adapun komponen-komponen inti *cone filling machine* adalah sebagai berikut:

- *Freezer*, merupakan tempat adonan es krim didinginkan dan disiapkan untuk dicetak.
- *Cone Inserter*, merupakan tempat untuk mensuplai *cone wafer* berserta *cone sleeve* ke dalam mesin.
- *Choco Spraying*, merupakan tangki yang menyuplai coklat pelapis *cone wafer*.
- *Filler*, merupakan alat pengisian *mix* yang terhubung dengan *freezer*.
- *Core Sauce Filler*, merupakan alat pengisian *sauce core* yang terhubung dengan tangki *Hoystat Sauce Core* dan *Buffer Tank Core*.
- *Topping Sauce Filler*, merupakan alat pengisian *sauce topping* yang terhubung dengan tangki *Hoystat Sauce Topping* dan *Buffer Tank Topping*.
- *Hopper Dry Filler*, merupakan alat untuk menaburkan *dry topping* ke atas es krim.
- *Lid Inserter*, merupakan tempat mensuplai *lid* yang juga disertai dengan fungsi *crimping* (mengerutkan *cone sleeve* supaya merekat pada *lid*).
- *Pick and Place*, merupakan alat untuk memindahkan es krim dari mesin ke konveyor.

- Konveyor, merupakan ban berjalan yang berfungsi mengalirkan es krim dari mesin sampai ke *packing line*, dst.
- *Tapping machine* atau SOCO, merupakan mesin untuk menyegel kardus outer es krim.
- *X-ray*, merupakan mesin yang berguna untuk mengecek produk dari benda-benda asing yang tidak diinginkan.

Gambar 3.2 berikut ini adalah tata letak area *cone filling machine* yang memberikan gambaran komponen-komponen yang ada secara menyeluruh.

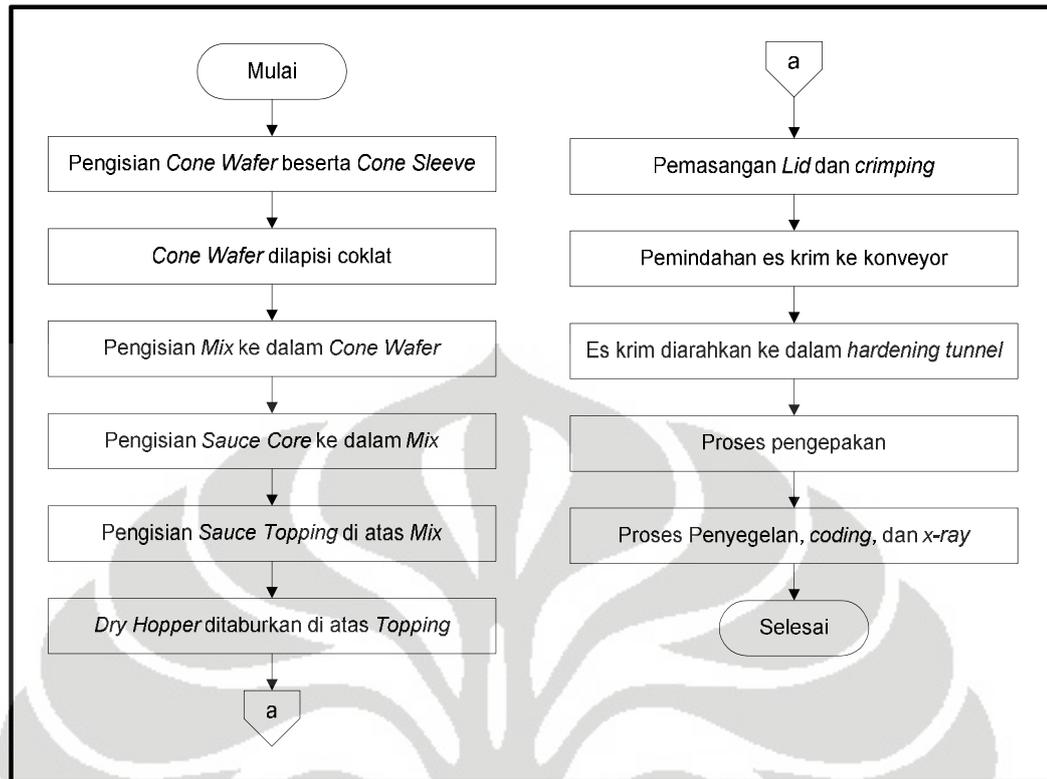


Gambar 3.2 Tata Letak Area Mesin *Cone Filling*

Pada gambar 3.3 akan dijelaskan secara umum mengenai urutan langkah-langkah atau tahapan-tahapan yang terjadi di area *cone filling machine* untuk memproduksi es krim *cone*.

Area *cone filling machine* dioperasikan oleh satu regu operator yang terdiri dari 8 orang/*shift*. Setiap regu operator terdiri dari 1 orang *fitter operator*, 1 orang *operator*, dan 6 orang FPH (*Finish Product Handler*). Deskripsi pekerjaan untuk setiap orang adalah sebagai berikut:

- *Fitter Operator*, bertanggung jawab terhadap seluruh area mesin, dari *freezer*, *packing machine*, *hardening tunnel*, *packing line*, *x-ray*, dan *coding*.
- *Operator*, bertanggung jawab terhadap area *cone filling machine*.
- FPH (*Finish Product Handler*), bertanggung jawab untuk mensuplai material ke dalam mesin selama mesin beroperasi.



Gambar 3.3 Diagram Proses Produksi Es Krim Cone

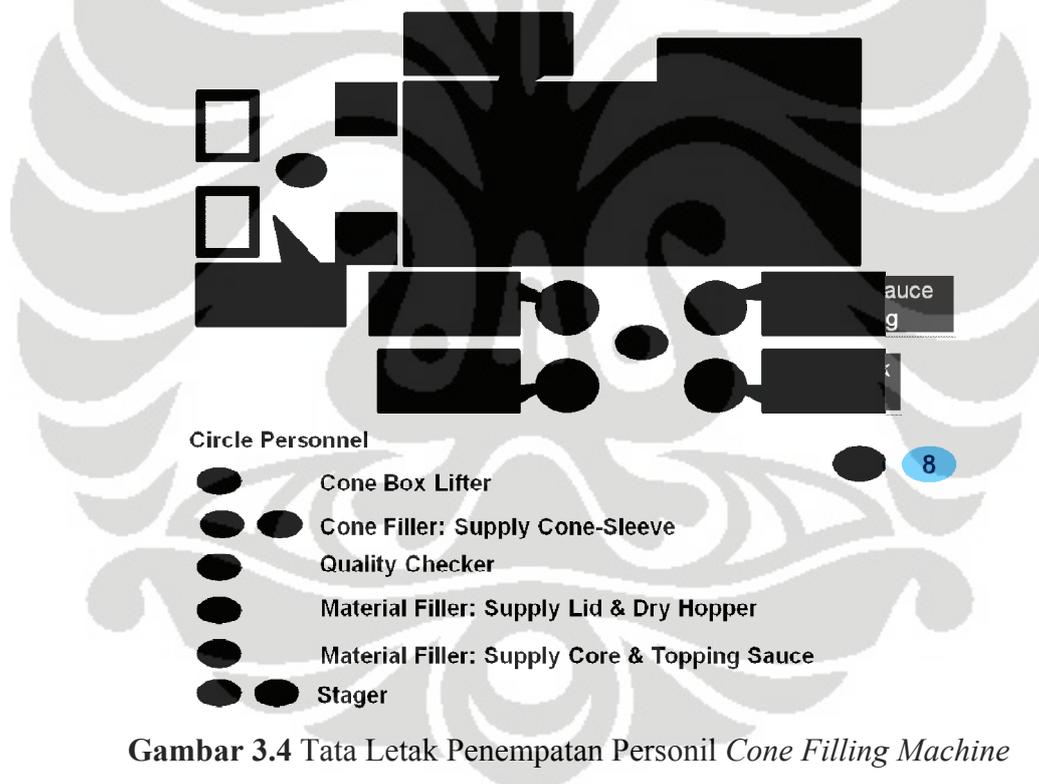
Setiap regu operator memiliki seorang *team leader* yang bertanggung jawab terhadap kinerja dan kekompakan tim. *Team leader* biasanya membawahi satu atau lebih area mesin yang sejenis atau berdekatan. Seorang *team leader* memiliki tanggung jawab untuk melaporkan seluruh aktivitas produksi yang sedang berlangsung kepada seorang *supervisor* produksi. Seorang *supervisor* produksi sendiri bekerja dan menjalankan tanggung jawabnya sesuai dengan instruksi dari manajer produksi.

Untuk kelancaran proses produksi, area cone filling machine membutuhkan 6 orang operator aktif yang berkerja, dan 2 orang operator *stager* (pengganti). Operator pengganti diperlukan untuk menggantikan operator aktif yang sedang mendapat giliran istirahat makan atau kebutuhan pribadi seperti ke kamar kecil atau ibadah sholat.

Pengaturan kerja pada area *cone filling machine* didasarkan pada kebijakan aturan rotasi kerja yang dilakukan setiap satu jam. Jadi pada area ini, setiap operator tidak memiliki tanggung jawab yang tetap terhadap satu jenis pekerjaan saja. Setiap operator diharapkan menguasai semua jenis kegiatan kerja

yang ada dan turut serta bertanggungjawab terhadap seluruh kegiatan kerja tersebut. Kebijakan ini dilakukan untuk menghindari keadaan di mana seorang operator bekerja secara monoton pada satu jenis pekerjaan dalam waktu yang lama. Hal ini juga untuk bertujuan meminimalisir pembagian beban kerja yang tidak merata dikarenakan setiap jenis kegiatan kerja memiliki tingkat kesulitan yang berbeda-beda. Selain itu, yang paling penting dari tujuan dilaksanakannya kebijakan ini adalah membangun rasa memiliki dan kerja sama yang baik dari seluruh operator untuk menciptakan proses produksi yang berjalan lancar, efektif, dan efisien.

Gambar 3.4 berikut ini adalah tata letak penempatan personil dari satu regu operator yang bertugas dalam satu *shift*.



Gambar 3.4 Tata Letak Penempatan Personil *Cone Filling Machine*

Deskripsi penugasan 6 orang operator aktif yang mendukung kelancaran proses produksi pada area *cone filling machine* secara lebih lengkap adalah sebagai berikut ini:

- 1 orang personil yang bertanggung jawab untuk mengangkat dan memindahkan kardus berisi *cone wafer* dari *pallet* ke stasiun kerja *cone*

inserter, dan memindahkan dan menyusun kembali kardus *cone wafer* yang telah kosong ke atas pallet untuk dikembalikan ke gudang.

- 2 orang personil yang bertanggung jawab untuk menyuplai secara berkesinambungan *cone wafer* yang telah dibungkus dengan *cone sleeve* oleh *supplier* ke dalam *cone filling machine*.
- 1 orang personil yang bertanggung jawab untuk melakukan pengecekan kualitas dari *cone-sleeve* yang disuplai ke dalam mesin dan proses pengisian es krim yang sedang berlangsung.
- 1 orang personil yang bertanggung jawab untuk menyuplai *sauce core* dan *sauce topping* ke dalam tangki-tangki yang tersedia. Proses pengisian *sauce* ini dilakukan sesuai dengan kebutuhan material. Biasanya proses pengisian akan dilakukan apabila *sauce* di dalam tangki sudah berkurang setengah dari volume tangki atau sebelum *sauce* di dalam tangki habis. Operator yang bertugas juga biasanya melakukan pengecekan dan pengecekan setiap setengah jam.
- 1 orang personil yang bertanggung jawab untuk menyuplai *dry hopper* ke *dry hopper filler* dan *lid* ke *lid inserter*. Biasanya yang bertugas di kegiatan ini adalah *fitter operator*, dikarenakan kegiatan kerja ini berada di area dalam mesin sehingga bisa dilakukan sambil mengawasi mesin. Tapi tidak menutup kemungkinan dilakukan oleh operator lainnya. Proses pengisian ini dilakukan dengan frekuensi yang cukup sering, yaitu 10-15 menit sekali.

Dari uraian deskripsi pekerjaan operator pada area *cone filling machine* dapat diketahui secara jelas bahwa hampir seluruh kegiatan kerja pada area *cone filling machine* merupakan pekerjaan yang bersifat *manual material handling*. Tipe pekerjaan seperti ini sangat terkait dengan berat beban yang diangkat dan frekuensi dilakukannya pekerjaan tersebut. Jenis-jenis material yang digunakan pada area ini cukup beragam dengan berat kemasan yang sangat bervariasi, yaitu antara 2 kg sampai dengan 20 kg. Untuk bentuk kemasan, terdapat dua jenis bentuk kemasan, yaitu *box* (kardus) dan *pouch* (kantung) yang sebagian besar kemasan yang berbentuk kantung dikemas kembali ke dalam kemasan kardus.

Berikut ini adalah uraian untuk mengetahui secara lebih lengkap mengenai material-material yang disuplai ke dalam *cone filling machine*.

- *Cone Wafer*, material ini dikemas ke dalam bentuk kardus dengan berat 10 kg per buah.
- *Dark Chocolate Compound*, material ini dikemas dalam bentuk kantung yang kemudian dikemas kembali ke dalam kardus. Satu kardus berisi satu kantung dengan berat 20 kg per buah.
- *Chocolate Sauce*, material ini dikemas dalam bentuk kantung yang kemudian dikemas kembali ke dalam kardus. Satu kardus berisi empat kantung dengan berat 5 kg per buah.
- Selai *Core Strawberry*, material ini dikemas dalam bentuk kantung yang kemudian dikemas kembali ke dalam kardus. Satu kardus berisi empat kantung dengan berat 2,5 kg per buah.
- *Strawberry Topping*, material ini dikemas dalam bentuk kantung yang kemudian dikemas kembali ke dalam kardus. Satu kardus berisi satu kantung dengan berat 10 kg per buah.
- *Roasted Peanut, Peanut Crunch, Cashew Nut*, ketiga material ini dikemas dalam bentuk kantung dengan berat 5 kg per buah.
- *Milk Chocolate Chips*, material ini dikemas dalam bentuk kantung dengan berat 10 kg per buah.
- *Brownie Flake*, material ini dikemas dalam bentuk kantung yang kemudian dikemas kembali ke dalam kardus. Satu kardus berisi enam kantung dengan berat 2 kg per buah.
- *Lid*, material ini dikemas dalam bentuk lonjoran yang kemudian dikemas kembali ke dalam kardus. Satu kardus berisi delapan lonjor dengan jumlah 5000 buah per kardus.

3.2 Penentuan Objek Penelitian

Untuk menentukan objek penelitian, dilakukan observasi lapangan (termasuk diantaranya melakukan analisis aksesibilitas dan keterjangkauan) ke area *cone filling machine* PT. X dan wawancara dengan pihak pekerja. Selain untuk penentuan objek penelitian, kegiatan di atas juga dilakukan untuk menemukan adanya indikasi rancangan kerja yang tidak ergonomis pada area *cone filling machine*.

3.2.1 Identifikasi Permasalahan Pekerja

Untuk membantu dalam melakukan identifikasi permasalahan secara lebih mendalam, penulis mengumpulkan data keluhan pekerja dengan memanfaatkan kuesioner anamnesa ergonomi yang disediakan oleh OHS (*Occupational Health and Safety*) PT. X. Kuesioner tersebut memberikan informasi bagian tubuh mana dari pekerja yang mengalami sakit atau nyeri akibat dari pekerjaan yang mereka lakukan dan kegiatan yang paling sulit dan berat saat melakukan pekerjaan di tempat kerja.

Tabel 3.2 berikut ini merupakan rekapitulasi data banyaknya keluhan sakit yang dialami pekerja yang berada pada area *cone filling machine* pabrik es krim serta bagian-bagian tubuh yang mengalami sakit.

Tabel 3.2 Data Fatigue dari OHS PT. X

Bagian Tubuh	Kanan							Kiri						
	Keparahan				Frekuensi			Keparahan				Frekuensi		
	1	2	3	4	A	B	C	1	2	3	4	A	B	C
Tangan	5	8	3	0	5	8	3	6	7	3	0	7	6	3
Pergelangan	5	7	3	1	6	6	4	8	4	3	1	6	6	4
Siku	7	6	3	0	7	7	3	7	7	2	0	6	8	2
Bahu	7	6	3	0	4	11	1	6	7	3	0	6	9	1
Leher	8	7	1	0	9	5	2	8	7	1	0	8	6	3
	Keparahan				Frekuensi									
	1	2	3	4	A	B	C							
Punggung	0	8	6	2	4	8	4							
Kaki	3	9	3	1	7	6	3							
Kepala	7	9	0	0	13	2	1							
Mata	10	5	0	1	12	3	1							

Sumber: Rekapitulasi Kuesioner Anamnesa Ergonomi PT. X

Dengan ketentuan sebagai berikut:

- Tingkat keparahan

1 = Ringan, keluhan yang dapat diatasi dengan sedikit peregangan, tidak menimbulkan gangguan pekerjaan.

2 = Sedang, keluhan yang dapat diatasi dengan beristirahat sejenak, akan tetapi masih dapat melaksanakan pekerjaan dengan baik.

3 = Berat, ditandai dengan rasa keram pada bagian tubuh yang dikeluhkan dan membutuhkan istirahat lebih panjang dan menghentikan pekerjaan sejenak.

4 = Sangat berat, membutuhkan penanganan khusus dari OHS serta tidak dapat melanjutkan pekerjaan kembali.

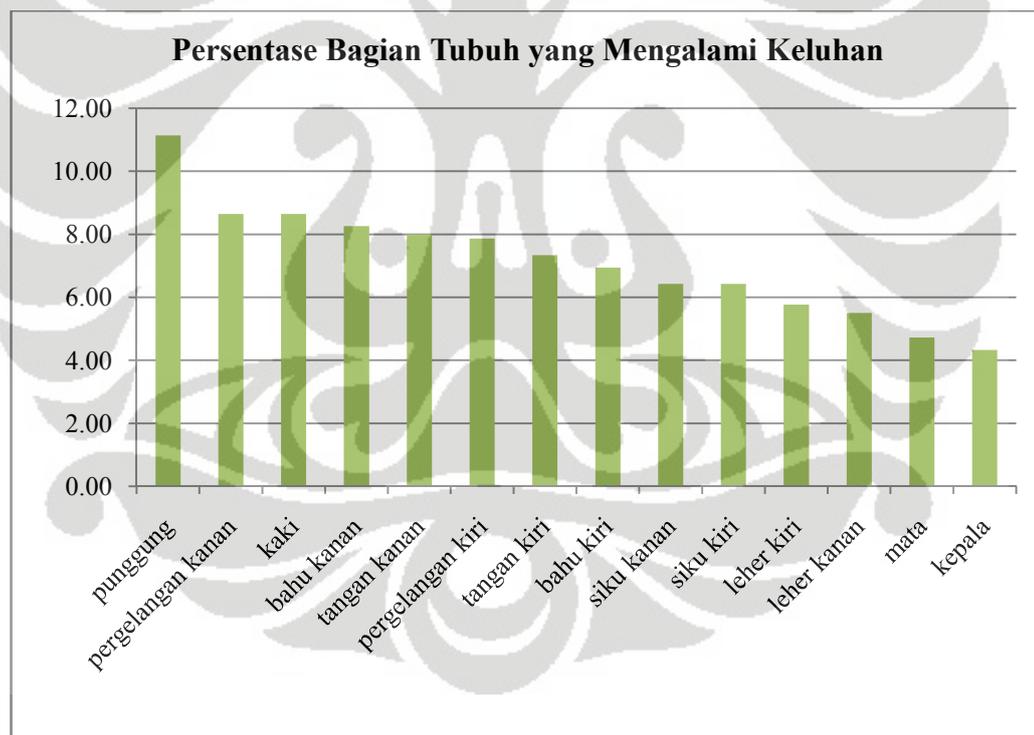
- Frekuensi kejadian

A = Jarang, keluhan yang terjadi lebih hanya sesekali saja.

B = Sering, keluhan yang terjadi beberapa kali dalam 1 hari pekerjaan.

C = Selalu, keluhan yang terjadi sepanjang melakukan pekerjaan.

Dari rekapitulasi kuesioner data anamnesis ergonomi tersebut, penulis menghitung persentase skor dari setiap bagian tubuh yang mengalami keluhan untuk mengidentifikasi bagian tubuh yang paling banyak dikeluhkan oleh pekerja secara keseluruhan. Gambar 3.6 berikut ini adalah grafik persentase bagian tubuh pekerja yang mengalami keluhan.



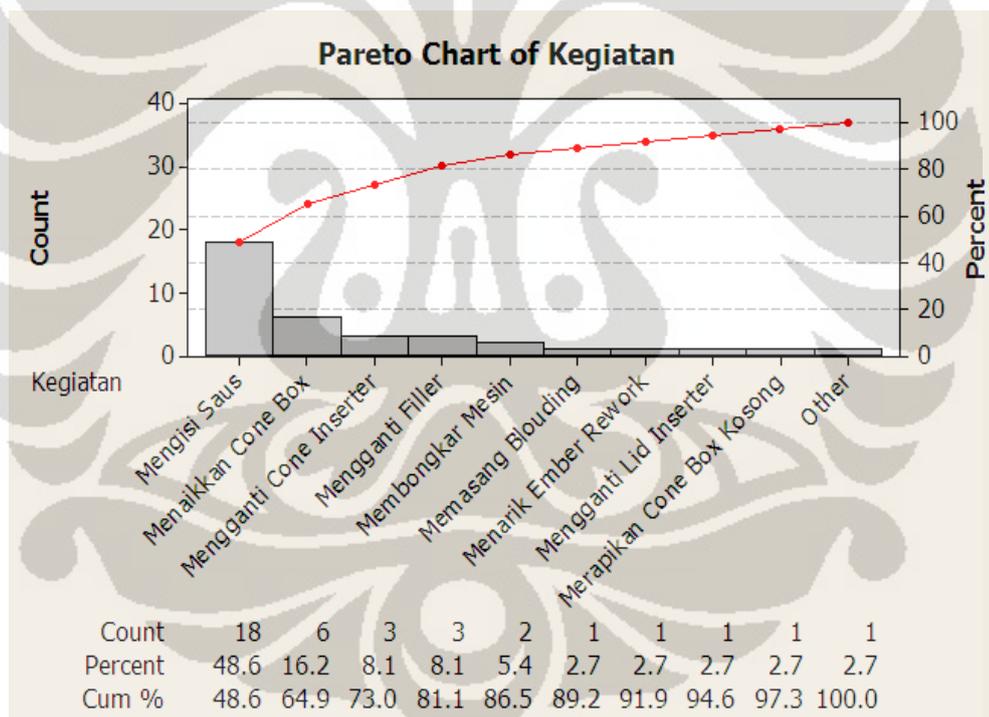
Gambar 3.6 Grafik Persentase Bagian Tubuh yang Mengalami Keluhan

Dari grafik di atas dapat disimpulkan bahwa bagian tubuh yang paling banyak dikeluhkan adalah punggung dengan skor 11,4%. Selain punggung, bagian tubuh lain yang cukup banyak dikeluhkan adalah pergelangan kanan dan

kaki dengan skor 8,65%. Hasil kuesioner ini cukup relevan dengan kondisi kerja yang dialami oleh para pekerja.

Semua jenis pekerjaan yang ada pada setiap stasiun terjadi area *cone filling machine* ini dilakukan dengan posisi berdiri. Selain itu, tipe pekerjaan yang banyak bersifat *manual mateial handling* memang sangat rentan terhadap keluhan sakit punggung dan pegal-pegal pada area pergelangan tangan khususnya tangan kanan yang lebih dominan digunakan oleh mayoritas pekerja.

Selain itu, dari kuesioner juga didapatkan informasi mengenai kegiatan yang paling sulit dan berat saat melakukan pekerjaan di tempat kerja. Informasi tersebut dipetakan ke dalam bentuk diagram pareto. Gambar 3.7 berikut ini adalah grafik pareto dari kegiatan yang paling sulit dan berat saat melakukan pekerjaan di tempat kerja.



Gambar 3.7 Diagram Pareto Kegiatan yang Paling Sulit dan Berat Saat Melakukan Pekerjaan di Tempat Kerja

Dari diagram pareto di atas dapat disimpulkan bahwa kegiatan mengisi saus adalah kegiatan kerja yang menurut pekerja paling sulit dan berat untuk dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini akan terfokus pada tipe pekerjaan mengisi *sauce*.

3.2.2 Penentuan Stasiun Kerja

Pada area *cone filling machine* banyaknya stasiun kerja yang berhubungan dengan kegiatan pengisian *sauce* adalah 4 buah tangki yang terdiri dari:

- *Hoystat Sauce Core*, merupakan tangki yang digunakan untuk menyuplai *sauce core*. Tangki ini dihubungkan dengan *core sauce filler*.
- *Hoystat Sauce Topping*, merupakan tangki yang digunakan untuk menyuplai *sauce topping*. Tangki ini dihubungkan dengan *topping sauce filler*.
- *Buffer Tank Core*, merupakan tangki yang digunakan untuk menyuplai *sauce core*. Tangki ini dihubungkan dengan *hoystat sauce core*.
- *Buffer Tank Topping*, merupakan tangki yang digunakan untuk menyuplai *sauce topping*. Tangki ini dihubungkan dengan *hoystat sauce topping*.

Buffer tank core dan *buffer tank topping* hanya digunakan untuk menyuplai material *chocolate sauce* dan *dark chocolate compound* yang digunakan ketika memproduksi varian es krim tertentu. Hal ini disebabkan oleh temperatur coklat yang tidak stabil karena range yang ideal untuk material ini sempit, yaitu hanya berkisar antara 27-30°C sedangkan konsumsi penggunaan material ini tinggi. Oleh karena itu, *buffer tank* digunakan untuk *conditioning* temperatur *sauce* supaya tetap berada di antara 27-30°C sehingga tambahan material tidak mengganggu coklat yang sudah siap dan pengisian *sauce* menjadi lebih stabil.

Jenis material yang disuplai ke setiap stasiun kerja pengisian *sauce* adalah sebagai berikut ini.

- *Hoystat sauce core*, digunakan untuk menyuplai *chocolate sauce* dan selai *core strawberry*.
- *Hoystat sauce topping*, digunakan untuk menyuplai *chocolate sauce*, *strawberry topping*.
- *Buffer tank core*, digunakan untuk menyuplai *chocolate sauce*.
- *Buffer tank topping*, digunakan untuk menyuplai *dark chocolate compound*.

Pada gambar 3.8 berikut ini menggambarkan hubungan antara stasiun kerja pengisian *sauce* dan material *sauce* yang disuplai pada stasiun kerja tersebut.



Gambar 3.8 Stasiun Kerja dan Material yang Disuplai

Dari uraian dan gambar 3.8 di atas, diketahui bahwa beberapa stasiun kerja digunakan untuk menyuplai lebih dari satu jenis material. Untuk melakukan penelitian ini, penulis mengambil berat material terbesar yang disuplai oleh setiap stasiun kerja dalam melakukan analisis ergonomi terhadap stasiun kerja tersebut.

Sementara itu, *hoystat sauce core* dan *hoystat sauce topping* memiliki spesifikasi ukuran dan material penyusun yang sama. Oleh karena itu, dalam penelitian hanya dimodelkan satu buah stasiun kerja *hoystat* karena model tersebut dianggap telah dapat mewakili kedua stasiun kerja tersebut.

Maka stasiun kerja dan material yang disuplai yang akan menjadi objek penelitian ini adalah sebagai berikut:

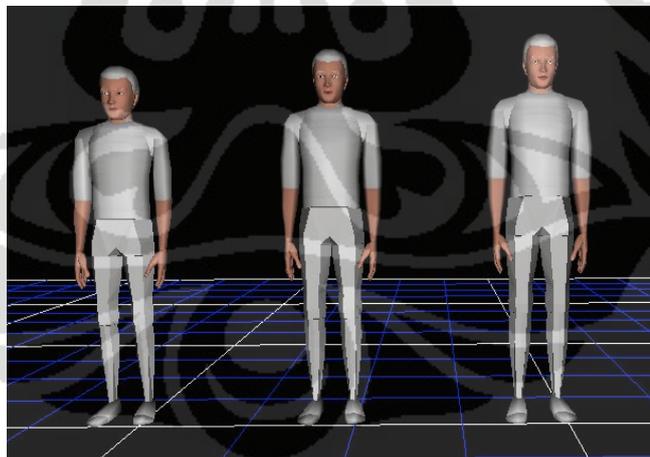
- *Hoystat*, digunakan untuk menyuplai *chocolate sauce*, *strawberry topping*.
- *Buffer tank core*, digunakan untuk menyuplai *chocolate sauce*.
- *Buffer tank topping*, digunakan untuk menyuplai *dark chocolate compound*.

3.2.3 Penentuan Variabel yang Diteliti

Setelah observasi di lapangan selesai dilakukan, variabel-variabel yang akan diperhitungkan pengaruhnya terhadap nilai ergonomi dapat ditentukan. Berdasarkan pengamatan, variabel-variabel yang dipilih adalah persentil data antropometri, jenis kelamin, ketinggian tempat kerja, dan peralatan *material handling*.

a. Persentil Data Antropometri

Persentil data antropometri yang akan dimodelkan pada penelitian ini adalah persentil 5 dan 95. Kedua titik ini dipilih karena keduanya adalah nilai ekstrim yang perlu diperhatikan dalam perancangan produk dan metode kerja. Sementara itu sebagai acuan dalam membuat desain stasiun kerja yang ergonomis dari segi ketinggian tempat kerja, digunakan dimensi tubuh dari persentil 50 sebagai acuanya. Hal ini dikarenakan sebuah stasiun kerja tentunya harus dapat mencakup seluruh populasi pekerja yang ada dan persentil 50 dianggap cukup dapat mewakili keseluruhan populasi. Oleh karena itu, desain stasiun kerja yang mengacu pada persentil 50 itu diujikan pada persentil 5 dan 95 untuk melihat kemampuan desain tersebut menjangkau seluruh populasi. Untuk rekomendasi alat material handling yang dapat diatur ketinggiannya digunakan acuan persentil 5 dan 95 untuk melihat kemampuan alat tersebut memenuhi kebutuhan seluruh anggota populasi. Gambar 3.9 di bawah ini menunjukkan perbandingan persentil 5, 50, dan 95 dari pekerja di area *cone filling machine*.



Gambar 3.9 Model Manusia Virtual Persentil 5 (kiri), Persentil 50 (tengah) dan Persentil 95 (kanan)

b. Jenis Kelamin

Jenis kelamin yang akan digunakan dalam pembuatan model adalah hanya jenis kelamin laki-laki karena seluruh pekerja non-staf yang bertugas pada

area *cone filling machine* adalah 100% laki-laki. Berdasarkan persyaratan perusahaan pula, posisi pekerja non-staf pada area mesin haruslah berjenis kelamin pria, sehingga pada penelitian ini tidak dimodelkan pekerja dengan jenis kelamin perempuan.

c. Ketinggian Tempat Kerja

Pada area *cone filling machine* semua jenis pekerjaan harus dilakukan dengan posisi berdiri. Fakta ini menjadikan ketinggian tempat kerja sebagai faktor yang paling signifikan berpengaruh pada kondisi ergonomi sebuah stasiun kerja. Berdasarkan pada tinjauan literatur yang dilakukan penulis, tinggi tempat kerja untuk pekerjaan yang sifatnya berat adalah berkisar antara 10 cm (4 inchi) sampai dengan 20 cm (8 inchi) di bawah *elbow height*. Perubahan variabel ketinggian tempat kerja pada penelitian ini dilakukan dengan perubahan dan penambahan tangga. Hal ini dikarenakan perubahan ketinggian tangki sulit dilakukan sebab tangki dihubungkan dengan mesin menggunakan pipa-pipa penghubung pada bagian atas tangki yang telah dipasang secara permanen.

d. Peralatan *Material Handling*

Peralatan *material handling* yang direkomendasikan pada penelitian ini adalah *Scissors Lift Table DB Step 350kg*. Ketinggian meja dari alat ini dapat diatur dalam *range* 35 cm sampai dengan 130 cm. Pada gambar 3.10 berikut ini adalah contoh salah satu bentuk *scissors lift table db step 350kg*.



Gambar 3.10 *Scissors Lift Table DB Step 350kg*

Sumber: Krisbow, 2010

3.3 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan pada penelitian ini terdiri dari tiga jenis data, yaitu data antropometri pekerja, data spesifikasi stasiun kerja, material, dan peralatan pendukung, serta data postur kerja yang akan dianalisis.

3.3.1 Data Antropometri Pekerja

Data antropometri Pekerja digunakan untuk membuat model manusia virtual pada *software Jack*. Pengukuran data antropometri ini dilakukan pada pekerja non-staf PT. X di area *cone filling machine*. Tinggi dan berat badan pekerja PT. X dapat terlihat pada tabel 3.3 di bawah ini.

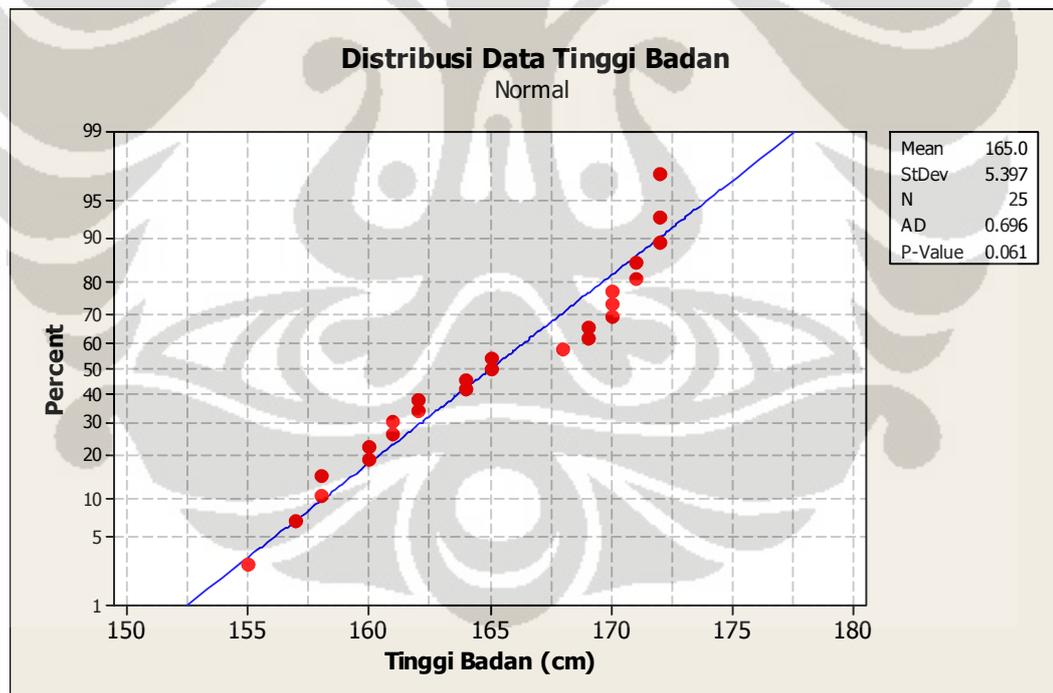
Tabel 3.3 Data Antropometri Pekerja Area *Cone Filling Machine*

Pekerja ke-	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
1	161	44
2	165	62.5
3	158	68
4	165	58
5	160	54
6	155	45
7	168	54
8	161	49
9	169	50
10	160	45
11	164	50
12	171	71
13	164	60
14	172	65
15	170	50
16	172	54
17	169	64
18	170	60
19	162	50
20	171	54
21	162	55
22	157	43
23	158	50
24	170	54
25	172	70

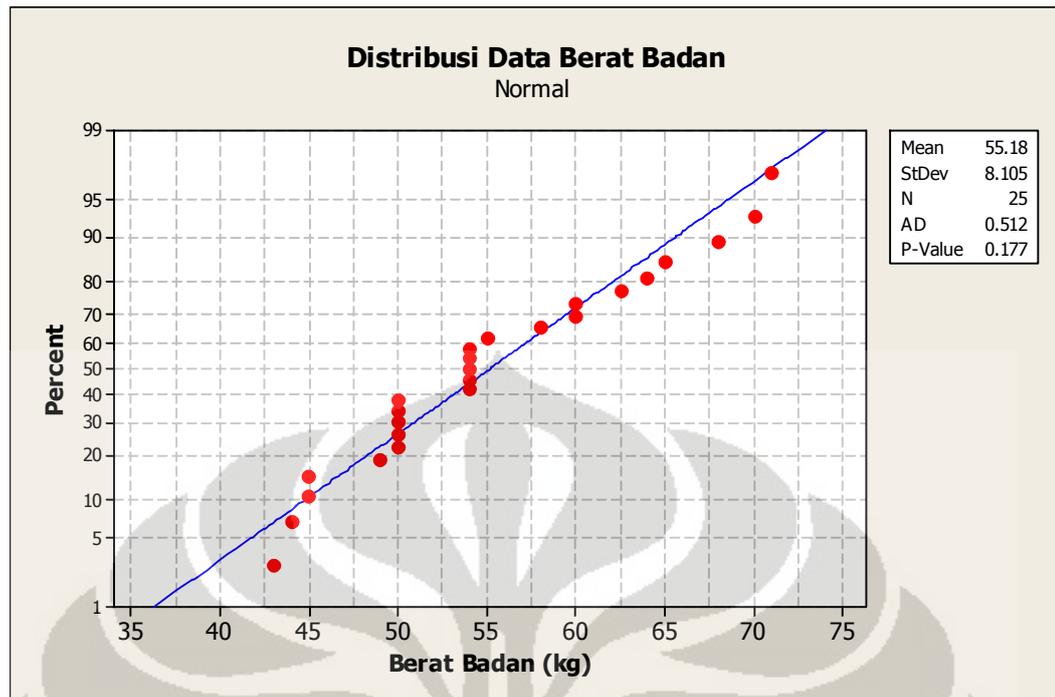
Sumber: Data Antropometri OHS PT. X

Data yang diambil adalah data tinggi dan berat badan. Data tinggi dan berat badan tersebut akan dimasukkan ke dalam *Jack*. *Jack* akan menyesuaikan data tinggi dan berat badan itu dengan *database* antropometri ANSUR (*Army Natick Survey User Requirements*) tahun 1988 yang dimiliki *Jack*. Berdasarkan *database* tersebut, *Jack* akan memberikan variabel data antropometri lainnya (selain tinggi dan berat badan) yang belum didapatkan.

Untuk mengetahui data antropometri pekerja yang telah dikumpulkan adalah data antropometri pekerja yang baik, maka 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 adalah data yang terdistribusi secara normal. Uji normalitas dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab 14. Berikut ini adalah grafik distribusi data tinggi badan dan berat badan pada pekerja area *cone filling machine* yang digambarkan pada gambar 3.11 dan gambar 3.12.



Gambar 3.11 Hasil Uji Normalitas Data Tinggi Badan



Gambar 3.12 Hasil Uji Normalitas Data Berat Badan

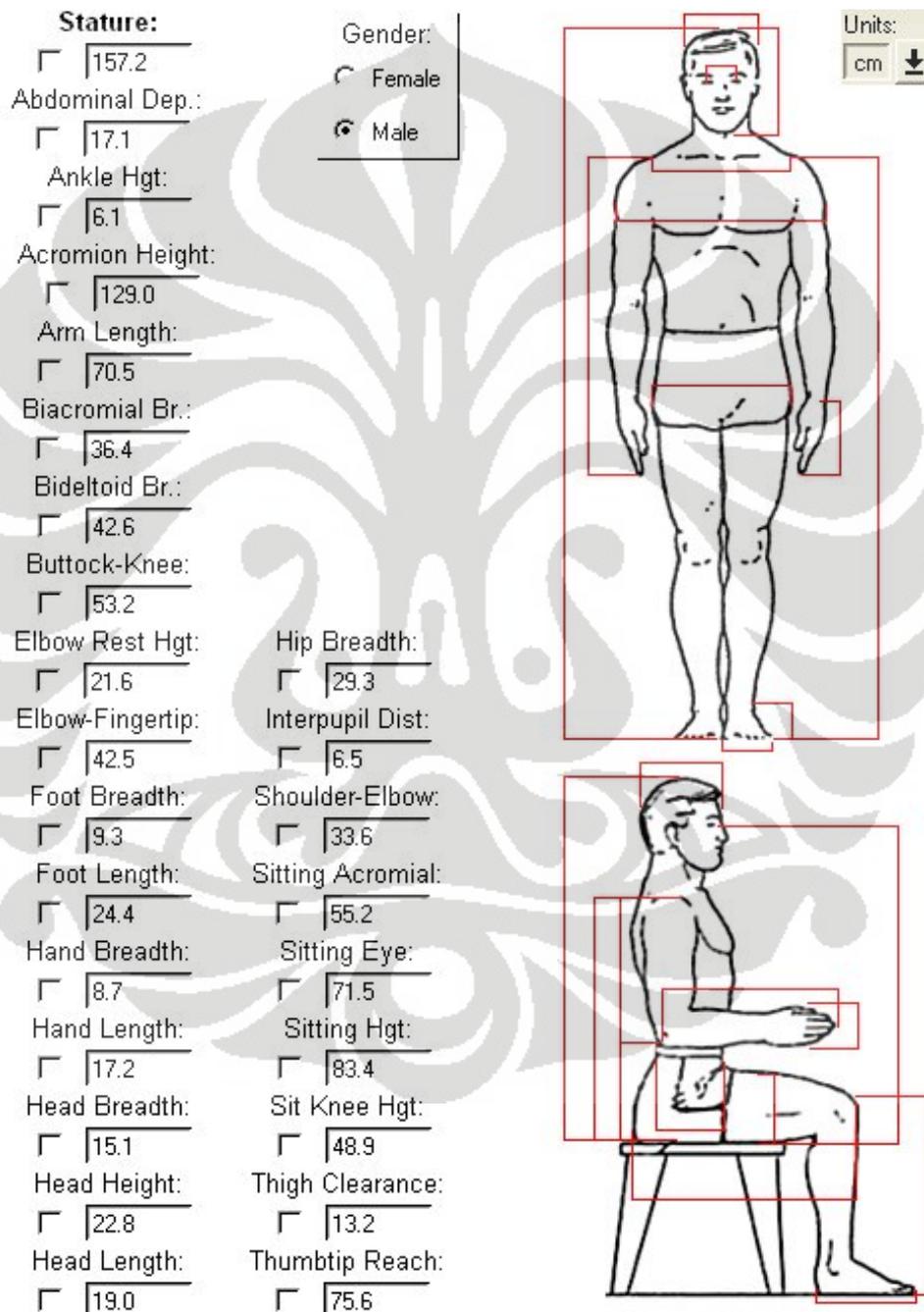
Berdasarkan hasil uji normalitas, p -value dari data tinggi badan adalah 6,1%. Sedangkan p -value dari data berat badan adalah 17,7%. Hasil ini menunjukkan bahwa data tinggi badan dan berat badan terdistribusi secara normal. Dengan demikian, data tinggi badan dan berat badan ini layak ditetapkan sebagai data utama yang digunakan untuk membuat model manusia virtual pada *software* Jack.

Dari data-data tersebut dapat dihitung ukuran persentil 5, 50 dan 95 dari populasi pekerja area *cone filling machine*. Ukuran persentil 5, 50, dan 95 tersebut adalah seperti yang digambarkan pada tabel 3.4 di bawah ini:

Tabel 3.4 Ukuran Persentil Pekerja Area *Cone Filling Machine*

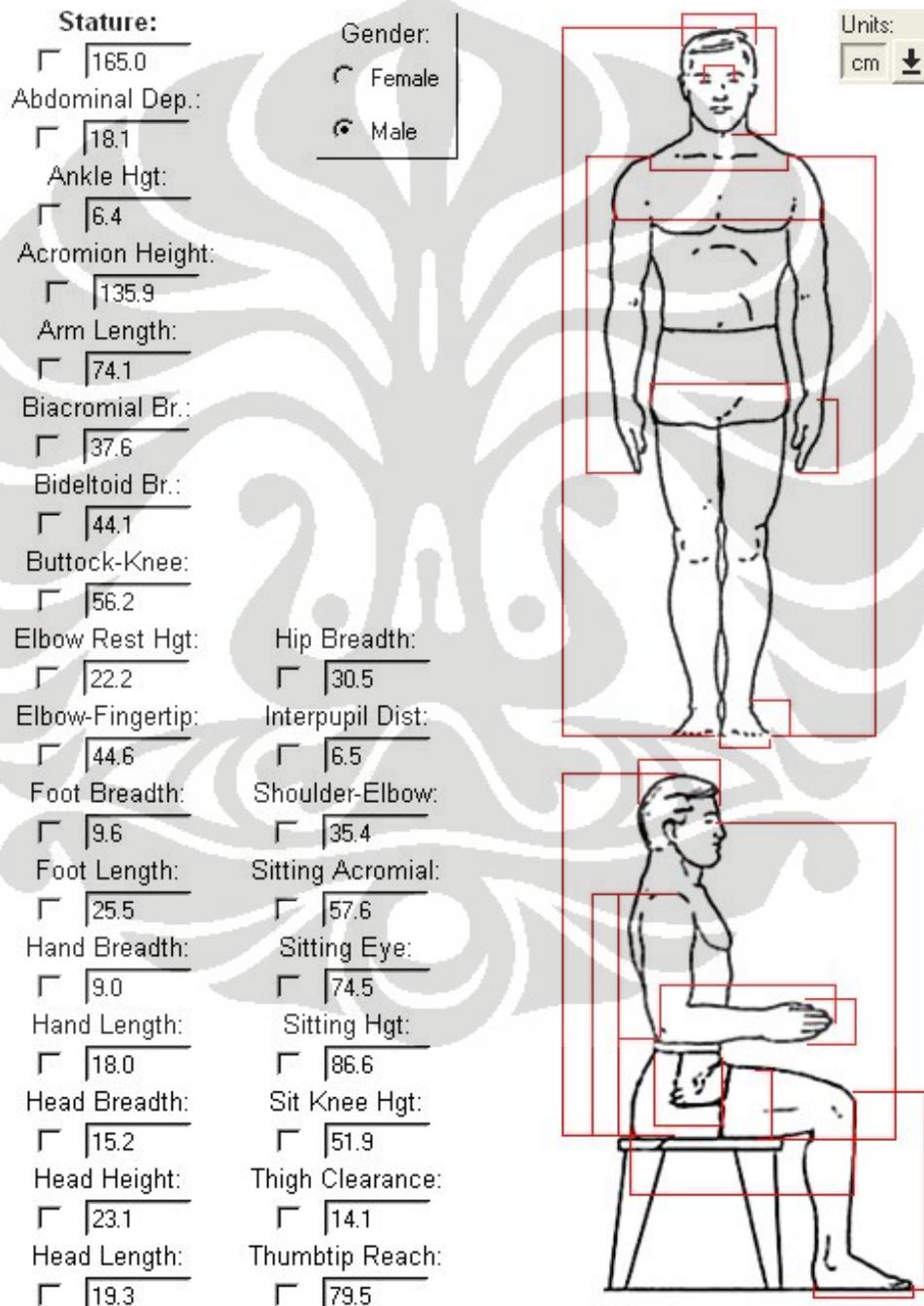
Persentil	Tinggi Badan (cm)	Berat Badan (kg)
5	157,2	44,2
50	165	54
95	172	69,6

Dari model manusia virtual yang dibuat dengan *software Jack*, dapat diketahui dimensi bagian tubuh yang lain dengan memasukkan tinggi dan berat badan. Untuk objek penelitian persentil 5, data yang digunakan adalah model pria dengan tinggi 157,2 cm dan berat 44,2 kg. Dimensi detail tubuh persentil 5 tersebut dapat dilihat pada gambar 3.13.



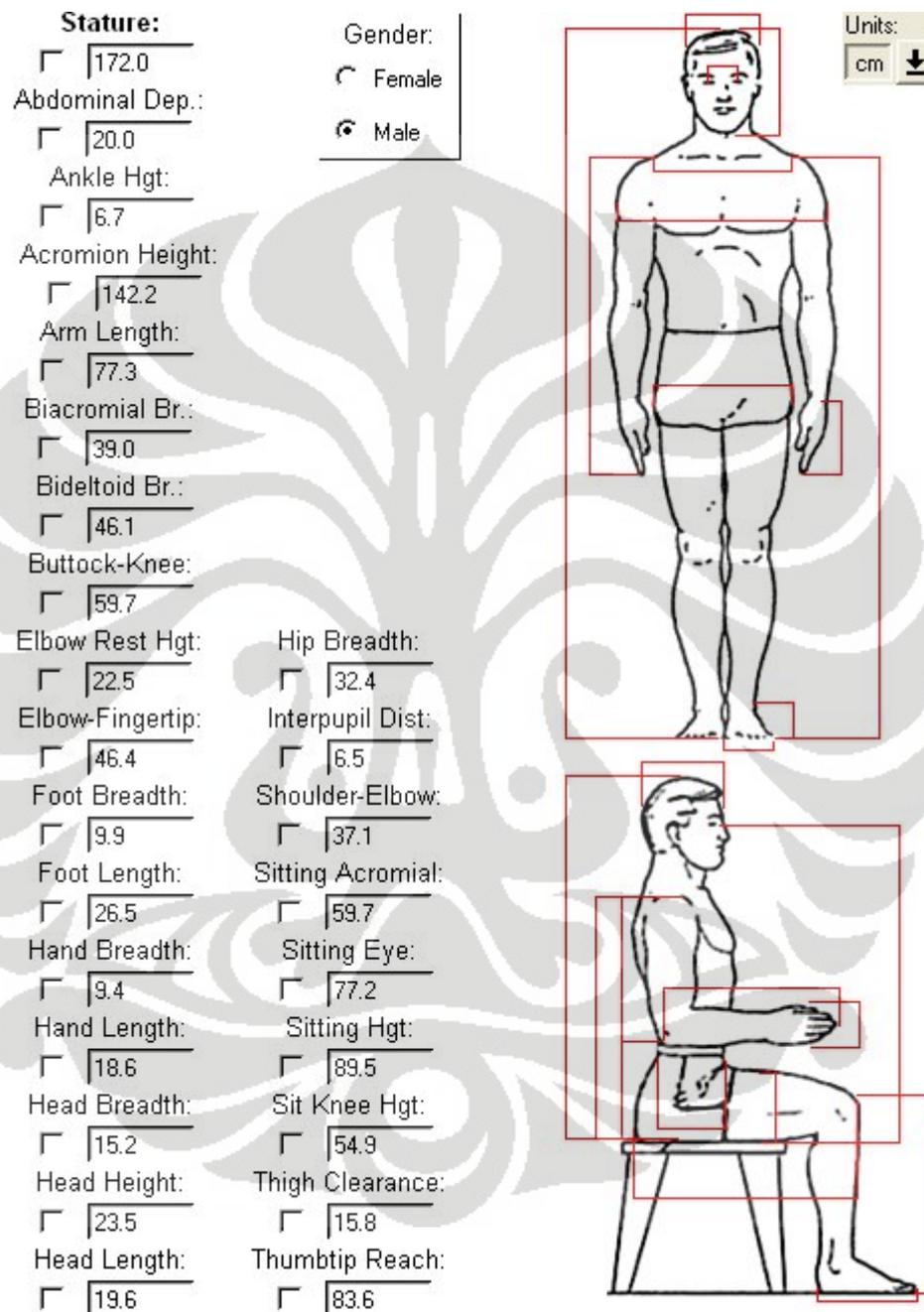
Gambar 3.13 Dimensi Ukuran Pekerja dengan Persentil 5

Pekerja dengan dimensi ukuran tubuh persentil 50 memang tidak dibuat menjadi objek penelitian. Namun dalam membuat rekomendasi desain, dibutuhkan beberapa dimensi ukuran tubuh persentil 50 sehingga data ini tetap dibutuhkan. Untuk objek penelitian persentil 50, data yang digunakan adalah model pria dengan tinggi 165 cm dan berat 54 kg Dimensi detail tubuh persentil 50 tersebut dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Dimensi Ukuran Pekerja dengan Persentil 50

Sementara itu, untuk objek penelitian dengan persentil 95, data yang digunakan adalah model pria dengan tinggi 172 cm dan berat 69,6 kg. Dimensi detail tubuh persentil 95 tersebut dapat dilihat pada gambar 3.15.



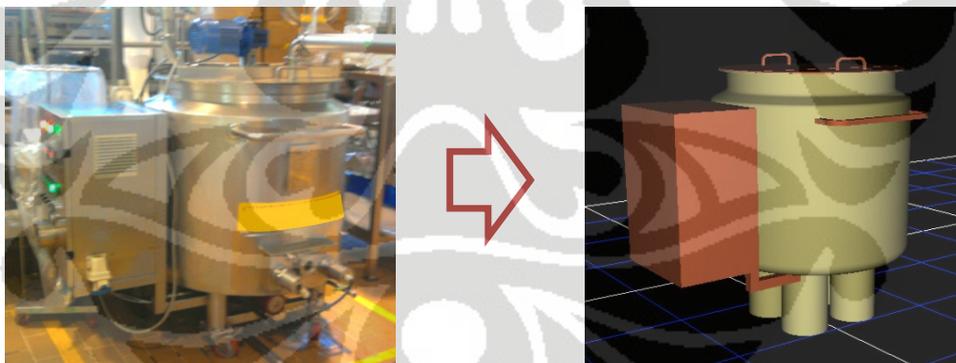
Gambar 3.15 Dimensi Ukuran Pekerja dengan Persentil 95

3.3.2 Data Spesifikasi Stasiun Kerja

Data spesifikasi stasiun kerja dibutuhkan untuk membuat model CAD (*computer aided design*) dari mesin, peralatan, dan material yang digunakan pada area *cone filling machine* PT. X. Model CAD dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD 2008. Nantinya, model CAD tersebut akan diubah format *file*-nya menjadi *.stl* melalui *command* AMSTLOUT yang ada pada *software* Autodesk Mechanical Desktop 2008. Model yang telah berbentuk *.stl* kemudian diimpor menjadi model figur dalam lingkungan *software* Jack. Alat-alat yang dibuatkan model CAD-nya adalah sebagai berikut.

3.3.2.1 Spesifikasi *Hoystat*

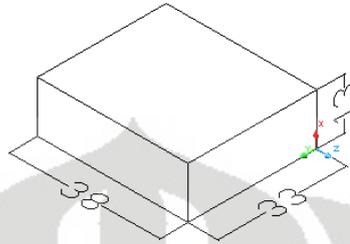
Hoystat sebagai tangki yang digunakan untuk menyuplai material *sauce* ini berdiameter 85 cm dengan ketinggian tangki 111 cm. Tangki *hoystat* ini memiliki penutup yang dilengkapi dengan pegangan dan dapat dibuka dari dua arah. Tangki *hoystat* juga dilengkapi dengan kotak panel di sebelah kiri tangki. Spesifikasi *hoystat* terdapat pada gambar 3.16 yang merupakan gambar dimensi dari *hoystat*.



Gambar 3.16 Spesifikasi *Hoystat*

Material yang akan digunakan sebagai material yang disuplai ke stasiun kerja *hoystat* pada penelitian ini adalah *strawberry topping*. Hal ini dikarenakan *strawberry topping* merupakan material yang kemasannya paling berat untuk stasiun kerja *hoystat*. *Strawberry topping* dikemas dalam bentuk kardus yang berisi 1 kantong *sauce* seberat 10 kg setiap kardusnya. Kemasan *strawberry*

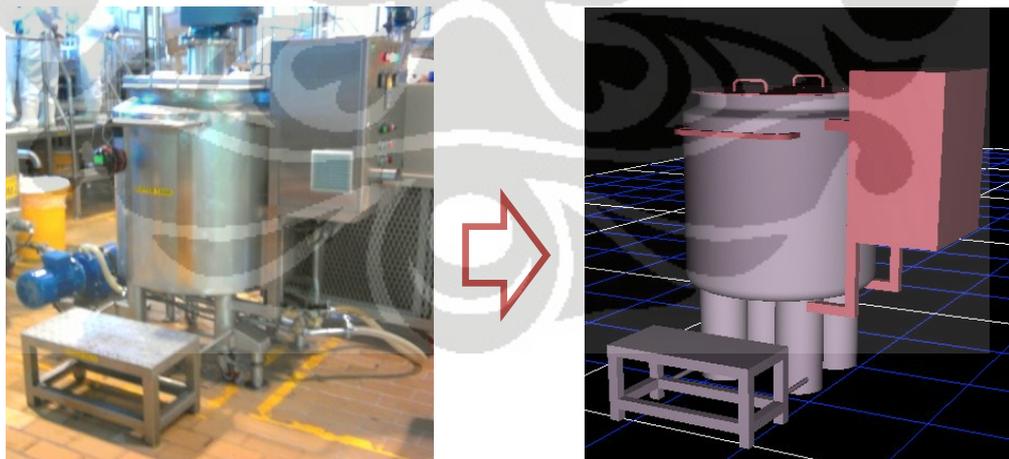
topping berukuran 38 cm x 33 cm x 13 cm. Spesifikasi *Strawberry Topping* terdapat pada gambar 3.17 yang merupakan gambar dimensi dari *strawberry topping*.



Gambar 3.17 Spesifikasi *Strawberry Topping*

3.3.2.2 Spesifikasi *Buffer Tank Core*

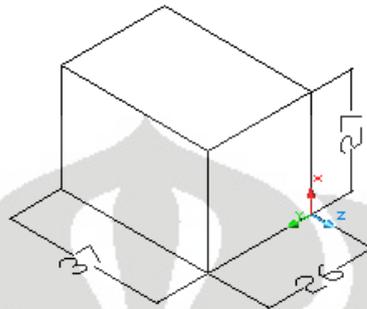
Buffer tank core sebagai tangki yang digunakan untuk menyuplai material *sauce topping* ini berdiameter 85 cm dengan ketinggian tangki 120 cm. *Buffer tank core* ini memiliki penutup yang dilengkapi dengan pegangan dan dapat dibuka dari dua arah. *Buffer tank core* juga dilengkapi dengan kotak panel di sebelah kanan tangki. *Buffer tank core* difasilitasi dengan tangga setinggi 30 cm dan lebar anak tangga 30 cm. Spesifikasi *buffer tank core* terdapat pada gambar 3.18 yang merupakan gambar dimensi dari *buffer tank core*.



Gambar 3.18 Spesifikasi *Buffer Tank Core*

Pada stasiun kerja *buffer tank core*, hanya terdapat satu jenis material yang disuplai, yaitu *chocolate sauce*. *Chocolate sauce* dikemas dalam bentuk kardus

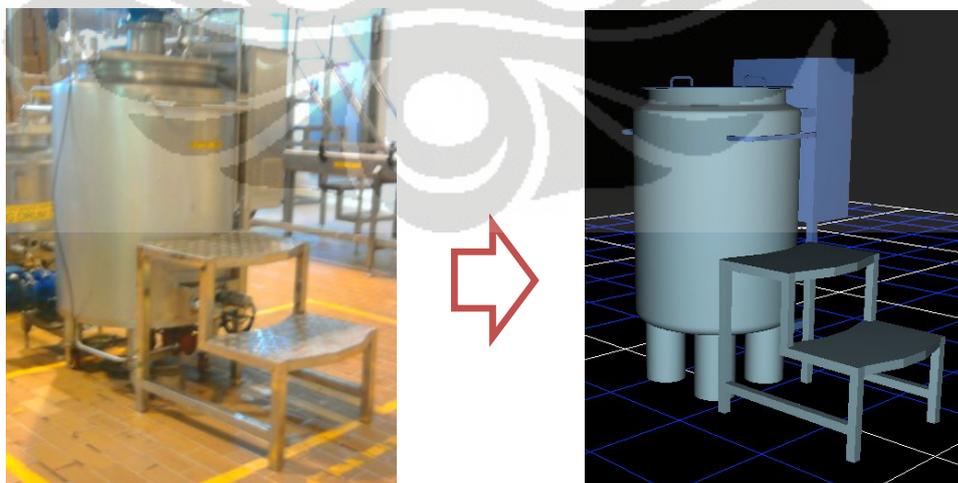
yang berisi 4 kantung *sauce* seberat 5 kg setiap kantungnya. Kardus *chocolate sauce* berukuran 37 cm x 26 cm x 27 cm. Spesifikasi *chocolate sauce* terdapat pada gambar 3.19 yang merupakan gambar dimensi dari *chocolate sauce*.



Gambar 3.19 Spesifikasi *Chocolate Sauce*

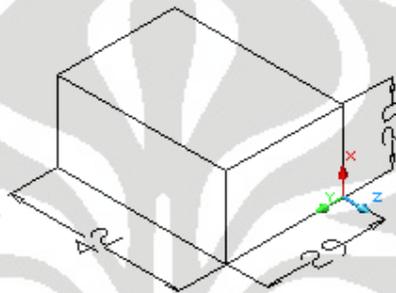
3.3.2.3 Spesifikasi *Buffer Tank Topping*

Buffer tank topping sebagai tangki yang digunakan untuk menyuplai material *sauce topping* ini berdiameter 80 cm dengan ketinggian tangki 146 cm. *Buffer tank topping* ini memiliki penutup yang dilengkapi dengan pegangan dan dapat dibuka dari dua arah. *Buffer tank topping* juga dilengkapi dengan kotak panel di sebelah kanan tangki. *Buffer tank topping* difasilitasi dengan tangga setinggi 72 cm dan lebar anak tangga 40 cm. Spesifikasi *buffer tank topping* terdapat pada gambar 3.20 yang merupakan gambar dimensi dari *buffer tank topping*.



Gambar 3.20 Spesifikasi *Buffer Tank Topping*

Pada stasiun kerja *buffer tank topping*, hanya terdapat satu jenis material yang disuplai, yaitu *dark choc compound*. *Dark choc compound* adalah material yang berat kemasannya paling berat di antara semua material yang lainnya. *Dark choc compound* dikemas dalam bentuk kardus yang berisi 1 kantung *sauce* seberat 20 kg setiap kardusnya. Kemasan *dark choc compound* berukuran 42 cm x 29 cm x 20 cm. Spesifikasi *dark choc compound* terdapat pada gambar 3.21 yang merupakan gambar dimensi dari *dark choc compound*.



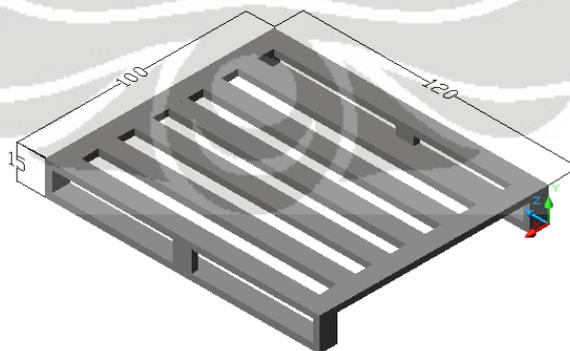
Gambar 3.21 Spesifikasi *Dark Choc Compound*

3.3.2.4 Spesifikasi peralatan pendukung

Selain ketiga stasiun kerja tersebut di atas, terdapat beberapa peralatan pendukung lainnya seperti *pallet*, ember *sauce*, dan tempat sampah. Berikut ini adalah spesifikasi dari peralatan-peralatan tersebut.

a. Spesifikasi *Pallet*

Spesifikasi *pallet* terdapat pada gambar 3.22 yang merupakan gambar dimensi dari *pallet*.



Gambar 3.22 Spesifikasi *Pallet*

Pallet digunakan sebagai media atau alas untuk mengantarkan material dari gudang ke area produksi. Kemasan-kemasan material ditumpuk dengan rapi di atas *pallet* dan disuplai ke area mesin. Biasanya sebelum melakukan proses pengisian *sauce*, operator mengambil material dari atas *pallet* untuk diisikan ke dalam tangki *sauce*.

b. Spesifikasi Ember *Sauce*

Ember *sauce* digunakan sebagai tempat meletakkan kantung-kantung *sauce* yang disiapkan untuk proses pengisian *sauce*. Ember *sauce* ini memiliki diameter permukaan atas sebesar 42 cm dan ketinggian 51 cm. Spesifikasi ember *sauce* terdapat pada gambar 3.23 yang merupakan gambar bentuk dari ember *sauce*.



Gambar 3.23 Spesifikasi Ember *Sauce*

3.3.3 Data Postur dan Metode Kerja

Data postur dan metode kerja diambil dengan menggunakan rekaman video. Postur dan metode kerja yang didokumentasikan adalah proses pengisian *sauce* di keempat stasiun kerja pengisian *sauce*.

3.3.3.1 Postur dan Metode Kerja di Stasiun Kerja *Hoystat*

Stasiun kerja *hoystat* terdiri dari *hoystat sauce core* dan *hoystat sauce topping*. Keduanya memiliki dimensi dan spesifikasi yang sama, cara kerja yang diterapkan kepada keduanya pun sama. Perbedaannya hanya terletak pada jenis material yang disuplai dan tujuannya.

Untuk melakukan pengisian *sauce* pada stasiun kerja ini digunakan ember *sauce*. Material yang diantarkan ke area mesin masih berupa kardus-kardus, sehingga untuk mempercepat dan efektivitas proses pengisian, operator akan

menyiapkan terlebih dahulu sejumlah material dengan memindahkan kemasan kantung material *sauce* ke dalam ember *sauce*.

Ketika proses pengisian berlangsung, operator mengambil kantung-kantung *sauce* dari dalam ember *sauce* untuk diangkat ke atas mulut tangki. Untuk melakukan pekerjaan ini, operator harus membungkuk untuk meraih kantung-kantung *sauce* di dalam ember *sauce*. Semakin sedikit sisa katung *sauce* di dalam ember, maka postur pekerja akan semakin dalam membungkuk.



Gambar 3.24 Posisi Mengambil *Strawberry Topping* dari Ember *Sauce*

Setelah mengambil material dari ember *sauce*, operator akan membuka kemasan *sauce* dengan merobek kantung *sauce* dengan menggunakan pisau. Kantung *sauce* yang sudah terbuka akan dituangkan ke dalam tangki sampai seluruh isi kantung habis. Kantung yang sudah kosong akan dibuang ke dalam tempat sampah. Proses mengambil dan menuang ini terus dilakukan secara berurutan dan berulang sampai *sauce* di dalam ember *sauce* habis atau tangki sudah terisi penuh.



Gambar 3.25 Posisi Menuang *Strawberry Topping* ke Dalam *Hoystat*

3.3.3.2 Postur dan Metode Kerja di Stasiun Kerja *Buffer Tank Core*

Stasiun kerja *buffer tank core* dioperasikan ketika memproduksi varian es krim yang menggunakan lebih banyak material *chocolate sauce*. Tangki ini digunakan untuk menyesuaikan temperatur *sauce* yang baru dituang sehingga tidak mengganggu stabilitas temperatur *sauce*. Cara kerja pada tangki ini sama dengan yang diterapkan pada tangki *hoystat*. Material *sauce* disiapkan ke dalam ember-ember *sauce* untuk kemudian dilakukan proses pengisian. Perbedaannya terletak pada postur pekerja ketika mengambil *sauce* dari ember *sauce*. Karena stasiun kerja ini difasilitasi dengan menggunakan tangga, sementara ember *sauce* tetap diletakkan di atas lantai, maka postur dari operator ketika mengambil *sauce* lebih membungkuk dan sampai harus berjongkok ketika harus meraih kantung *sauce* yang berada di bagian bawah ember *sauce*.



Gambar 3.26 Posisi Mengambil *Chocolate Sauce* dari Ember *Sauce*

Proses menuang *sauce* juga dilakukan dengan menggunakan pisau untuk merobek kantung *sauce*, dan kemudian menuangkan isi kantung *sauce* ke dalam tangki. Kantung *sauce* yang kosong dibuang ke dalam tempat sampah. Proses pengisian ini akan terus dilakukan secara berurutan dan berulang sampai *sauce* di dalam ember *sauce* habis atau tangki sudah terisi penuh. Untuk material *chocolate sauce* ini, frekuensi pengisian cukup tinggi bila dibandingkan dengan material lainnya, dikarenakan ukuran kemasannya lebih kecil.



Gambar 3.27 Posisi Menuang *Chocolate Sauce* ke Dalam *Buffer Tank Core*

3.3.3.3 Postur dan Metode Kerja di Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

Stasiun kerja *buffer tank topping* dioperasikan ketika memproduksi varian es krim yang menggunakan banyak material *topping*. Tangki ini digunakan untuk menyesuaikan temperatur *sauce* yang baru dituang sehingga tidak mengganggu stabilitas temperatur *sauce*. Cara dalam melakukan pengisian *dark chocolate compound* ke dalam *buffer tank topping* diperlukan dua orang operator yang bekerja sama. Satu orang operator berada di bawah tangki. Sementara satu orang lainnya berada di atas tangga tangki. Hal ini dilakukan karena dimensi tangki yang besar dan tangga tangki yang tinggi tidak memungkinkan digunakannya ember *sauce* untuk membantu dalam proses pengisian *sauce*, maka material harus langsung diambil dari kardusnya yang diletakkan di atas *pallet*. Ukuran kemasan material yang sangat berat dapat menimbulkan terjadinya cedera pada pekerja apabila operator harus berulang kali mengambil material dari atas *pallet* dan menuangnya seorang diri. Oleh karena itu, dilakukan pembagian kerja untuk dua orang operator.

Ketika mengambil material dari atas *pallet*, operator yang berada di bawah akan merobek kemasan kardus terlebih dahulu dan kemudian mengeluarkan kantung *sauce*. Postur pekerja ketika mengambil material dari atas *pallet* ini akan membungkuk apabila material yang tersisa di atas *pallet* sedikit, dan akan menengadah bila material di atas *pallet* masih banyak. Kantung *sauce* tersebut kemudian dibawa ke dekat *buffer tank topping*.



Gambar 3.28 Posisi Mengambil *Dark Chocolate Compound* dari *Pallet*

Kantung *sauce* yang dibawa ke dekat *buffer tank topping* oleh operator yang berada di bawah dan diangkat untuk diberikan kepada operator yang berada di atas. Posisi tangan dari operator yang di bawah harus lebih tinggi dari kepalanya, sementara operator yang berada di atas harus sedikit membungkuk apabila operator itu juga masih belum bisa meraih kantung *sauce* yang diberikan.



Gambar 3.29 Posisi Mengoper *Dark Chocolate Compound*

Kantung *sauce* yang sudah diterima oleh operator yang berada di atas tangki akan dibawa ke mulut tangki. Operator juga membuka kemasan dengan menggunakan pisau, kemudian menuangkan isi kantung ke dalam tangki. Bisa dilihat bahwa posisi operator ketika menuangkan *sauce* pada stasiun kerja sangat membungkuk bila dibandingkan dengan stasiun kerja lainnya. Kantung *sauce*

yang kosong dibuang ke dalam tempat sampah. Proses pengisian ini dilakukan berurutan dan berulang sampai tangki penuh atau material di atas *pallet* habis.



Gambar 3.30 Posisi Menuang *Dark Chocolate Compound* ke Dalam *Buffer Tank Topping*

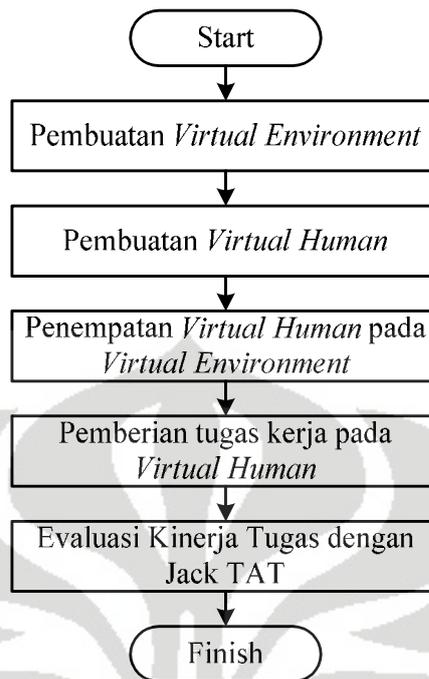
3.4 Pembuatan Model

Untuk memperjelas proses pembuatan model dari konfigurasi yang ditentukan. Berikut ini akan dijelaskan secara lengkap mengenai alur proses pembuatan model.

3.4.1 Alur Pembuatan Model

Langkah pembuatan model simulasi pada *software* Jack dibagi ke dalam beberapa tahapan kerja yang terlihat pada gambar 3.31. Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, tahapan-tahapan dalam membuat sebuah model simulasi adalah sebagai berikut:

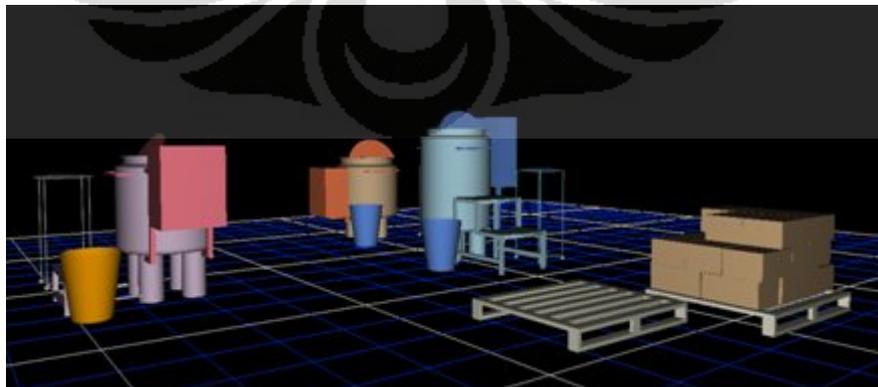
1. Membuat sebuah *virtual environment*
2. Membuat model *virtual human*
3. Memposisikan *virtual human* pada *virtual environment* sesuai dengan keadaan riil
4. Memberikan tugas atau kerja pada *virtual human* sesuai dengan gerakan kerja yang diinginkan
5. Evaluasi kinerja *virtual human* dengan menggunakan *Task Analysis Toolkit* (TAT) yang terdapat pada *software* Jack.



Gambar 3.31 Diagram Alir Pembuatan Model

3.4.1.1 Pembuatan *Virtual Environment*

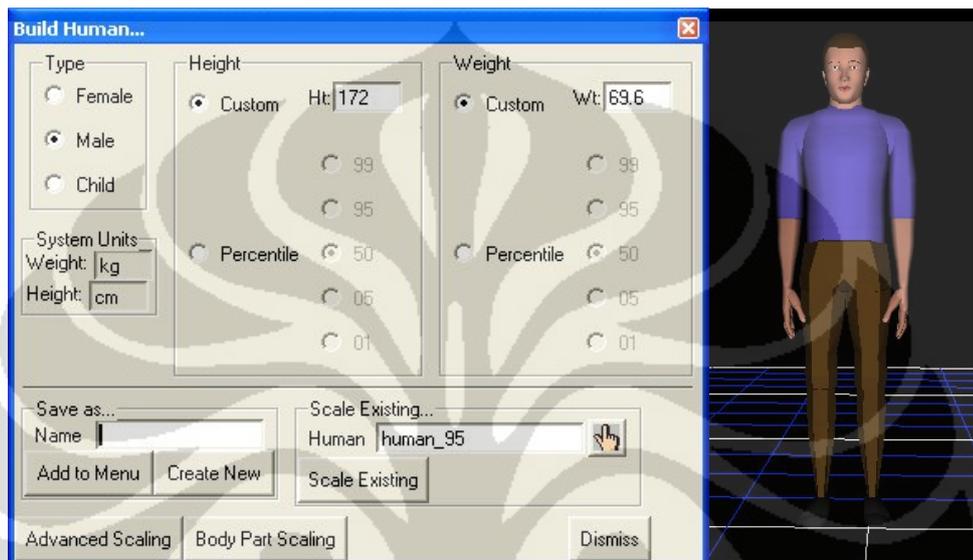
Pembuatan *virtual environment* adalah tahapan awal yang dikembangkan ketika memulai pembuatan sebuah model konfigurasi. Dalam pembuatannya diusahakan supaya objek pada lingkungan ini serupa dengan kondisi aktual terutama dimensi-dimensi ukuran objek yang *critical* seperti ketinggian dan panjang meja misalnya. Pertama-tama model CAD yang telah disimpan dalam format .stl diimpor ke dalam *software* Jack. Gambar 3.32 menunjukkan contoh *virtual environment* yang telah dibuat.



Gambar 3.32 Pembuatan *Virtual Environment*

3.4.1.2 Pembuatan *Virtual Human*

Langkah kedua adalah pembuatan *virtual human*. pembuatan *virtual human* dilakukan dengan mengacu pada persentil data antropometri pekerja yang telah dihitung sebelumnya, dapat dilihat kembali pada tabel 3.4. Dimensi tinggi dan berat badan tersebut dimasukkan ke dalam *menu box Build Human*.

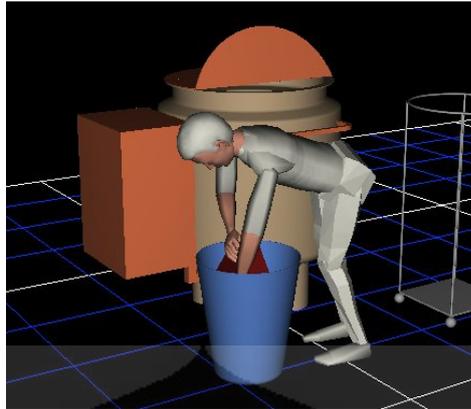


Gambar 3.33 Contoh Pembuatan *Virtual Human*

Pada gambar 3.33, jenis kelamin *virtual human* yang dibuat adalah pria dengan tinggi badan 172 cm dan berat badan 69,6 kg yang merupakan persentil 95 dari data antropometri pekerja.

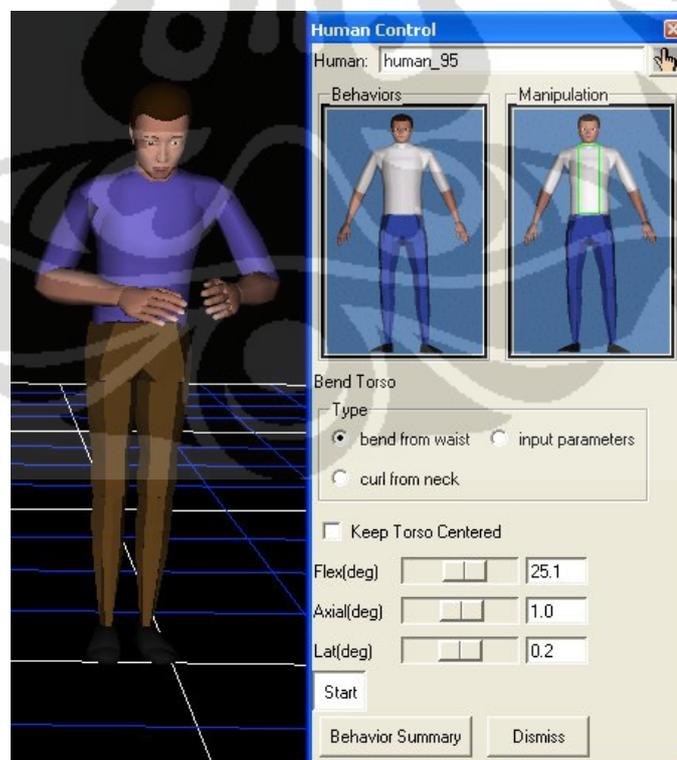
3.4.1.3 Penempatan *Virtual Human* pada *Virtual Environment*

Langkah berikutnya dari tahapan proses pembuatan model adalah memposisikan *virtual human* pada *virtual environment*. Langkah ini dapat diikuti dengan mengarahkan *virtual human* melakukan gerakan seperti yang diinginkan. Tujuannya adalah untuk membentuk postur kerja yang sesuai dengan postur kerja operator saat melakukan pengisian *sauce* di stasiun kerja *hoystat*, stasiun kerja *buffer tank core*, stasiun kerja *buffer tank topping*. Contoh penempatan *virtual human* pada stasiun kerja seperti terlihat pada gambar 3.34 di bawah ini.



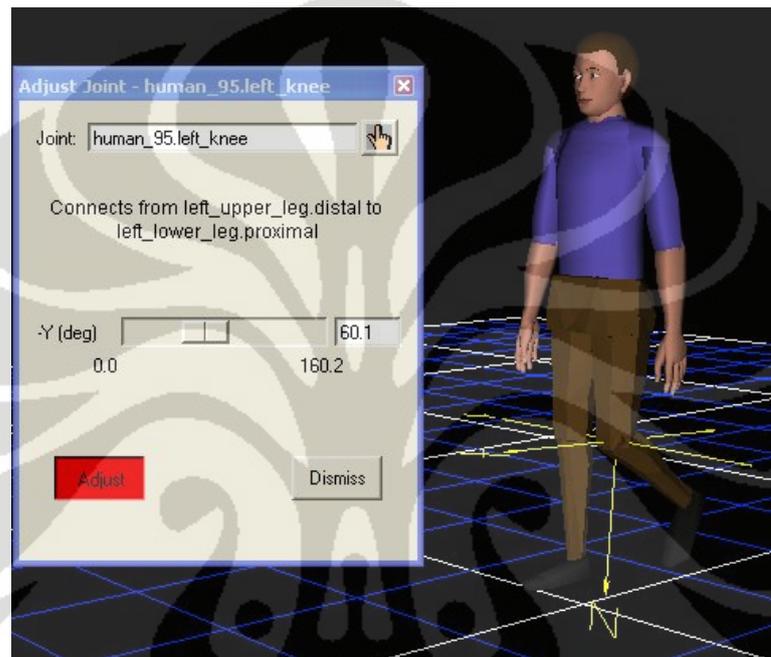
Gambar 3.34 Contoh Penempatan *Virtual Human* Pada Stasiun Kerja

Penyesuaian postur kerja ini dilakukan secara manual dengan mengatur tingkah laku, dan memanipulasi persendian (*joint*) dan segmen tubuh yang terdapat pada model sehingga dapat dihasilkan postur tubuh yang sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Kegiatan memanipulasi gerakan ini dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *human control*. Seperti contoh pada gambar 3.35, sedang dilakukan penyesuaian bagian *torso virtual human* untuk memberikan *flexion* sehingga dihasilkan postur kerja yang membungkuk.



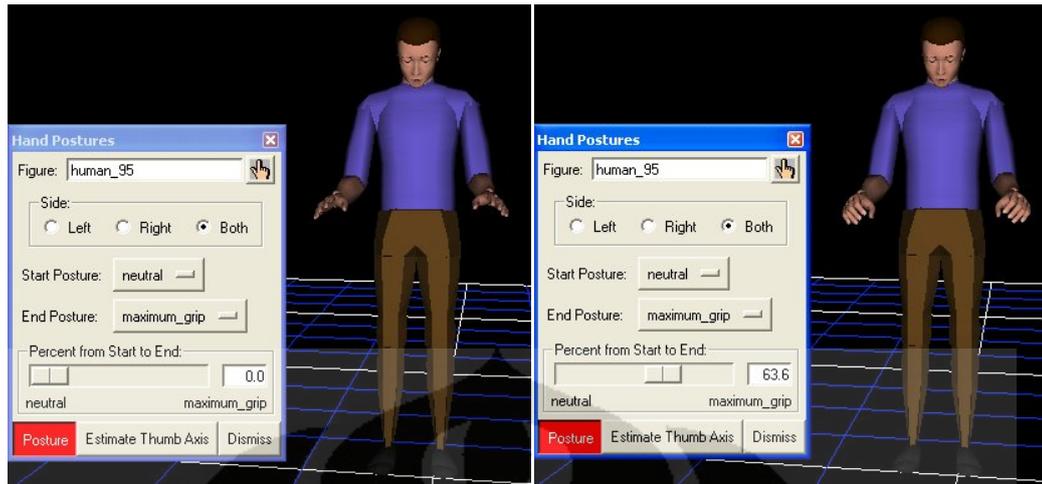
Gambar 3.35 Fungsi *Human Control*

Sementara itu, untuk manipulasi persendiaan yang hanya melibatkan satu sendi saja, dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi *adjust joint* yang memang khusus disediakan untuk mengatur satu persendiaan saja dengan *degree of freedom* (dof) yang mengakomodasi pengguna untuk memutar sendi sesuai derajat yang diinginkan. Contoh pada gambar 3.36 di bawah ini adalah pengaturan persendiaan pada lutut *virtual human*.



Gambar 3.36 Fungsi *Adjust Joint*

Fungsi lain yang sangat sering dipakai dan penting adalah *hand postures*. Dengan menggunakan *hand postures*, pengguna dapat mengatur bentuk gerakan tangan yang diinginkan dengan menyesuaikan gerakan tersebut dengan postur-postur tangan yang tersedia di dalam *library* dari *Jack 6.1*. Pada gambar 3.37, sebelah kiri adalah postur telapak tangan *virtual human* pada kondisi netral, sedangkan pada gambar sebelah kanan postur telapak tangan *virtual human* pada kondisi menggenggam.



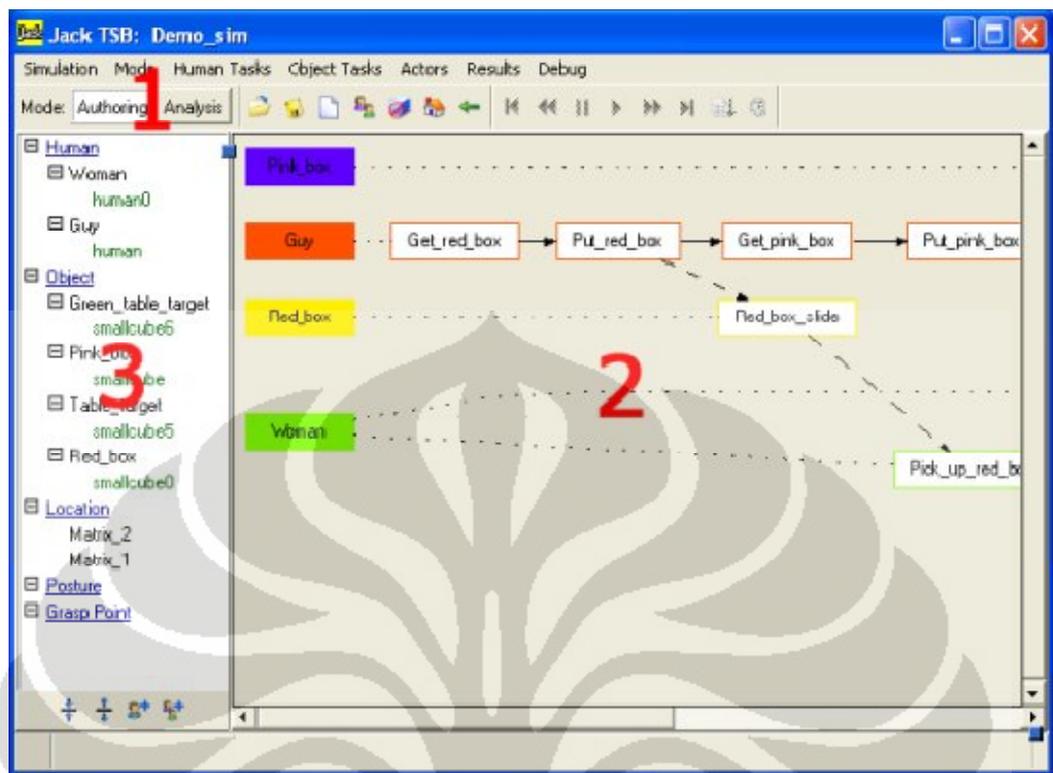
Gambar 3.37 Fungsi *Hand Postures*

Secara keseluruhan ketiga fungsi tersebut sangat membantu dalam menempatkan *virtual human* di *virtual environment* untuk mendapatkan postur-postur kerja yang sesuai dengan kondisi aktual.

3.4.1.4 Pemberian Tugas Kerja pada *Virtual Human*

Setelah model manusia virtual pekerja menempati posisi yang tepat pada stasiun kerjanya, langkah selanjutnya adalah memberikan tugas pada model sesuai dengan operasi kerja yang sebenarnya. Gerakan model virtual pada sistem animasi ini dapat diatur sedemikian rupa dengan cara memanipulasi persendian pada model virtual dan memasukkan fungsi waktu ke dalam sistem. Pembuatan animasi dalam *software* Jack dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan *Task Simulation Builder (TSB)* atau dengan *animation system*.

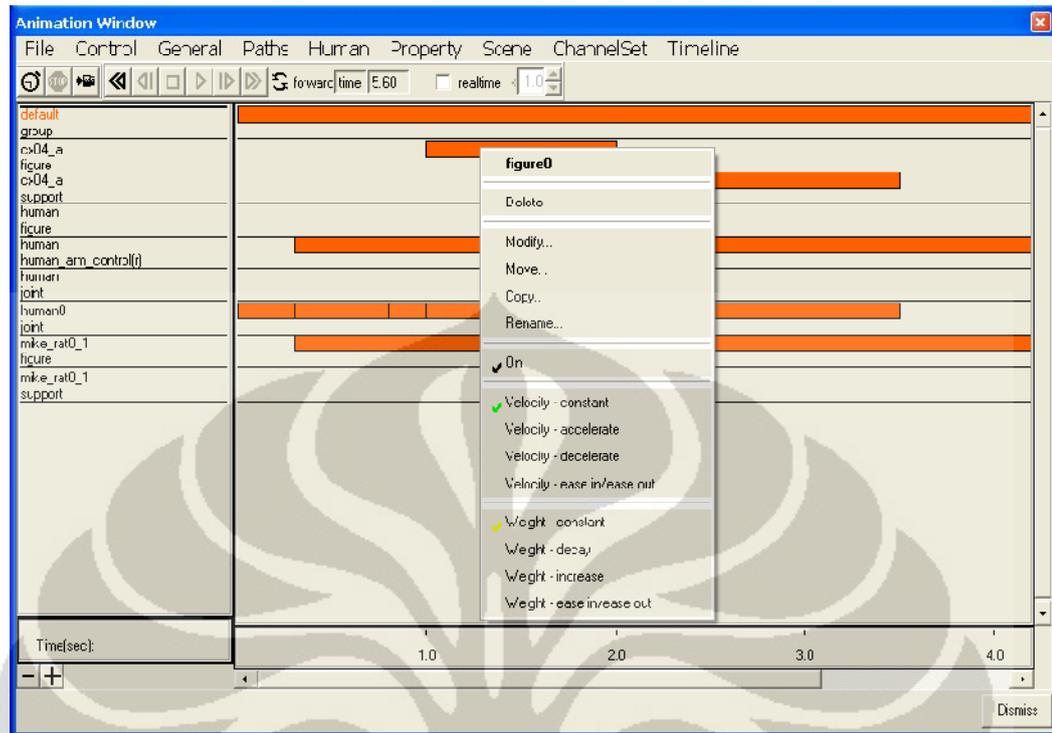
Task simulation builder (TSB) merupakan metode simulasi rangkaian gerakan kerja dimana pada TSB ini sudah terdapat pilihan-pilihan aktivitas yang dapat diterapkan pada model manusia, seperti meraih, mengangkat, mendorong, mengambil, dsb. Dengan TSB dapat memberikan pekerjaan kepada model manusia untuk bereaksi terhadap suatu objek. Akan tetapi kelemahan menggunakan TSB adalah gerakan kerja yang dapat dilakukan sangat terbatas, sehingga tidak bisa terbentuk gerakan rangkaian kerja tepat seperti yang diinginkan.



Gambar 3.38 *Simulation Definition (Authoring)* pada TSB

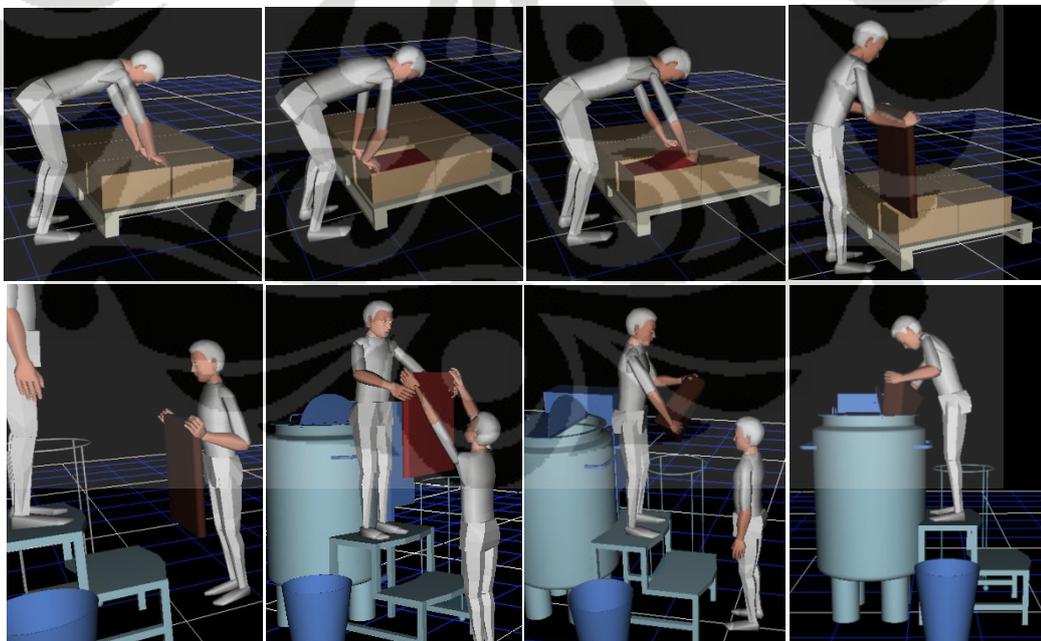
Sumber: Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2008, p.5

Untuk membentuk gerakan kerja yang lebih fleksibel bisa dengan menggunakan *Animation System*. *Animation system* pada *software* Jack menyediakan semua yang dibutuhkan untuk membuat dan memutar ulang gerakan. Pembuatan gerakan dalam *animation system* Jack membutuhkan beberapa parameter, yaitu: nama gerakan, penambahan berat, kecepatan, waktu mulai gerakan, durasi lamanya gerakan, dan tujuan akhir. Pada *animation system* ini, lokasi untuk memulai gerakan selanjutnya didapatkan dari lokasi akhir gerakan sebelumnya. Hal ini membuat simulasi dengan *animation system* ini menjadi sangat mudah dan lebih fleksibel.



Gambar 3.39 Kotak Dialog *Motion Editing Menu*

Sumber: Siemens PLM Software Inc., 2008, p.156



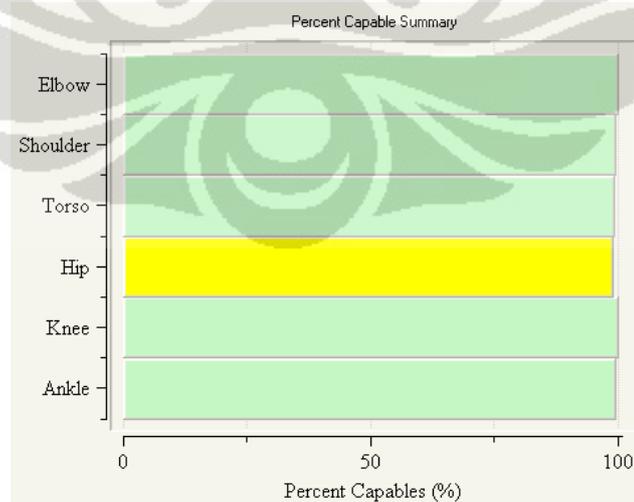
Gambar 3.40 Rangkaian Postur Kerja *Buffer Tank Topping* dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual

3.4.1.5 Evaluasi Kinerja Tugas

Evaluasi kinerja tugas dilakukan dengan menggunakan *Jack Task Analysis Toolkit* (TAT), yaitu sebuah *tool* yang dapat menganalisis faktor manusia untuk merancang area bekerja yang lebih baik dan membantu pengambilan keputusan dalam merancang jenis pekerjaan di industri. Evaluasi kinerja tugas yang dilakukan dalam penelitian ini mengaplikasikan 5 dari 9 *tools* Jack TAT yang dapat digunakan mengevaluasi aspek *human factor* dari model manusia virtual. Kelima *tools* yang digunakan, yaitu *Static Strength Prediction (SSP)*, *Low Back Analysis (LBA)*, *Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*, *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*, dan *NIOSH (National Institute of Occupational for Safety and Health)*.

Perhitungan SSP, LBA, OWAS, dan RULA dipilih sebagai alat-alat penelitian karena *output* dari keempat nilai ini dapat dihitung menjadi nilai *posture evaluation Index (PEI)*, sedangkan NIOSH *lifting* juga dijadikan alat penelitian karena *output* dari perhitungan ini adalah *lifting Index (LI)*.

Analisis SSP digunakan untuk mengetahui apakah kegiatan kerja yang disimulasikan dapat dilakukan oleh seluruh populasi pekerja. Output dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa grafik persentase populasi pekerja yang memiliki kekuatan statis untuk melakukan pekerjaan tertentu yang disimulasikan. Untuk perhitungan PEI, maka ditetapkan persentase minimal SSP adalah 90%. Berikut ini adalah contoh grafik hasil *output* dari SSP pada gambar 3.41.



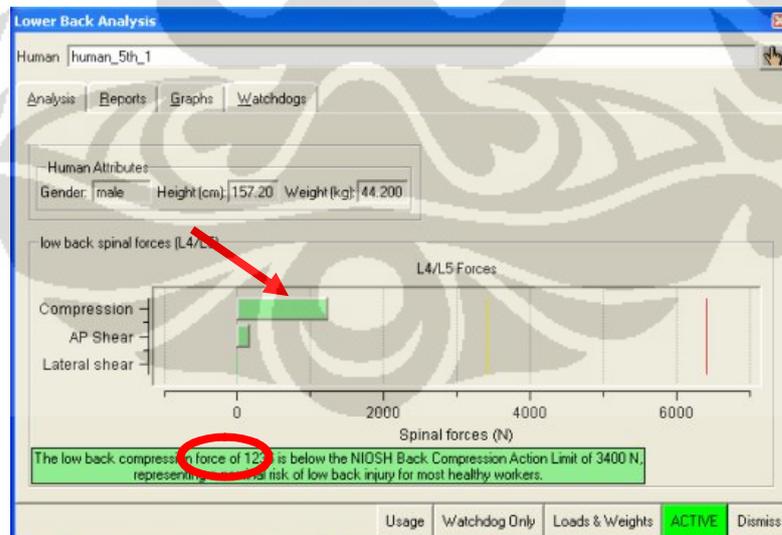
Gambar 3.41 Grafik SSP Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual

Selain grafik *percent capable summary*, SSP juga mengeluarkan hasil analisis dalam bentuk tabel seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 SSP *Capability Summary Chart* Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual

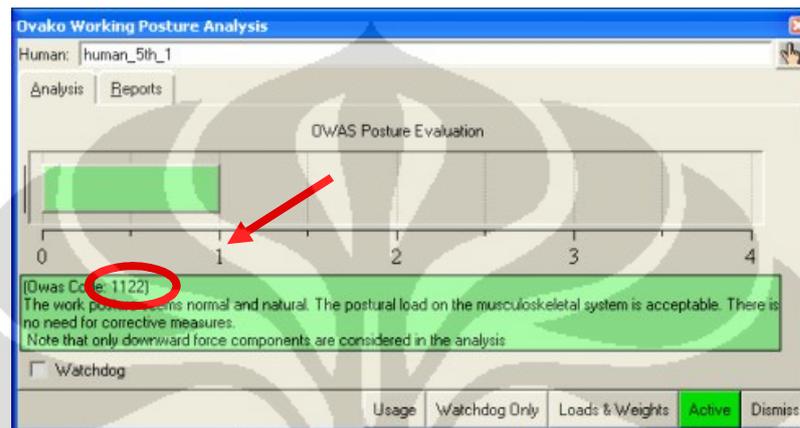
		Left					Right				
		Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)	Moment (Nm)	Muscle Effect	Mean (Nm)	SD (Nm)	Cap (%)
	Elbow	-15	FLEXN	70	17	100	1	--	29	6	100
Shoulder	Abduc/Adduc	-18	ABDUCT	71	17	100	-5	ABDUCT	72	18	100
	Rotation Bk/Fd	-8	FORWARD	101	28	100	-1	--	104	28	100
	Humeral Rot	-1	LATERAL	45	10	100	-0	--	29	7	100
Trunk	Flex/Ext	-32	EXTEN	222	70	100					
	Lateral Bending	-4	RIGHT	153	33	100					
	Rotation	0	--	86	23	100					
	Hip	-9	EXTEN	196	79	99	-9	EXTEN	196	79	99
	Knee	-8	FLEXN	138	41	100	-8	FLEXN	138	41	100
	Ankle	-22	EXTEN	154	51	100	-22	EXTEN	154	51	100

Dengan *tools* LBA, *output* dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa grafik yang menunjukkan tekanan dan gaya yang diterima punggung belakang pekerja untuk melakukan pekerjaan tertentu yang dimodelkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.42 di bawah ini.



Gambar 3.42 Hasil Analisis LBA Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual

Sedangkan untuk OWAS, output dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa skor yang menunjukkan tingkat *urgency* dari perlunya pengambilan suatu aksi perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera pada pekerja dengan *range* angka yang digunakan untuk analisis berkisar antara 1-4 seperti yang ditunjukkan gambar 3.43.



Gambar 3.43 Hasil Analisis OWAS Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual

Dengan *tools* RULA, output dari hasil evaluasi yang dilakukan adalah berupa skor penilaian yang mengindikasikan derajat intervensi yang dibutuhkan untuk mengurangi risiko terjadinya cedera pada tubuh bagian atas. Untuk melakukan analisis dengan tool ini, perlu dilengkapi terlebih dahulu *task entry* mengenai frekuensi penggunaan otot, dan beban atau tekanan yang dirasakan oleh setiap kelompok bagian tubuh. Pada gambar 3.44 berikut ini adalah *form task entry* RULA. *Software* Jack mengeluarkan hasil analisis RULA seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.47 di bawah ini.

The image displays two screenshots of the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) software interface. The left screenshot shows the input form with various options for muscle use, forces and loads, and posture ratings. The right screenshot shows the analysis results, including a Grand Score of 6 highlighted in a red box, and a recommendation for investigation and changes.

Gambar 3.44 Form Input (kiri) dan Hasil Analisis (kanan) RULA Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual

Setelah didapat skor dari ketiga metode analisis di atas, maka nilai dapat dihitung nilai PEI postur tersebut untuk menggabungkan keempat penilaian tersebut menjadi penilaian yang utuh. *Posture Evaluation Index* (PEI) digunakan untuk memberikan hasil penilaian berupa rating penilaian yang didapatkan dengan persamaan yang terdapat pada bab 2, yaitu:

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

dimana: $I_1 = LBA/3400$ N

$I_2 = OWAS/4$

$I_3 = RULA/7$

$m_r = \text{amplification factor} = 1,42$

Langkah pertama untuk menghitung nilai PEI adalah memastikan persentase populasi pekerja yang memiliki kekuatan untuk melakukan pekerjaan tersebut. Nilai batas minimum 90% digunakan sebagai persyaratan bahwa

pekerjaan tersebut dapat dilakukan oleh pekerja lain yang memiliki umur, gender, dan tinggi berbeda. Hasil dari analisis SSP adalah dapat dilihat pada tabel 3.5. Berdasarkan tabel 3.5 dapat disimpulkan bahwa hasil SPP di atas 90%.

Untuk mengukur nilai PEI, maka digunakan hasil analisis LBA, OWAS, dan RULA yang rekapitulasinya nilainya ada pada tabel 3.6 di bawah ini.

Tabel 3.6 Rekapitulasi Nilai LBA, OWAS, RULA Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5 untuk Kondisi Aktual

Posisi	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA		PEI	
			Kode	Skor	Body Group			
					A	B		
Menuang	Ya	1236	1122	1	6	5	6	1.831

Dengan memasukkan skor-skor di atas pada persamaan 2.2, maka akan didapat nilai PEI dari posisi menuang *strawberry topping* dari persentil 5 untuk kondisi aktual adalah

$$\begin{aligned} PEI &= 1236 N/3400N + 1/4 + (1,42 \times 6/7) \\ &= 1,831 \end{aligned}$$

Tools terakhir yang digunakan adalah NIOSH yang biasanya digunakan untuk mengevaluasi pekerjaan yang bersifat mengangkat sebuah objek. *Output* akhir yang dikeluarkan adalah nilai *lifting index* (LI) dan *recommended weight limit* (RWL).

Pertama-tama, harus ditentukan terlebih dahulu virtual human yang akan dianalisis, menuliskan task number, deskripsi pekerjaan, dan berat benda. Kemudian ubah postur *virtual human* ke posisi awal pengangkatan objek, dan klik use posture pada kolom *lift origin*. Selanjutnya jalankan animasi atau ubah posisi *virtual human* ke posisi akhir pengangkatan objek, dan klik use posture pada kolom *lift destination*. Maka akan dihasilkan kordinat posisi tangan *virtual human* terhadap batang tubuhnya (*V*, *H*, dan *A*), juga didapatkan jarak perpindahan yang dilakukan (*D*). Form input NIOSH adalah seperti gambar 3.45 berikut ini.

NIOSH Lifting Analysis

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: human5th

Task Input

Task Number: 201 Units: Dist: cm ↓ Angle: deg ↓ Mass: kg ↓

Description: lifting a box

Posture | Frequency | Coupling

Average Load: 10 Maximum Load: 10

Lift Origin

Use Posture V: 32.128 H: 69.577 Asymmetry: 0.028

Lift Destination

Use Posture V: 110.168 H: 43.728 Asymmetry: 0.145

Significant control required at destination

Computed Vertical Lift Distance: 78.04

Origin H out of range, analysis will clip to 25cm(10in) /63cm(26in).

Task List

Task#	Description	Avg Load	Max Load	
101	lifting a box	10	10	

LI: 1.710 RWL: 5.86

Usage | Help Off | Dismiss

Gambar 3.45 Form Input Posture NIOSH

Setelah keempat variabel V, H, A dan D untuk posisi awal dan posisi akhir pengangkatan didapatkan. Maka dapat dilakukan perhitungan RWL dengan menggunakan persamaan 2.3.

=

(2.3)

dengan:

- LC, Load Constant, 23 kg

- HM, *Horizontal Multiplier*, $(25/H)$,
- VM, *Vertical Multiplier*, $(1 - 0.003|V - 75|)$
- DM, *Distance Multiplier*, $(0.82 + 4.5/D)$
- AM, *Asymmetric Multiplier*, $(1 - 0.0032A)$
- FM, *Frequency Multiplier*, lihat tabel 2.4
- CM, *Coupling Multiplier*, lihat tabel 2.5

Setelah mendapatkan besarnya nilai RWL dengan menggunakan persamaan 2.3, maka selanjutnya dihitung pula besarnya LI dengan menggunakan persamaan 2.4.

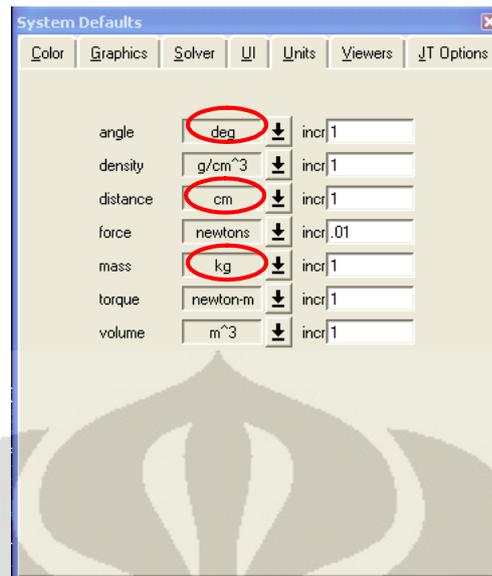
$$= \text{-----} = \text{-----} \quad (2.4)$$

3.4.2 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.

3.4.2.1 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. Pengujian model melalui proses verifikasi 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.



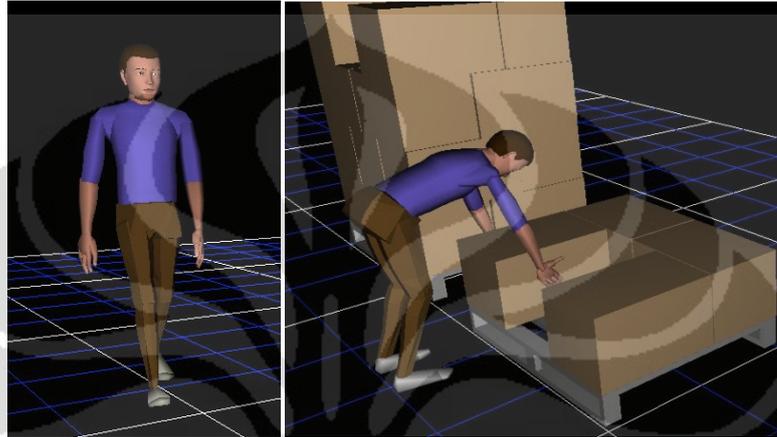
Gambar 3.46 Hasil Uji Dimensi atau Analisis Unit Pada *Software Jack*

Pada Uji verifikasi seperti yang terlihat pada gambar 3.46 di atas menunjukkan bahwa unit dimensi yang digunakan pada dimensi jarak atau panjang adalah centimeter yang telah sesuai dengan dimensi tinggi badan manusia virtual dan dimensi ukuran peralatan, sedangkan dimensi berat adalah kilogram yang telah sesuai dengan dimensi berat badan dan berat benda. Oleh karena itu model simulasi yang dibuat pada penelitian kali ini dapat dipercaya karena menggambarkan keadaan riil dari pekerja.

3.4.2.2 Validasi Model

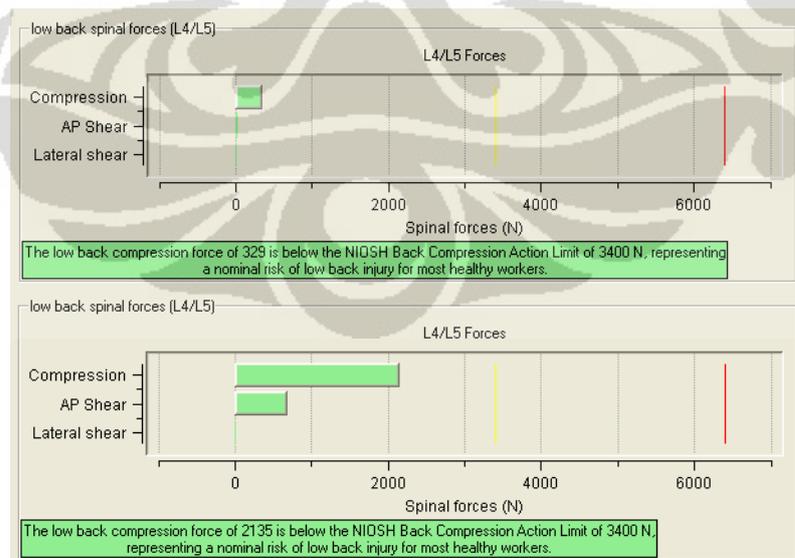
Setelah melewati proses verifikasi model, maka tahapan selanjutnya dalam pengujian model adalah proses validasi model. Validasi model dengan uji kondisi ekstrim dilakukan untuk memastikan bahwa suatu model tidak mengeluarkan perilaku yang irasional. Terdapat dua tipe uji kondisi ekstrim. Pertama, uji 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.

Berikut ini adalah uji validitas dengan uji kondisi ekstrim dengan contoh perbandingan nilai analisis ergonomi model yang sedang berjalan (postur normal) dengan model yang ditugaskan untuk mengangkat kardus *cone wafer* seberat 10 kg (postur ekstrim). Perbandingan kedua postur tersebut dapat dilihat pada gambar 3.47.



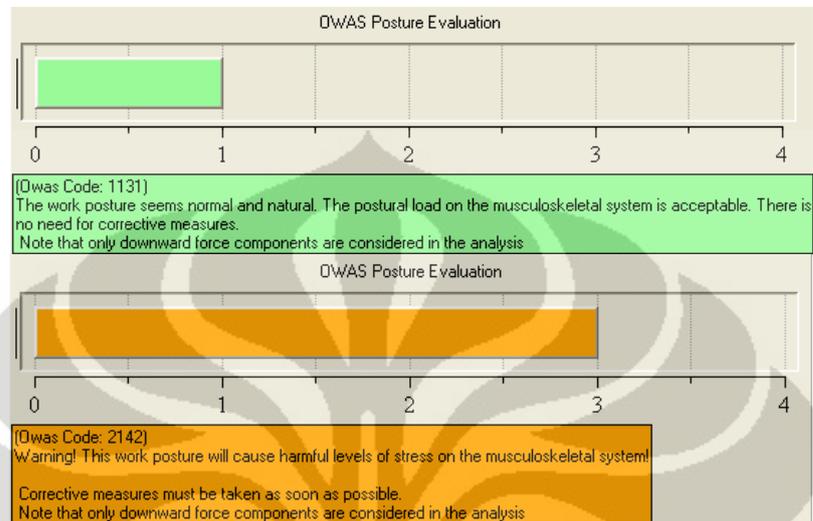
Gambar 3.47 Perbandingan Postur Berjalan (kiri) dan Mengangkat (kanan)

Pada gambar 3.48 di bawah ini adalah hasil analisis low back pain dari kedua postur yang diujikan. Untuk postur berjalan besarnya nilai LBA adalah 329, dan besarnya nilai LBA postur mengangkat adalah 2135.



Gambar 3.48 Perbandingan Nilai LBA Postur Berjalan (atas) dan Mengangkat (bawah)

Pada gambar 3.49 di bawah ini adalah hasil analisis OWAS dari kedua postur yang diujikan. Untuk postur berjalan besarnya nilai OWAS adalah 1, dan besarnya nilai LBA postur mengangkat adalah 3.



Gambar 3.49 Perbandingan Nilai OWAS Postur Berjalan (atas) dan Mengangkat (bawah)

Pada gambar 3.50 di bawah ini adalah hasil analisis RULA dari kedua postur yang diujikan. Untuk postur berjalan besarnya nilai RULA adalah 2, dan besarnya nilai RULA postur mengangkat adalah 7.



Gambar 3.50 Perbandingan Nilai RULA Postur Berjalan (kiri) dan Mengangkat (kanan)

Pada gambar-gambar di atas, dilakukan tiga analisis ergonomi yaitu *low back analysis* (LBA), *ovako working posture anaysis* (OWAS) dan *rapid upper*

limb assessment (RULA) kepada kedua postur. Perbandingan analisis ergonomi kedua postur tersebut dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut ini.

Tabel 3.7 Perbandingan Analisis Ergonomi Uji Validasi Model

Kondisi Postur	Skor LBA (N)	OWAS		RULA		
		Kode	Skor	Body Group		Grand Score
				A	B	
Berjalan	329	1131	1	2	2	2
Mengangkat	2135	2142	3	8	6	7

Dari tabel 3.7 di atas, dapat dilihat bahwa perubahan postur kerja dari postur berjalan yang dianggap sebagai postur normal ke postur mengangkat yang dianggap sebagai postur ekstrim menyebabkan perubahan yang signifikan pada ketiga jenis analisis. Perubahan tersebut logis sehingga dapat dikatakan bahwa model telah valid.

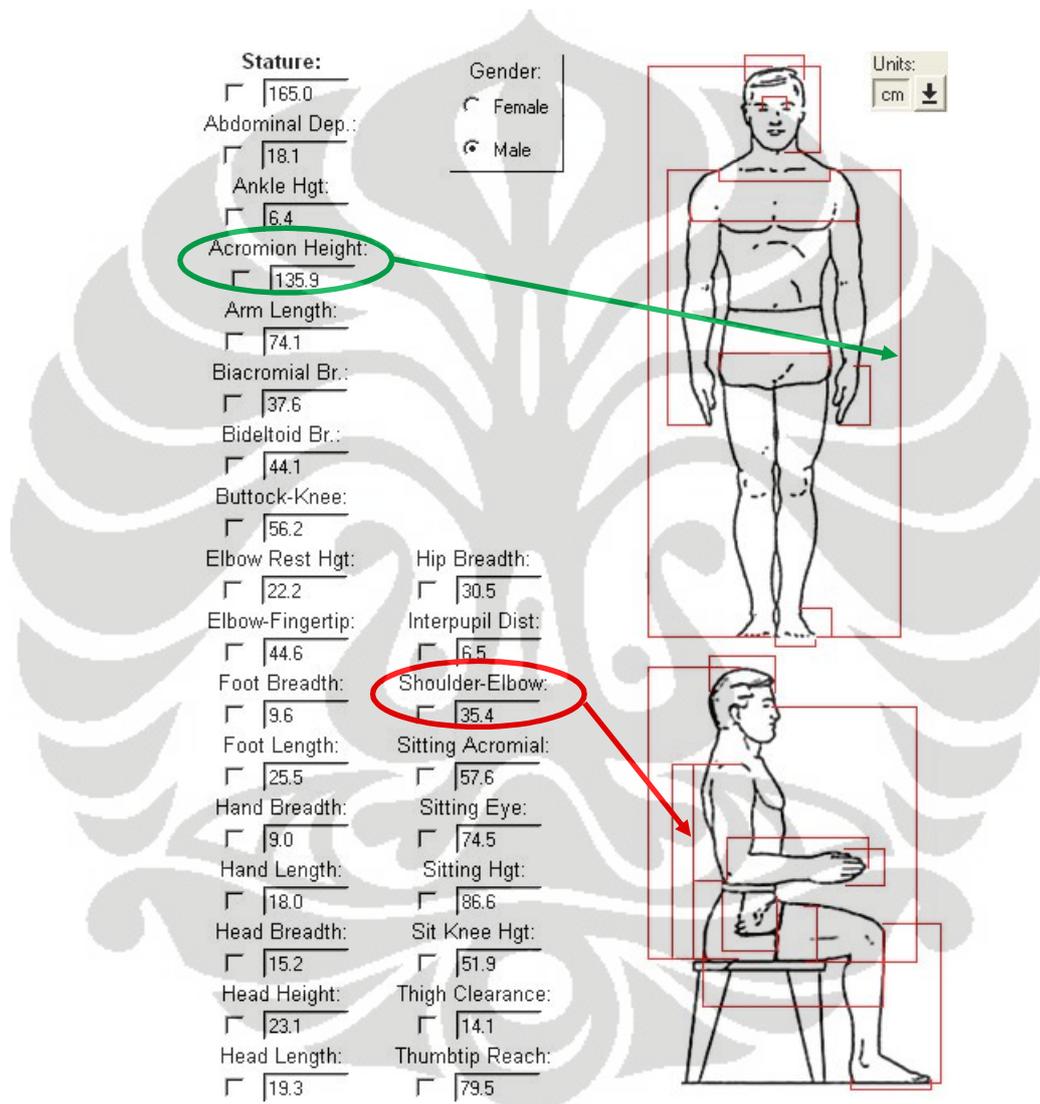
3.4.3 Penentuan Kofigurasi

Konfigurasi dilakukan untuk menentukan perubahan variabel yang paling berpengaruh terhadap postur kerja manusia pada stasiun kerja *hoystat*, stasiun kerja *buffer tank core*, dan stasiun kerja *buffer tank topping*. Konfigurasi ini juga bertujuan agar penelitian yang dilakukan dapat menghasilkan rekomendasi optimum untuk aspek ergonomi di area *cone filling machine* berdasarkan variabel yang telah ditentukan sebelumnya.

Variabel pertama yang diubah dalam penentuan konfigurasi ini adalah ketinggian tempat kerja atau ketinggian tangki. Perubahan ketinggian tempat kerja dilakukan berdasarkan referensi ketinggian tempat kerja ideal. Untuk posisi berdiri dan melakukan pekerjaan yang berat, maka tinggi meja kerja akan dihitung dengan cara menurunkan 10 cm (4 inchi), 15 cm (5 inchi), dan 20 cm (6 inchi) di bawah tinggi siku. Ketinggian tempat kerja akan dihitung berdasarkan *design for the average*, yaitu menggunakan data antropometri persentil 50. Pertimbangan ini diambil karena karakteristik dari tempat kerja yang tidak memungkinkan dilakukannya *design for adjustability*, sehingga digunakan *design for the average* yang untuk meminimalisir ketidaknyamanan design bagi persentil 5 dan 95.

Oleh karena tidak terdapat data antropometri tinggi siku pekerja, maka perhitungan tinggi siku untuk posisi kerja berdiri dilakukan dengan melihat ukuran antropometri yang dikeluarkan oleh *software* Jack. Persamaan untuk menghitung tinggi siku model manusia virtual adalah:

$$\text{Elbow Height (EH)} = \text{Acromion Height (AH)} - \text{Shoulder Elbow (SE)} \quad (3.1)$$



Gambar 3.51 Ukuran Antropometri Operator Persentil 50

Setelah didapatkan data antropometri AH dan SE dari persentil 50, maka dapat dilakukan perhitungan ketinggian siku dan ketinggian konfigurasi tempat kerja seperti pada tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3.9 Perhitungan *Standing Foot-Elbow Height* Persentil 50

PERHITUNGAN STANDING FOOT-ELBOW (cm)	
Acromion Height (AH)	Shoulder-Elbow (SE)
135.9	35.4
Elbow Height (EH)	(AH-SE)
	(135.9-35.4) = 100.5
KONFIGURASI (<i>inches below elbow</i>)	
4 inchi	100.5-(4x2.5) = 90.5
5 inchi	100.5-(5x2.5) = 85.5
6 inchi	100.5-(6x2.5) = 80.5

Dari tabel di atas, diketahui bahwa ketinggian tempat kerja untuk setiap konfigurasi usulan. Maka selanjutnya dapat dihitung perbandingan ketinggian tempat kerja konfigurasi dengan kondisi aktual yang ada saat ini. Penyesuaian ketinggian tempat kerja dilakukan dengan menambahkan atau mengubah ketinggian tangga pada setiap stasiun kerja. Hal ini dikarenakan perubahan ketinggian tangki sulit dilakukan sebab tangki dihubungkan dengan mesin menggunakan pipa-pipa penghubung pada bagian atas tangki yang telah dipasang secara permanen dan jika ketinggian tangki diubah maka perlu dilakukan penyesuaian pula terhadap pipa-pipa penghubung. Cara perhitungan adalah sebagai berikut ini.

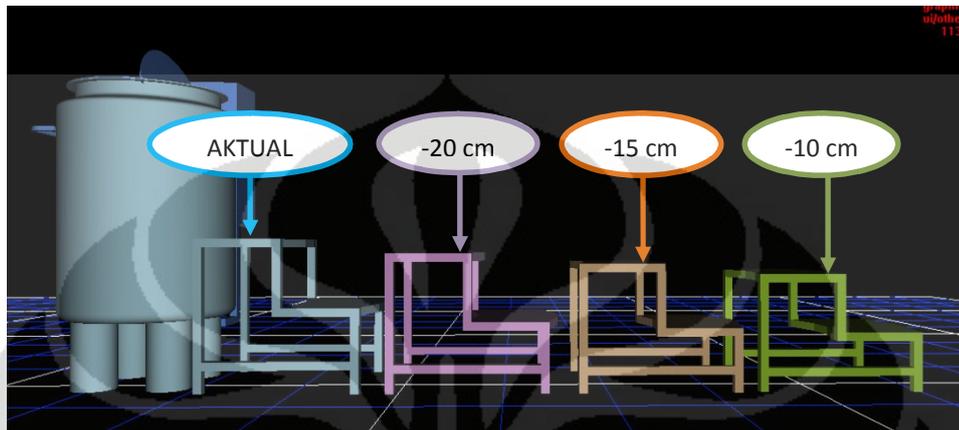
$$\text{Ketinggian Tangga} = \text{Ketinggian Tangki} - \text{Ketinggian Tangki Konfigurasi} \quad (3.2)$$

Tabel 3.10 Perhitungan Ukuran Ketinggian Tangga

Ketinggian Tangki (cm)	Hoystat	BT Core	BT Topping
	111	120	146
Ukuran Ketinggian Tangga (cm)			
Aktual	-	30	72
-10 elbow height	(111-90.5)= 20.5	(120-90.5)= 29.5	(146-90.5)= 55.5
-15 elbow height	(111-85.5)= 25.5	(120-85.5)= 34.5	(146-85.5)= 60.5
-20 elbow height	(111-80.5)= 30.5	(120-80.5)= 39.5	(146-80.5)= 65.5

Ternyata dari hasil perhitungan didapatkan bahwa ketinggian tangga buffer tank core aktual dan konfigurasi -10 *elbow height* memiliki selisih 0.5 cm saja. Maka, untuk menghindari terjadinya usulan yang tidak signifikan. Konfigurasi -10 *elbow height* dari *buffer tank core* tidak akan disimulasikan.

Jadi total konfigurasi ketinggian tempat kerja untuk stasiun kerja *hoystat* dan *buffer tank topping* adalah 4 konfigurasi, sedangkan *buffer tank core* adalah 3 konfigurasi. Semua konfigurasi dimodelkan dengan model manusia virtual persentil 5 dan 95 yang akan bertindak sebagai operator.



Gambar 3.52 Perbandingan Ketinggian Tangga *Buffer Tank Topping* Aktual dan Konfigurasi

Variabel kedua yang diubah setelah mendapatkan kondisi ideal variabel pertama adalah menentukan ketinggian alat bantu *material handling* yang direkomendasikan, yaitu *scissors lift table*. Alat ini digunakan membantu peletakkan material yang akan diisikan ke dalam tangki. Karena alat ini dapat bersifat *adjustable*, maka dihitung ketinggian meja yang ideal bagi persentil 5 dan 95 berdasarkan hasil rekomendasi pada variabel pertama. Hal ini juga sekaligus untuk mengecek kemampuan alat untuk memenuhi kebutuhan seluruh pekerja.

Oleh karena itu, kita perlu menghitung ketinggian siku dari persentil 5 dan 95. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.1. Perhitungan ketinggian siku untuk persentil 5 dan persentil 95 dapat dilihat pada table 3.11 di bawah ini.

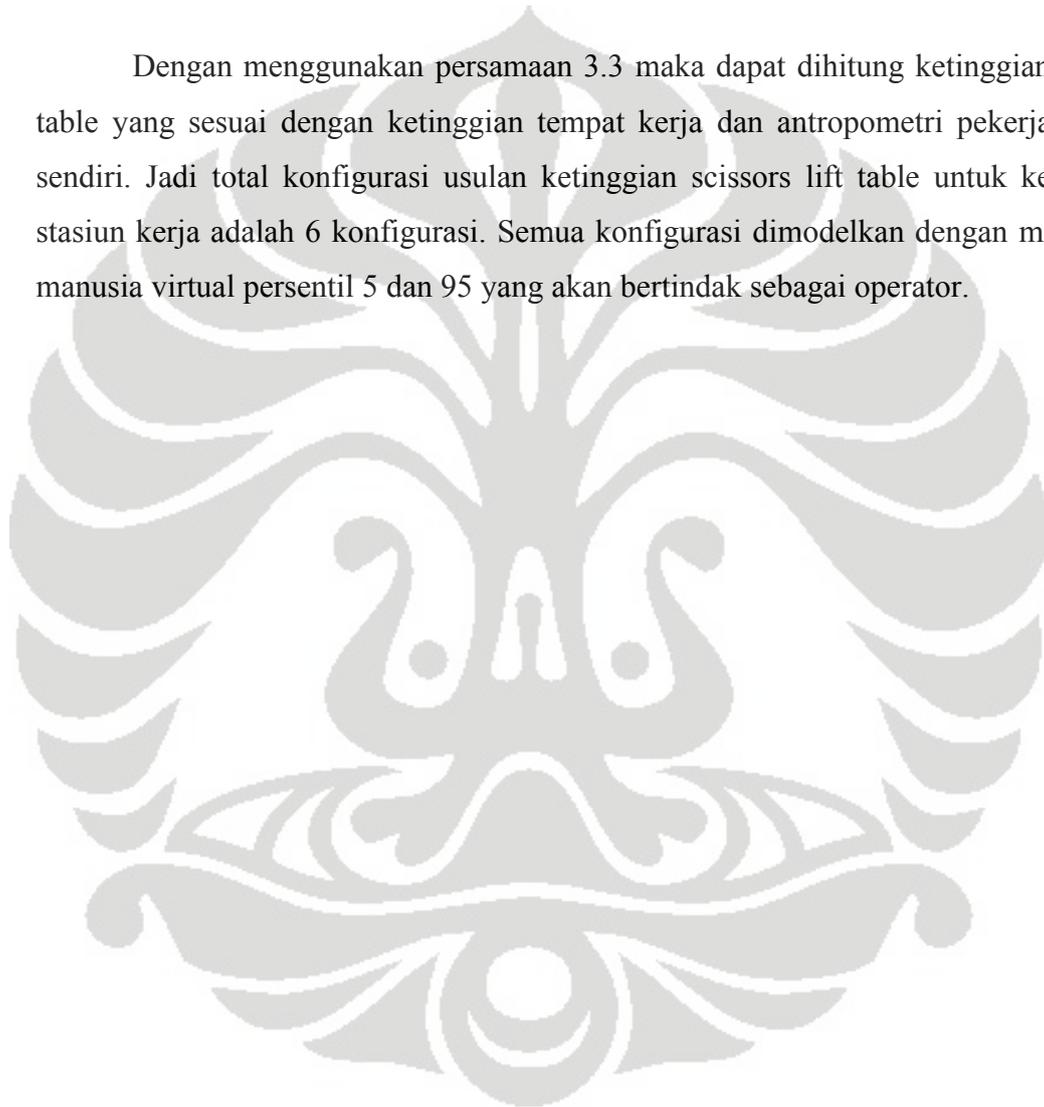
Tabel 3.11 Perhitungan *Standing Foot-Elbow Height* Persentil 5 dan 95

Dimensi Tubuh (cm)	Persentil 5	Persentil 95
Acromion Height (AH)	129	142.2
Shoulder-Elbow (SE)	33.6	37.1
Elbow Height (EH) (EH = AH - SE)	(129-33.6) = 95.4	(142.2-37.1) = 105.1

Konfigurasi ketinggian *scissors lift table* ini menyesuaikan pada hasil konfigurasi variabel ketinggian tempat kerja atau tangki. Persamaan untuk menghitung ketinggian *scissors lift table* adalah sebagai berikut.

$$\text{ketinggian lift table} = (\text{ketinggian tangga} + \text{elbow height}) - (\text{penurunan di bawah siku} + \text{ketinggian memegang benda dari meja}) \quad (3.3)$$

Dengan menggunakan persamaan 3.3 maka dapat dihitung ketinggian lift table yang sesuai dengan ketinggian tempat kerja dan antropometri pekerja itu sendiri. Jadi total konfigurasi usulan ketinggian *scissors lift table* untuk ketiga stasiun kerja adalah 6 konfigurasi. Semua konfigurasi dimodelkan dengan model manusia virtual persentil 5 dan 95 yang akan bertindak sebagai operator.



BAB 4 ANALISIS

Pada bab keempat ini akan dibahas mengenai analisis hasil pengolahan data yang didapatkan berupa analisis ergonomi SSP, LBA, OWAS dan RULA kemudian akan dihitung menjadi PEI. Sementara itu, hasil analisis ergonomi NIOSH akan menghasilkan LI dan RWL. Analisis dalam penelitian ini terdiri atas tiga bagian utama, yaitu analisis kondisi aktual model area *cone filling machine*, analisis model konfigurasi, serta analisis perbandingan model aktual dengan konfigurasi ideal.

4.1 Analisis Kondisi Aktual

Analisis kondisi aktual dilakukan untuk melihat kondisi ergonomi setiap operasi kerja sebelum dilakukan konfigurasi terhadap variabel ketinggian tangki dan *scissors lift table*. Analisis kondisi aktual ini akan menjadi dasar untuk melihat seberapa jauh perbaikan ergonomi yang telah dilakukan dengan membandingkan hasil analisis kondisi aktual ini dengan kondisi yang direkomendasikan. Untuk memudahkan dalam menginterpretasikan hasil, maka hasil ditampilkan dalam bentuk tabel rekapitulasi.

4.1.1 Analisis Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Hoystat*

Pada sub-bab ini akan dibahas analisis PEI dari postur kerja kondisi aktual mengambil dan menuang *strawberry topping*, dan analisis LI pada stasiun kerja *hoystat*.

4.1.1.1 Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengambil *Strawberry Topping*

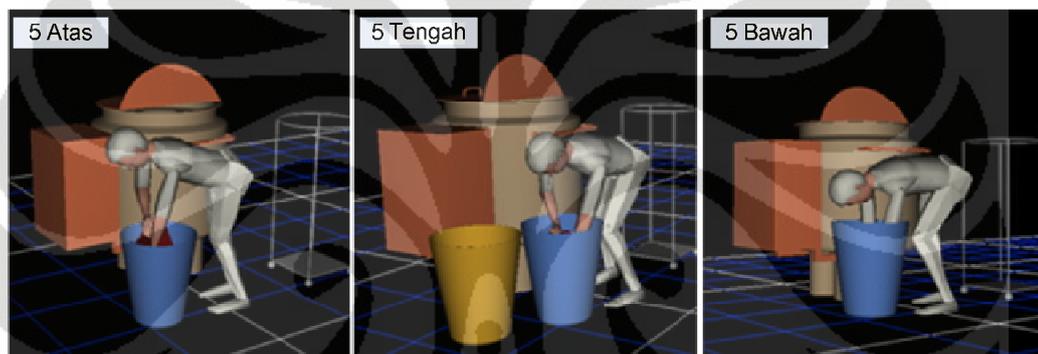
Gerakan kerja mengambil kemasan *strawberry topping* dari ember *sauce* dimodelkan ke dalam tiga jenis postur kerja, yaitu sebagai berikut:

- Postur mengambil kemasan *strawberry topping* dari bagian atas ember *sauce*, dalam hal ini kondisi ember *sauce* masih penuh.
- Postur mengambil kemasan *strawberry topping* dari bagian tengah ember *sauce*, dalam hal ini kondisi ember *sauce* setengah penuh.

- Postur mengambil kemasan *strawberry topping* dari bagian bawah ember *sauce*, dalam hal ini kondisi ember *sauce* hampir kosong.

Tujuan memodelkan tiga jenis postur kerja ini adalah untuk membandingkan pengaruh posisi material di dalam ember terhadap operator. Rangkaian simulasi gerakan kerja dilakukan pada posisi berdiri (*standing working*) dengan posisi tulang belakang membungkuk. Postur kerja ini diujikan kepada model manusia persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.1 di bawah ini ditampilkan ketiga kondisi postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* dari ember *sauce* oleh persentil 5 pada stasiun kerja *hoystat*.



Gambar 4.1 Postur Kerja Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Dari ketiga postur kerja aktual mengambil *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 5, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Posisi	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA		PEI	
			Kode	Skor	Body Group			
					A	B		
Atas	Ya	2319	4122	2	5	7	7	2.602
Tengah	Ya	2299	4122	2	8	7	7	2.596
Bawah	Ya	2194	4142	4	8	7	7	3.065

Dari hasil analisis pada tabel 4.1 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk ketiga postur kerja aktual mengambil *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 5 pada tabel 4.2 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.2 Hasil SSP Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Posture		ATAS		TENGAH		BAWAH	
		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		99%		99%	
	Lateral Bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		98%	99%	98%	99%	98%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		98%	98%	99%	99%	99%	99%

Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian atas persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2319 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 11° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 13°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian tengah persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2299 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 19° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 21°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian bawah persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2194 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 34° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 21°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH

sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian atas dan tengah persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 2 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan dalam jangka panjang, dengan kode OWAS 4122 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 4 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk (*flexion*) dan memutar.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Sementara postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian bawah persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 4 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan secepat mungkin, dengan kode OWAS 4142 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 4 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk (*flexion*) dan memutar.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa kondisi berdiri dengan kedua kaki tertekuk.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

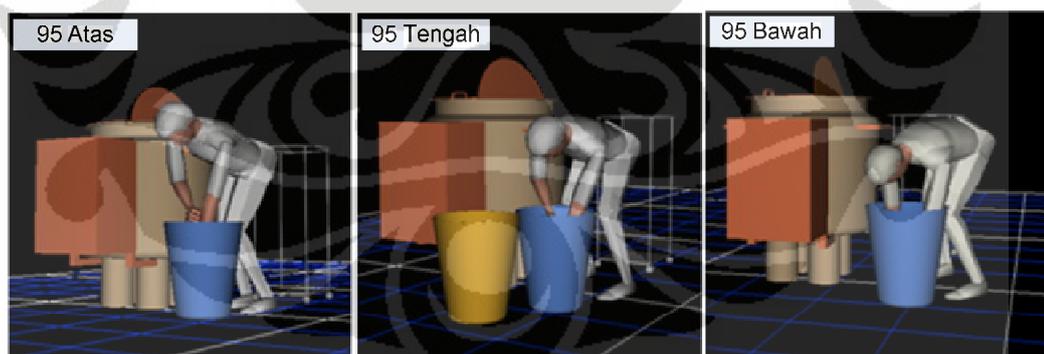
Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.3 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A merupakan bagian tubuh yang dinamis, terdiri dari lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan tangan, perputaran sendi tangan menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas mengalami

kontraksi otot (*flexion*) akibat dari proses pengambilan yang dilakukan secara repetitif dan area jangkauan yang jauh. Sedangkan anggota tubuh B yang paling banyak mengalami kontraksi otot adalah bagian batang tubuh (*trunk*) yang diakibatkan oleh posisi tubuh yang membungkuk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk operator mesin jarum menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan secepat mungkin.

Tabel 4.3 Nilai RULA Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Body Part		Atas	Tengah	Bawah
Body Group A	Upper Arm	4	5	5
	Lower Arm	2	3	3
	Wrist	3	2	2
	Wrist Twist	1	2	2
Body Group B	Neck	1	1	1
	Trunk	5	5	5
Grand Score		7	7	7

Pada gambar 4.2 di bawah ini ditampilkan ketiga kondisi postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* dari ember *sauce* oleh persentil 95 pada stasiun kerja *hoystat*.



Gambar 4.2 Postur Kerja Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Dari ketiga postur kerja aktual mengambil *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.4.

Dari hasil analisis pada tabel 4.4 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk ketiga postur kerja aktual mengambil *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 95 pada tabel 4.5, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.4 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Posisi	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
Atas	Ya	2970	2122	2	5	6	7	2.794
Tengah	Ya	3225	4142	4	8	7	7	3.369
Bawah	Ya	3211	4142	4	8	7	7	3.364

Tabel 4.5 Hasil SSP Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Posture		ATAS		TENGAH		BAWAH	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	98%		98%		98%	
	Lateral Bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		97%	98%	97%	99%	96%	99%
Knee		100%	100%	100%	99%	100%	100%
Ankle		93%	94%	96%	97%	96%	97%

Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian atas persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 2970 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 14° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 4°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian tengah persentil 95 pada analisis

LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 3225 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 25° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 15°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian bawah persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 3211 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 34° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 24°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian atas persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 2 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan dalam jangka panjang, dengan kode OWAS 2122 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Sementara postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping* bagian tengah dan bawah persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 4 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan secepat mungkin, dengan kode OWAS 4142 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 4 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk (*flexion*) dan memutar.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa kondisi berdiri dengan kedua kaki tertekuk.

- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.6 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A merupakan bagian tubuh yang dinamis, terdiri dari lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan tangan, perputaran sendi tangan menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat dari proses pengambilan yang dilakukan secara repetitif dan area jangkauan yang jauh. Sedangkan anggota tubuh B yang paling banyak mengalami kontraksi otot adalah bagian batang tubuh (*trunk*) yang diakibatkan oleh posisi tubuh yang membungkuk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk operator mesin jarum menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan secepat mungkin.

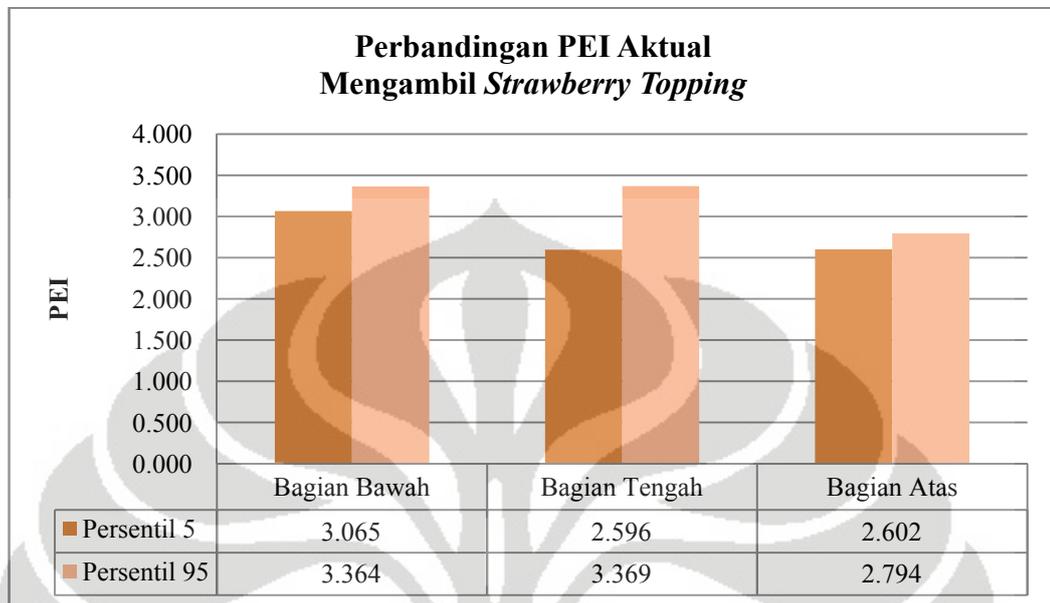
Tabel 4.6 Nilai RULA Aktual Mengambil *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Body Part		Atas	Tengah	Bawah
Body Group A	Upper Arm	4	5	5
	Lower Arm	2	3	3
	Wrist	3	2	2
	Wrist Twist	1	2	2
Body Group B	Neck	1	1	1
	Trunk	4	5	5
Grand Score		7	7	7

Setelah memodelkan seluruh konfigurasi aktual yang ada dan dengan membandingkan nilai PEI dari setiap konfigurasi usulan baik dari persentil 5 maupun persentil 95 dapat dibandingkan nilai PEI dari setiap postur tersebut. Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik perbandingan PEI dari postur mengambil *strawberry topping* dari ember *sauce*.

Untuk postur kerja aktual mengambil kemasan *strawberry topping*, nilai PEI maksimum terdapat pada kondisi mengambil *sauce* dari bagian bawah ember *sauce* dengan nilai sebesar 3,065 untuk persentil 5, dan dari bagian tengah ember *sauce* dengan nilai sebesar 3,364 untuk persentil 95. Sehingga dalam pembuatan

model konfigurasi, postur ini sebaiknya diusahakan untuk dihindari dan dicari solusi untuk mengatasi kondisi ini.



Gambar 4.3 Perbandingan PEI Aktual Mengambil *Strawberry Topping*

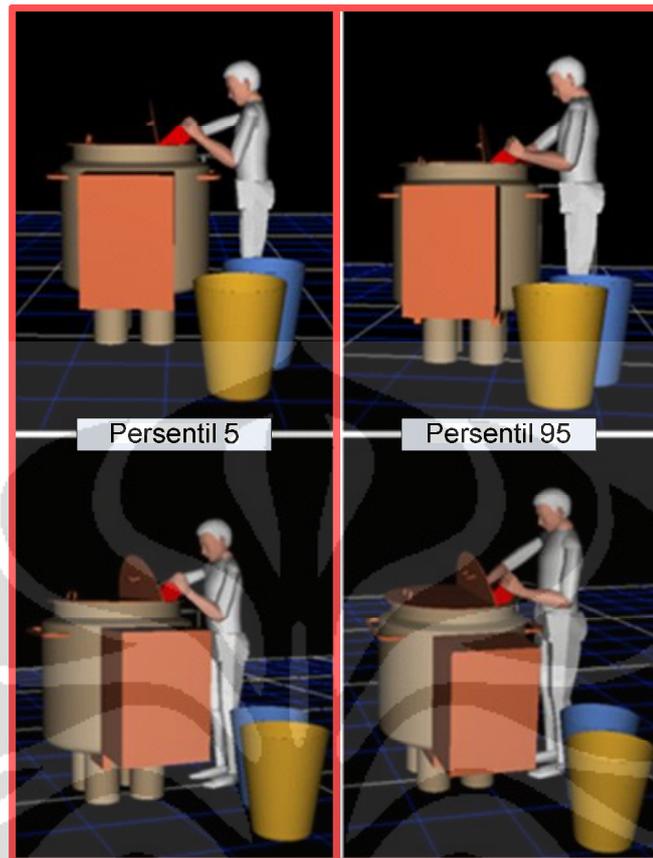
4.1.1.2 Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Menuang *Strawberry Topping*

Gerakan kerja menuang kemasan *strawberry topping* ke dalam tangki *hoystat* dilakukan pada posisi berdiri (*standing working*) dengan posisi tulang belakang agak sedikit membungkuk. Postur kerja ini diujikan kepada model manusia persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.4 ditampilkan kondisi postur kerja aktual dari persentil 5 dan 95 ketika menuang isi kemasan *strawberry topping* pada stasiun kerja *hoystat*. Dari kedua postur kerja aktual menuang *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 5 dan 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menuang *Strawberry Topping*

Persentil	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA		PEI	
			Kode	Skor	Body Group			
					A	B		
5	Ya	1236	1122	1	6	4	6	1.831
95	Ya	1474	1122	1	5	4	5	1.698



Gambar 4.4 Postur Kerja Aktual Menuang *Strawberry Topping*

Tabel 4.8 Hasil SSP Aktual Menuang *Strawberry Topping*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		99%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		100%	99%	99%	99%

Dari hasil analisis pada tabel 4.7 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual menuang *strawberry*

topping yang dilakukan oleh persentil 5 dan 95 pada tabel 4.8, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Postur kerja aktual menuang *strawberry topping* dari persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1236 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membengkok ke arah samping (*axial*) 3°. Postur kerja aktual menuang *strawberry topping* dari persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1474 N. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual menuang *strawberry topping* dari persentil 5 dan 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1122 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.9 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A merupakan bagian tubuh yang dinamis, terdiri dari lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan tangan, perputaran sendi tangan menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas menekuk membentuk sudut mengalami lebih dari 90° dan terjadi banyak perputaran pergelangan. Sedangkan anggota tubuh B, bagian leher membentuk sudut 20° yang dapat menimbulkan efek melelahkan. Secara keseluruhan, skor penilaian

RULA untuk operator mesin jarum menunjukkan angka 5 dan 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

Tabel 4.9 Nilai RULA Aktual Menuang *Strawberry Topping*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	4	4
	Lower Arm	3	3
	Wrist	2	2
	Wrist Twist	2	1
Body Group B	Neck	3	3
	Trunk	1	1
Grand Score		6	5

4.1.1.3 Analisis LI Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Hoystat*

Analisis *lifting index* digunakan untuk melihat sejauh mana postur kerja yang dilakukan saat ini mempengaruhi kemampuan pekerja untuk mengangkat material *sauce* pada stasiun kerja *hoystat*. Tujuan lainnya adalah untuk dibandingkan nantinya dengan LI kondisi usulan, untuk melihat sejauh mana perbaikan dapat dilakukan. Untuk kondisi aktual ini perhitungan LI yang dilakukan terhadap postur terekstrim. Postur awal pengangkatan adalah posisi ketika pekerja mengambil material *strawberry topping* dari bagian bawah ember *sauce*. Postur akhir pengangkatan adalah posisi ketika pekerja meletakkan kantung *sauce* pada pinggir mulut tangki. Pada tabel 4.10 adalah data-data dan hasil perhitungan LI dan RWL model manusia persentil 5 dan 95 pada kondisi aktual.

Tabel 4.10 Perhitungan RWL dan LI untuk Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Hoystat*

		H		V		A		F	C	Load
Persentil 5	ORG	11.856		52.709		19.627		2/min	poor	10
	DEST	106.270		45.446		5.539				
Persentil 95	ORG	10.834		57.422		10.137		2/min	poor	10
	DEST	106.346		44.459		4.370				
		LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
Persentil 5	ORG	23	0.47	0.81	0.87	0.94	0.91	0.90	5.89	1.70
	DEST	23	0.55	0.91	0.87	0.98	0.91	0.90	8.00	
Persentil 95	ORG	23	0.44	0.81	0.87	0.97	0.91	0.90	5.56	1.80
	DEST	23	0.56	0.91	0.87	0.99	0.91	0.90	8.20	

Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai RWL minimum adalah 5,56 kg dengan LI sebesar 1,8. Nilai LI yang di atas satu ini menandakan bahwa proses pengangkatan memerlukan perubahan metode kerja supaya beban yang diangkat memenuhi batas RWL minimum.

4.1.2 Analisis Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Core*

Pada sub-bab ini akan dibahas analisis PEI dari postur kerja kondisi aktual mengambil dan menuang *chocolate sauce*, dan analisis LI pada stasiun kerja *buffer tank core*.

4.1.2.1 Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengambil *Chocolate Sauce*

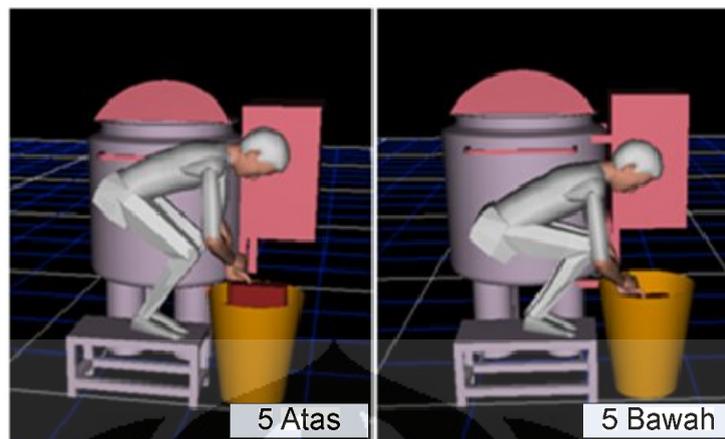
Gerakan kerja mengambil kemasan *chocolate sauce* dari ember *sauce* dimodelkan ke dalam dua jenis postur kerja, yaitu sebagai berikut:

- Postur mengambil kemasan *chocolate sauce* dari bagian atas ember *sauce*, dalam hal ini kondisi ember *sauce* masih penuh.
- Postur mengambil kemasan *chocolate sauce* dari bagian tengah ember *sauce*, dalam hal ini kondisi ember *sauce* setengah penuh.

Tujuan memodelkan dua jenis postur kerja ini adalah untuk membandingkan pengaruh posisi material di dalam ember terhadap operator. Rangkaian simulasi gerakan kerja dilakukan pada posisi berdiri (*standing working*) dengan posisi kaki tertekuk dan tulang belakang membungkuk. Postur kerja ini diujikan kepada model manusia persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.5 ditampilkan kedua kondisi postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* dari ember *sauce* oleh persentil 5 pada stasiun kerja *buffer tank core*.

Dari kedua postur kerja aktual mengambil *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 5, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.11.



Gambar 4.5 Postur Kerja Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Posisi	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
Atas	Ya	1618	2141	3	7	5	7	2.646
Tengah	Ya	1651	2141	3	7	5	7	2.656

Tabel 4.12 Hasil SSP Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Posture		ATAS		TENGAH	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	100%		100%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%
Knee		99%	99%	99%	99%
Ankle		100%	100%	99%	99%

Dari hasil analisis pada tabel 4.11 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 5 pada tabel 4.12, menunjukkan

bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* bagian atas dari persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1618 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 40°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *sauce* bagian tengah *chocolate sauce* dari persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1651 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 31°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada kedua postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* bagian atas dan tengah dari persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 3 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan harus diambil dalam waktu dekat, dengan kode OWAS 2141 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa posisi jongkok dengan kedua kaki tertekuk.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

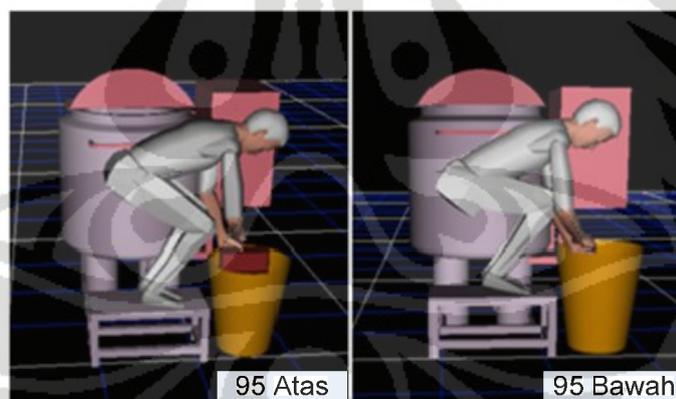
Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.13 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A sebagai bagian tubuh yang dinamis, terdiri dari lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan tangan, perputaran sendi tangan menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat membungkuk dalam mengambil *sauce* secara repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, bagian batang tubuh (*trunk*) juga

mengalami kontraksi karena membungkuk secara terus menerus. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk Postur mengambil kemasan *chocolate sauce* oleh persentil 5 menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan secepatnya.

Tabel 4.13 Nilai RULA Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Body Part		Atas	Tengah
Body Group A	Upper Arm	4	4
	Lower Arm	3	3
	Wrist	3	3
	Wrist Twist	1	1
Body Group B	Neck	1	1
	Trunk	3	3
Grand Score		7	7

Pada gambar 4.6 di bawah ini ditampilkan kedua kondisi postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* dari ember *sauce* oleh persentil 95 pada stasiun kerja *buffer tank core*.



Gambar 4.6 Postur Kerja Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Dari kedua postur kerja aktual mengambil *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.14 di bawah ini.

Tabel 4.14 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Posisi	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
Atas	Ya	2398	2141	3	7	5	7	2.875
Tengah	Ya	2436	2141	3	7	5	7	2.886

Dari hasil analisis pada tabel 4.14 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 95 pada tabel 4.15 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.15 Hasil SSP Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Posture		ATAS		TENGAH	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		99%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		98%	98%	98%	98%
Knee		98%	98%	96%	96%
Ankle		99%	99%	99%	99%

Postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* bagian atas dari persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2398 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 40°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* bagian tengah dari persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi

sebesar 2436 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 31°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada kedua postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce* bagian atas dan tengah persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 3 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan harus diambil dalam waktu dekat, dengan kode OWAS 2141 yang berarti:

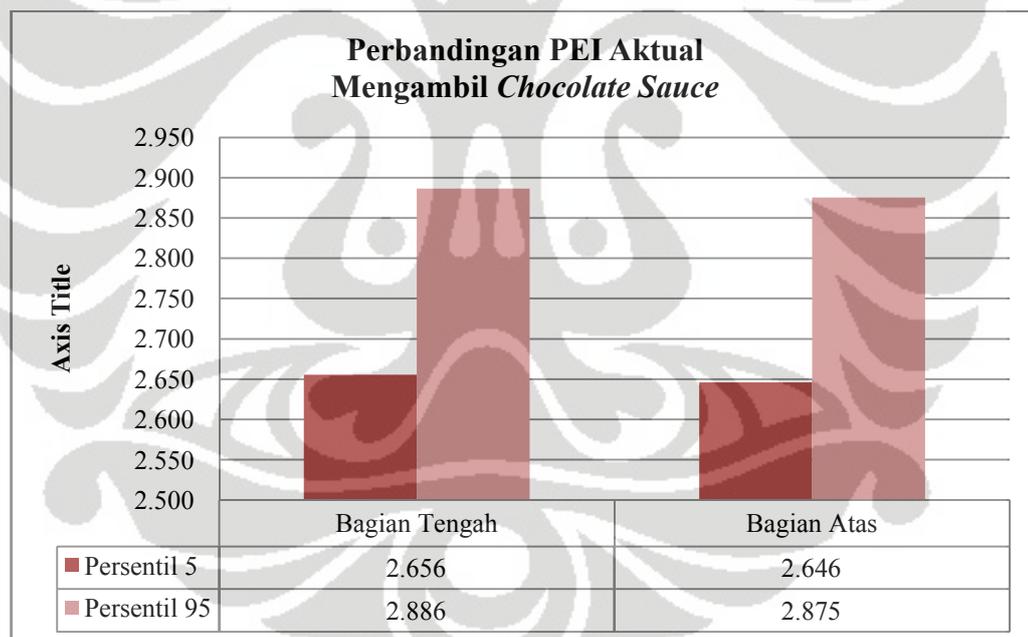
- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa posisi jongkok dengan kedua kaki tertekuk.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.16 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A sebagai bagian tubuh yang dinamis, terdiri dari lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan tangan, perputaran sendi tangan menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat membungkuk dalam mengambil *sauce* secara repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, bagian batang tubuh (*trunk*) juga mengalami kontraksi karena membungkuk secara terus menerus. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk Postur mengambil kemasan *chocolate sauce* oleh persentil 95 menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan secepatnya.

Tabel 4.16 Nilai RULA Aktual Mengambil *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Body Part		Atas	Tengah
Body Group A	Upper Arm	4	4
	Lower Arm	3	3
	Wrist	3	3
	Wrist Twist	1	1
Body Group B	Neck	1	1
	Trunk	3	3
Grand Score		7	7

Setelah memodelkan seluruh konfigurasi aktual yang ada dan dengan membandingkan nilai PEI dari setiap konfigurasi usulan baik dari persentil 5 maupun persentil 95 dapat dibandingkan nilai PEI dari setiap postur tersebut. Pada gambar 4.7 menunjukkan grafik perbandingan PEI dari postur mengambil *chocolate sauce* dari ember *sauce*.

**Gambar 4.7** Perbandingan PEI Aktual Mengambil *Chocolate Sauce*

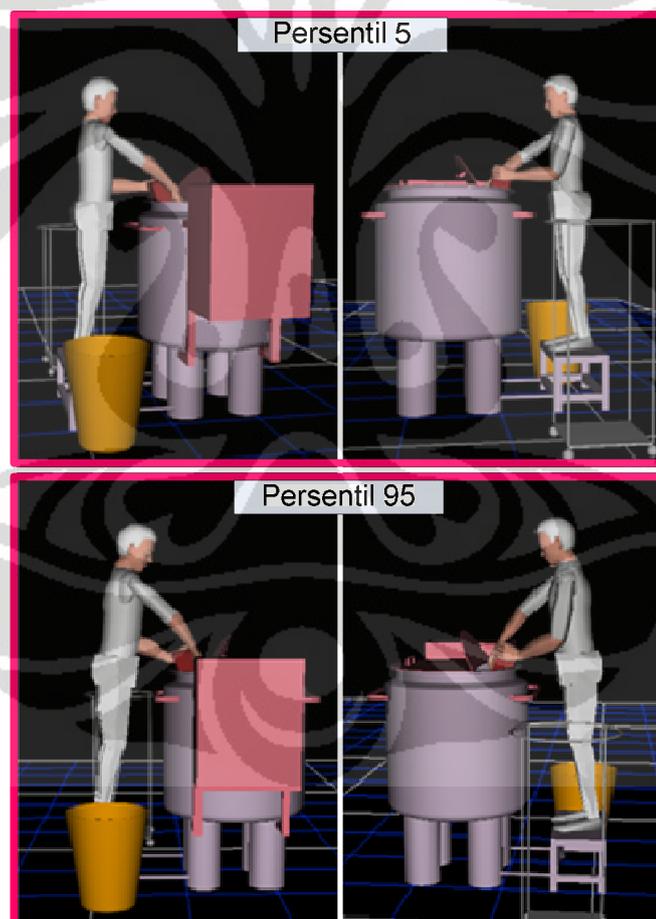
Untuk postur kerja aktual mengambil kemasan *chocolate sauce*, nilai PEI maksimum terdapat pada kondisi mengambil *sauce* dari bagian tengah ember *sauce* dengan nilai sebesar 2,656 untuk persentil 5, dan 2,886 persentil 95.

Sehingga dalam pembuatan model konfigurasi, postur ini sebaiknya diusahakan untuk dihindari dan dicari solusi untuk mengatasi kondisi ini.

4.1.2.2 Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Menuang *Chocolate Sauce*

Gerakan kerja menuang kemasan *chocolate sauce* ke dalam *buffer tank core* dilakukan pada posisi berdiri (*standing working*) dengan posisi tulang belakang sedikit membungkuk. Postur kerja ini diujikan kepada model manusia persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.8 di bawah ini ditampilkan kondisi postur kerja aktual dari persentil 5 dan 95 ketika menuang isi kemasan *chocolate sauce* pada stasiun kerja *buffer tank core*.



Gambar 4.8 Postur Kerja Aktual Menuang *Chocolate Sauce*

Dari kedua postur kerja aktual menuang kemasan *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 5 dan 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.17 di bawah ini.

Tabel 4.17 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menuang *Chocolate Sauce*

Persentil	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
5	Ya	851	1121	1	6	5	6	1.717
95	Ya	1163	1121	1	7	5	7	2.012

Dari hasil analisis pada tabel 4.17 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual menuang *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 5 dan 95 pada tabel 4.18 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.18 Hasil SSP Aktual Menuang *Chocolate Sauce*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
Body Part		Left	Right	Left	Right
	Elbow	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		100%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
	Hip	99%	99%	99%	99%
	Knee	100%	100%	100%	100%
	Ankle	99%	99%	100%	100%

Postur kerja aktual menuang *chocolate sauce* dari persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 851 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 2°. Postur kerja

aktual menuang *chocolate sauce* dari persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1163 N. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada kedua postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual menuang *chocolate sauce* dari persentil 5 dan 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1121 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.19 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4.19 Nilai RULA Aktual Menuang *Chocolate Sauce*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	3	4
	Lower Arm	3	3
	Wrist	2	2
	Wrist Twist	2	2
Body Group B	Neck	3	3
	Trunk	1	1
Grand Score		6	7

Kelompok tubuh A merupakan bagian tubuh yang dinamis, terdiri dari lengan bagian atas, lengan bagian bawah, pergelangan tangan, perputaran sendi tangan menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas menekuk

membentuk sudut mengalami lebih dari 90° dan terjadi banyak perputaran pergelangan. Sedangkan anggota tubuh B, bagian leher membentuk sudut 20° yang dapat menimbulkan efek melelahkan. Secara keseluruhan, nilai penilaian RULA untuk operator mesin jarum menunjukkan angka 6 dan 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan secepatnya.

4.1.2.3 Analisis LI Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Core*

Pada stasiun kerja ini tidak dapat dilakukan analisis LI, hal ini dikarenakan pengangkatan yang dilakukan seringkali hanya menggunakan satu tangan saja, sehingga tidak memenuhi kriteria untuk perhitungan RWL dan LI dari NIOSH.

4.1.3 Analisis Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Buffer Topping*

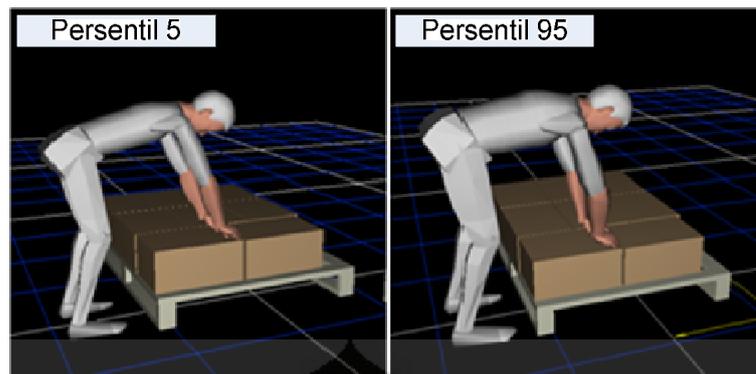
Pada sub-bab ini akan dibahas analisis PEI dari postur kerja kondisi aktual mengambil dan menuang *dark chocolate compound*, dan analisis LI pada stasiun kerja *buffer tank topping*.

4.1.3.1 Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Gerakan kerja mengambil kemasan *dark chocolate compound* dari atas *pallet* ini dimodelkan pada kondisi *pallet* hanya terisi satu tumpukan kardus material. Tujuannya adalah untuk menilai titik ekstrim pengambilan kemasan *dark chocolate compound* ini. Rangkaian simulasi gerakan kerja dilakukan pada posisi berdiri (*standing working*) dengan posisi tulang belakang membungkuk. Postur kerja ini diujikan kepada model manusia persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.9 ditampilkan kondisi postur kerja aktual dari persentil 5 dan 95 ketika mengambil kemasan *dark chocolate compound* dari atas *pallet* pada stasiun kerja *buffer tank topping*.

Dari kedua postur kerja aktual mengambil kemasan *dark chocolate compound* dari *pallet* oleh persentil 5 dan 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.20.



Gambar 4.9 Postur Kerja Aktual Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Tabel 4.20 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Persentil	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
5	Ya	3278	2143	3	10	5	7	3.134
95	Ya	3840	2143	3	10	6	7	3.299

Tabel 4.21 Hasil SSP Aktual Mengambil Kemasan *Dark Chocolate Compound*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
Body Part		Left	Right	Left	Right
	Elbow	99%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	99%	99%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	96%		93%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
	Hip	97%	97%	96%	96%
	Knee	98%	99%	98%	98%
	Ankle	96%	97%	92%	92%

Dari hasil analisis pada tabel 4.20 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual mengambil kemasan *dark chocolate compound* dari *pallet* oleh persentil 5 dan 95 pada tabel 4.21, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle*

strength) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Postur kerja aktual mengambil kemasan *dark chocolate compound* dari *pallet* oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 3278 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 22°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *dark chocolate compound* dari *pallet* oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 3840 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 28°. Tekanan kompresi yang terjadi pada persentil 5 masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, sementara itu tekanan kompresi yang terjadi pada persentil 95 sudah melewati batas 3400 N, yang berarti dapat menimbulkan cedera punggung bawah pada beberapa pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual menuang *chocolate sauce* dari persentil 5 dan 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 3 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan harus diambil dalam waktu dekat, dengan kode OWAS 2143 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 4 yang menandakan bahwa posisi berdiri dengan kedua kaki tertekuk.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban lebih dari 20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.22 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas sangat banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat membungkuk dalam dan mengambil *sauce* dengan berat 20 kg. Sedangkan anggota tubuh B, bagian batang tubuh (*trunk*) juga mengalami kontraksi karena membungkuk

secara terus menerus. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk Postur mengambil kemasan *chocolate sauce* oleh persentil 5 dan 95 menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan secepatnya.

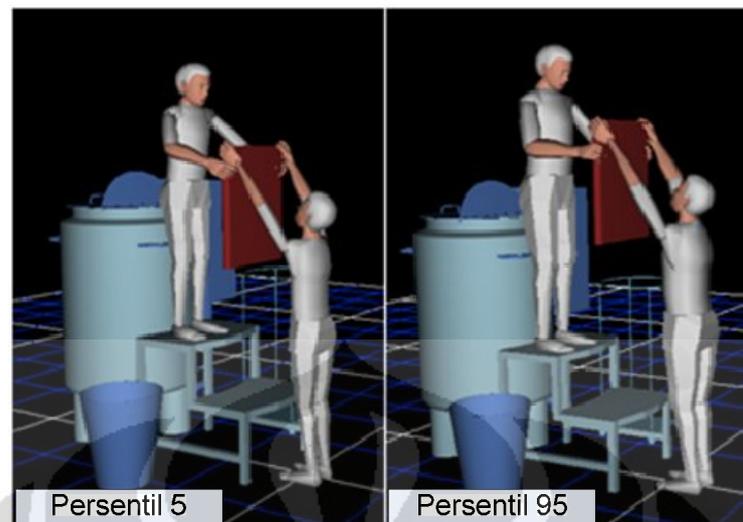
Tabel 4.22 Nilai RULA Aktual Mengambil Kemasan *Dark Chocolate Compound*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	5	5
	Lower Arm	3	3
	Wrist	3	3
	Wrist Twist	2	2
Body Group B	Neck	1	1
	Trunk	2	3
Grand Score		7	7

4.1.3.2 Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Mengoper *Dark Chocolate Compound*

Gerakan kerja mengoper kemasan *dark chocolate compound* ini melibatkan dua orang operator. Untuk memudahkan dalam melakukan analisis maka analisis dilakukan untuk setiap operator secara terpisah. Untuk menghindari kesalahpahaman dalam analisis ini, maka operator yang berada di bawah dan memberi kemasan *dark chocolate compound* disebut sebagai operator B (bawah), sementara operator yang berada di atas dan menerima kemasan *dark chocolate compound* disebut sebagai operator A (atas). Rangkaian simulasi gerakan kerja dilakukan pada posisi berdiri (*standing working*). Postur kerja ini diujikan kepada model manusia persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.10 ditampilkan kondisi postur kerja aktual operator A dan operator B dari persentil 5 dan 95 ketika mengoper kemasan *dark chocolate compound* pada stasiun kerja *buffer tank topping*. Dari kedua postur kerja aktual mengoper kemasan *dark chocolate compound* oleh operator B, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.23 untuk postur memberi kemasan *dark chocolate compound*.



Gambar 4.10 Postur Kerja Aktual Mengoper *Dark Chocolate Compound*

Tabel 4.23 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Memberi *Dark Chocolate Compound*

Persentil	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
5	Ya	1607	1323	1	10	8	7	2.143
95	Ya	2041	1323	1	10	8	7	2.270

Tabel 4.24 Hasil SSP Aktual Memberi *Dark Chocolate Compound*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	98%	99%	95%	97%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	98%		97%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	96%	98%
Knee		100%	100%	98%	100%
Ankle		99%	99%	92%	98%

Dari hasil analisis pada tabel 4.23 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual memberi *dark chocolate*

compound oleh persentil 5 dan 95 pada tabel 4.24, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Postur kerja aktual memberi *dark chocolate compound* oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1607 N. Postur kerja aktual memberi *dark chocolate compound* oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2041 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 1° dan perputaran tubuh 1°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada kedua postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual memberi *dark chocolate compound* 5 dan 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1323 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 3 yang menandakan bahwa posisi kedua tangan berada di atas bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban lebih dari 20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.25 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat pekerja harus mengangkat kantong *sauce* setinggi kepala dan mengambil *sauce* dengan berat 20 kg. Sedangkan anggota tubuh B, leher juga mengalami kontraksi karena harus mendongak secara terus menerus. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk Postur mengambil kemasan *chocolate sauce* oleh persentil 5 dan 95

menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan secepatnya.

Tabel 4.25 Nilai RULA Aktual Memberi *Dark Chocolate Compound*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	5	5
	Lower Arm	3	3
	Wrist	3	2
	Wrist Twist	2	2
Body Group B	Neck	4	4
	Trunk	1	1
Grand Score		7	7

Operator A juga menghasilkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menerima *Dark Chocolate Compound*

Persentil	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
5	Ya	2112	1123	1	7	4	6	2.088
95	Ya	2309	1123	1	7	4	6	2.146

Tabel 4.27 Hasil SSP Aktual Menerima *Dark Chocolate Compound*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	99%	99%
Shoulder	Abduc/Adduc	97%	98%	96%	97%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	96%	97%	96%	98%
Trunk	Flex/Ext	97%		96%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		98%	98%	98%	98%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	99%	99%

Dari hasil analisis pada tabel 4.26 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual menerima *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 pada tabel 4.27, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Postur kerja aktual menerima *dark chocolate compound* oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 2112 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 5°. Postur kerja aktual mengambil kemasan *dark chocolate compound* dari *pallet* persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 2309 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada kedua postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual menerima *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1123 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban lebih dari 20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.28 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4.28 Nilai RULA Aktual Menerima *Dark Chocolate Compound*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	3	3
	Lower Arm	3	2
	Wrist	1	2
	Wrist Twist	1	1
Body Group B	Neck	1	1
	Trunk	1	1
Grand Score		6	6

Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat pekerja harus menerima kantong *sauce* dengan berat 20 kg. Sedangkan anggota tubuh B, leher tidak mengalami kontraksi yang berbahaya. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur menerima *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 menunjukkan angka 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

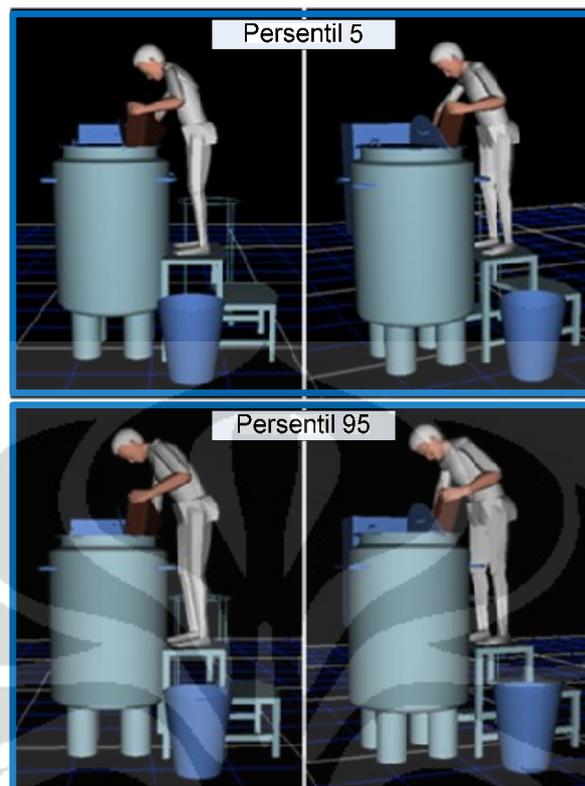
4.1.3.3 Analisis PEI Kondisi Aktual Posisi Menuang *Dark Chocolate Compound*

Gerakan kerja menuang kemasan *dark chocolate compound* ke dalam *buffer tank topping* dilakukan pada posisi berdiri (*standing working*) dengan posisi tulang belakang membungkuk. Postur kerja ini diujikan kepada model manusia persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.11 ditampilkan kondisi postur kerja aktual dari persentil 5 dan 95 ketika menuang isi kemasan *dark chocolate compound* pada stasiun kerja *buffer tank topping*. Dari kedua postur kerja aktual menuang kemasan *dark chocolate compound* yang dilakukan oleh persentil 5 dan 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.29 di bawah ini.

Tabel 4.29 Rekapitulasi Nilai PEI Aktual Menuang *Dark Chocolate Compound*

Persentil	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
			Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
					A	B		
5	Ya	2262	4123	3	8	8	7	2.835
95	Ya	3077	4123	3	7	8	7	3.075



Gambar 4.11 Postur Kerja Aktual Menuang *Dark Chocolate Compound*

Tabel 4.30 Hasil SSP Aktual Menuang *Dark Chocolate Compound*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	99%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	97%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	94%	99%	98%	100%
Trunk	Flex/Ext	97%		96%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	98%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	98%	97%

Dari hasil analisis pada tabel 4.29 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja aktual menuang kemasan *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 pada tabel 4.30, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang

dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Postur kerja aktual menuang kemasan *dark chocolate compound* oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 2262 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 37° dan membengkok ke samping (*axial*) sebesar 19°. Postur kerja aktual menuang kemasan *dark chocolate compound* oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 2309 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 49° dan membengkok ke samping (*axial*) sebesar 26°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada kedua postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja aktual menuang kemasan *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 3 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan harus diambil dalam waktu dekat, dengan kode OWAS 4123 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 4 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan dan memutar.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban lebih dari 20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.31 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot akibat pekerja harus menuang kantung *sauce* dengan berat 20 kg. Sedangkan anggota tubuh B, batang tubuh dan leher juga mengalami kontraksi cukup berbahaya karena posisi kerja yang harus

membungkuk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur menuang *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 menunjukkan angka 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

Tabel 4.31 Nilai RULA Aktual Menuang *Dark Chocolate Compound*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	4	4
	Lower Arm	3	2
	Wrist	2	3
	Wrist Twist	2	1
Body Group B	Neck	3	3
	Trunk	4	4
Grand Score		7	7

4.1.3.4 Analisis LI Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

Analisis *lifting index* digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana postur kerja yang dilakukan saat ini mempengaruhi kemampuan pekerja untuk mengangkat material *sauce* pada stasiun kerja *buffer tank topping*. Tujuan lainnya adalah untuk dibandingkan nantinya dengan LI kondisi usulan, untuk melihat sejauh mana perbaikan dapat dilakukan. Untuk kondisi aktual ini perhitungan LI yang dilakukan terhadap postur terekstrim. Postur awal pengangkatan adalah posisi ketika pekerja mengambil material *dark chocolate compound* dari atas *pallet*. Postur akhir pengangkatan adalah posisi ketika pekerja memberikan kantong *sauce* kepada pekerja yang berada di atas tangga tangki. Proses ini yang dipilih untuk dianalisis karena secara umum diketahui jarak perpindahan vertikal proses ini sangat besar. Pada tabel 4.32 adalah data-data dan kondisi aktual yang ada saat ini.

Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai RWL minimum adalah 4,94 kg dengan LI 2,02. Nilai LI yang di atas satu ini menandakan bahwa proses pengangkatan sangat memerlukan adanya perbaikan tempat kerja dalam waktu secepat mungkin.

Tabel 4.32 Perhitungan RWL dan LI untuk Kondisi Aktual Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

		V	H		A		F	C	Load	
Persentil 5	ORG	32.798	70.889		0.467		2/min	poor	10	
	DEST	169.859	37.282		0.954					
Persentil 95	ORG	31.414	69.531		0.000		2/min	poor	10	
	DEST	187.141	43.348		1.057					
		LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
Persentil 5	ORG	23	0.35	0.87	0.85	1	0.91	0.90	4.94	4.05
	DEST	23	0.67	0.72	0.85	1	0.91	0.90	7.68	
Persentil 95	ORG	23	0.36	0.87	0.85	1	0.91	0.90	5.00	4.00
	DEST	23	0.58	0.66	0.85	1	0.91	0.90	6.10	

4.2 Analisis Kondisi Usulan

Dalam rangka memperbaiki kondisi aktual, beberapa konfigurasi model dibuat untuk mencari postur kerja yang lebih baik dari yang ada saat ini. Terdapat dua variabel yang digunakan untuk melakukan perbaikan postur kerja. Variabel pertama adalah ketinggian tempat kerja atau dalam penelitian ini adalah tangki. Ketinggian tempat kerja dibuat dengan tiga tipe ketinggian, yaitu 10 cm, 15 cm, dan 20 cm di bawah siku. Perubahan ketinggian tempat kerja dilakukan dengan memberikan atau mengubah ketinggian tangga dari setiap stasiun kerja. Untuk keterangan dan perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 3.10.

Variabel kedua adalah penambahan alat bantu *material handling* berupa *scissors lift table*. Berikut ini gambar 4.12 Memberikan keterangan yang lebih lengkap mengenai alat bantu ini.

Specification :

Capacity (kg)	350
Max. lift height H (mm)	1300
Min. height of table H (mm)	348.5
Dim. of table (mm)	910 x 450 x 35
Handle of height A (mm)	825
Overall length B (mm)	980
Foot pedal cycles to max height	55
Wheel diameter D (mm)	127
Weight (kg)	120



Gambar 4.12 Spesifikasi dan Dimensi dari *Scissors Lift Table*

Beberapa karakteristik *scissors lift table* ini adalah alat ini dioperasikan dengan tangan, sangat berguna dalam *material handling* terutama sebagai meja penyuplai pada daerah *assembly line*, terbuat dari material baja yang kokoh, mudah dioperasikan karena menggunakan kaki untuk menyesuaikan level ketinggian meja.

Untuk memudahkan dalam melakukan analisis, maka analisis akan dibagi ke dalam setiap stasiun kerja, dan setiap stasiun kerja dibagi ke dalam setiap postur pekerjaan.

4.2.1 Analisis Kondisi Usulan Stasiun Kerja *Hoystat*

Pada sub-bab ini akan dibahas analisis PEI dari postur kerja kondisi usulan mengambil dan menuang *strawberry topping*, dan analisis LI usulan pada stasiun kerja *hoystat*.

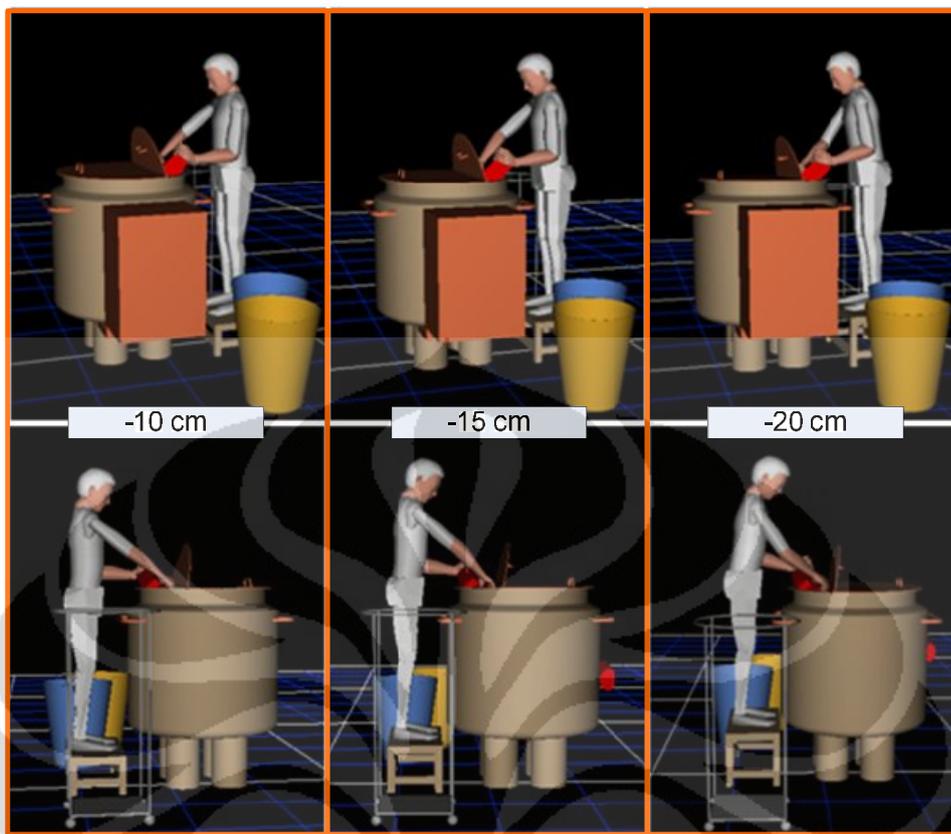
4.2.1.1 Analisis Kondisi Usulan Posisi Menuang *Strawberry Topping*

Untuk memperbaiki postur pekerja pada posisi ini, dilakukan masing-masing tiga buah konfigurasi model dengan variabel ketinggian tempat kerja dengan penambahan tangga untuk persentil 5 dan 95. Pada gambar 4.31 ditampilkan ketiga kondisi postur kerja usulan posisi menuang *strawberry topping* oleh persentil 5 pada stasiun kerja *hoystat*.

Dari ketiga postur kerja usulan menuang *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 5, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.33 di bawah ini.

Tabel 4.33 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Posisi dari elbow height	Ketinggian Tangga	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
				Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
						A	B		
-10 cm	20.5 cm	Ya	1208	1122	1	5	4	5	1.620
-15 cm	25.5 cm	Ya	1221	1122	1	5	4	5	1.623
-20 cm	30.5 cm	Ya	1255	2122	2	5	4	5	1.883



Gambar 4.13 Postur Kerja Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Tabel 4.34 Hasil SSP Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Posture		-10		-15		-20	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		99%		99%	
	Lateral Bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		100%	100%	100%	100%	100%	99%

Dari hasil analisis pada tabel 4.33 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk ketiga postur kerja usulan menuang *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 5 pada tabel 4.34, menunjukkan bahwa

mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1208 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10° dan membengkok ke arah samping (*axial*) sebesar 3°. Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 15 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1221 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 14° dan membengkok ke arah samping (*axial*) sebesar 3°. Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1255 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 20° dan membengkok ke arah samping (*axial*) sebesar 5°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 10 cm dan 15 cm di bawah siku oleh persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1122 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Sementara postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 2 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan perlu dipertimbangkan dalam jangka panjang dengan kode OWAS 2122 yang berarti:

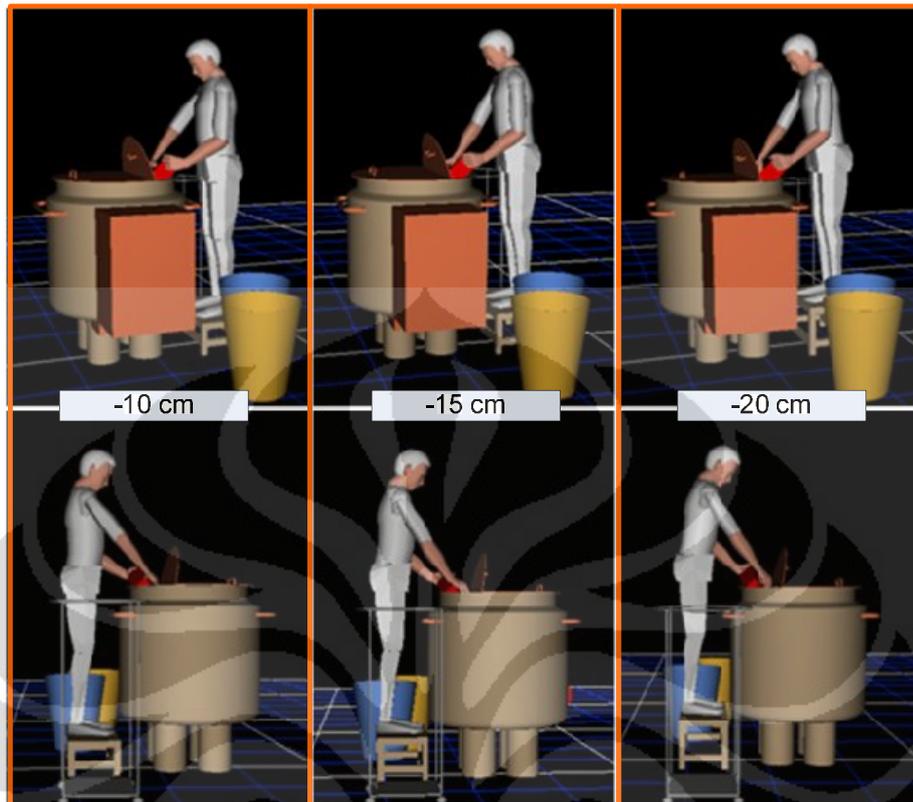
- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.35 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat pekerja harus menuang kantung *sauce* seberat 10 kg. Sedangkan anggota tubuh B, leher sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dari persentil 5 menunjukkan angka 5 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

Tabel 4.35 Nilai RULA Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 5

Body Part		-10 cm	-15 cm	-20 cm
Body Group A	Upper Arm	3	3	3
	Lower Arm	3	3	3
	Wrist	2	2	1
	Wrist Twist	1	1	1
Body Group B	Neck	3	3	3
	Trunk	1	1	2
Grand Score		5	5	5

Pada gambar 4.14 ditampilkan ketiga kondisi postur kerja usulan posisi menuang *strawberry topping* oleh persentil 95 pada stasiun kerja *hoystat*.



Gambar 4.14 Postur Kerja Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Dari ketiga postur kerja usulan menuang *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.36 di bawah ini.

Tabel 4.36 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Posisi dari elbow height	Ketinggian Tangga	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
				Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
						A	B		
-10 cm	20.5 cm	Ya	1443	1122	1	5	4	5	1.689
-15 cm	25.5 cm	Ya	1530	1122	1	5	4	5	1.714
-20 cm	30.5 cm	Ya	1646	2122	2	4	4	4	1.796

Dari hasil analisis pada tabel 4.36 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang

dimodelkan. Hasil SSP untuk ketiga postur kerja usulan menuang *strawberry topping* yang dilakukan oleh persentil 95 pada tabel 4.37 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.37 Hasil SSP Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Posture		-10		-15		-20	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		99%		99%	
	Lateral Bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	100%	100%	99%	99%

Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1443 N. Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 15 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1530 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 4° dan membengkok ke arah samping (*axial*) sebesar 3°. Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1255 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 11° dan membengkok ke arah samping (*axial*) sebesar 3°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 10 cm dan 15 cm di bawah siku oleh persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1122 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Sementara postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 2 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan perlu dipertimbangkan dalam jangka panjang dengan kode OWAS 2122 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

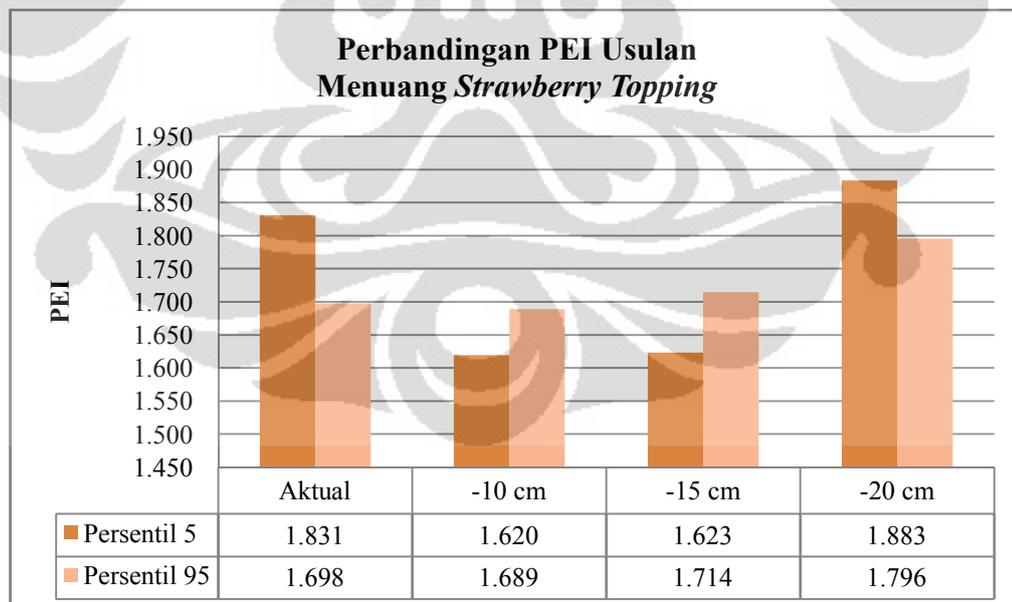
Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.38 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat pekerja harus menuang kantung *sauce* seberat 10 kg. Sedangkan anggota tubuh B, leher sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dari persentil 95

menunjukkan angka 5 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera, dan angka 4 yang berarti investigasi perlu dilanjutkan dan perubahan mungkin diperlukan.

Tabel 4.38 Nilai RULA Usulan Menuang *Strawberry Topping* dari Persentil 95

Body Part		-10 cm	-15 cm	-20 cm
Body Group A	Upper Arm	2	2	2
	Lower Arm	3	3	3
	Wrist	2	2	1
	Wrist Twist	1	1	1
Body Group B	Neck	3	3	3
	Trunk	1	1	2
Grand Score		5	5	4

Setelah memodelkan seluruh konfigurasi usulan yang ada dan dengan membandingkan nilai PEI dari setiap konfigurasi usulan, baik dari persentil 5 maupun persentil 95 didapatkan nilai PEI minimum. Semakin kecil nilai PEI maka postur yang dimodelkan tersebut semakin nyaman dirasakan oleh pekerja, dan efek membahayakan yang ditimbulkan juga semakin kecil. Pada gambar 4.15 menunjukkan grafik perbandingan PEI dari postur menuang *strawberry topping*.



Gambar 4.15 Perbandingan PEI Usulan Menuang *Strawberry Topping*

Untuk postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dari persentil 5, nilai PEI minimum terdapat pada usulan ketinggian tempat kerja 10 cm di bawah siku dengan nilai sebesar 1,620, dan untuk postur kerja usulan menuang *strawberry topping* dari persentil 95, nilai PEI minimum juga terdapat pada usulan ketinggian tempat kerja 10 cm di bawah siku dengan nilai sebesar 1,689. Sehingga konfigurasi ketinggian tangki 10 cm di bawah siku yang direkomendasikan untuk memperbaiki postur kerja di stasiun kerja *hoystat*.

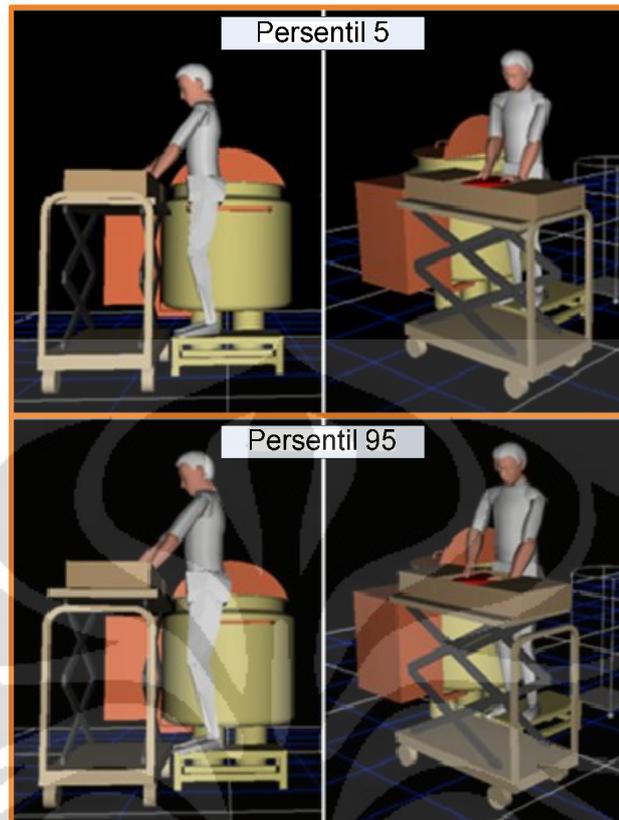
4.2.1.2 Analisis Kondisi Usulan Posisi Mengambil *Strawberry Topping*

Berdasarkan hasil analisis posisi menuang *strawberry topping*, telah didapatkan rekomendasi terbaik ketinggian tempat kerja 10 cm di bawah siku. Dengan menyesuaikan dengan ketinggian tempat kerja yang direkomendasikan ini, dibuatlah konfigurasi untuk variabel alat bantu *scissors lift table*. Dalam menentukan konfigurasi ketinggian *lifter* digunakan persamaan 3.3 yang perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.39.

Tabel 4.39 Perhitungan Ketinggian *Lifter Strawberry Topping* Persentil 5 dan 95

Ketinggian Tangga		20.5 cm
Penurunan dari siku		10 cm
Posisi memegang objek		13 cm
Elbow Height	Persentil 5	95.4 cm
	Persentil 95	105.1 cm
Ketinggian Lifter		
Persentil 5	$(20.5 + 95.4) - (10 + 13) = 93$ cm	
Persentil 95	$(20.5 + 105.1) - (10 + 13) = 103$ cm	

Pada gambar 4.16 di bawah ini ditampilkan dua kondisi postur kerja usulan posisi mengambil *strawberry topping* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada stasiun kerja *hoystat*. Dari kedua postur kerja usulan posisi mengambil *strawberry topping* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table*, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.40.



Gambar 4.16 Postur Kerja Usulan Mengambil *Strawberry Topping*

Tabel 4.40 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Mengambil *Strawberry Topping*

Persentil	Ketinggian Lifter	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA		PEI	
				Kode	Skor	Body Group			
						A	B		
5	93cm	Ya	1360	1122	1	5	4	5	1.664
95	103 cm	Ya	1738	1122	1	6	4	6	1.978

Dari hasil analisis pada tabel 4.40 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja usulan mengambil *strawberry topping* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada tabel 4.41 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.41 Hasil SSP Usulan Mengambil *Strawberry Topping*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		99%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	100%	99%	99%

Postur kerja usulan mengambil *strawberry topping* oleh persentil 5 dengan alat bantu *scissors lift table* pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1360 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10°. Postur kerja usulan mengambil *strawberry topping* oleh persentil 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1738 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan mengambil *strawberry topping* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1122 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.

- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 2 yang menandakan bahwa beban berada dalam *range* 10-20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.42 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model.

Tabel 4.42 Nilai RULA Usulan Mengambil *Strawberry Topping*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	2	3
	Lower Arm	3	3
	Wrist	3	3
	Wrist Twist	1	2
Body Group B	Neck	3	3
	Trunk	1	1
Grand Score		5	6

Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat pekerja harus meraih dan mengambil kantong *sauce* seberat 10 kg. Sedangkan anggota tubuh B, leher sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan mengambil *strawberry topping* dari persentil 5 dan persentil 95 menunjukkan angka 5 dan 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

4.2.1.3 Analisis LI Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja *Hoystat*

Analisis *lifting index* digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana postur yang direkomendasikan dapat memperbaiki kemampuan pekerja untuk mengangkat material *sauce* pada stasiun kerja *hoystat*. Postur awal pengangkatan adalah posisi ketika pekerja mengambil material *strawberry topping* dari atas *lifter*. Postur akhir pengangkatan adalah posisi ketika pekerja meletakkan kantong *sauce* pada pinggir mulut tangki. Pada tabel 4.43 adalah data-data dan hasil perhitungan LI dan RWL model manusia persentil 5 dan 95 pada kondisi usulan.

Tabel 4.43 Perhitungan RWL dan LI untuk Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja *Hoystat*

		V		H		A		F	C	Load
Persentil 5	ORG	77.630		42.386		16.020		2/min	poor	10
	DEST	90.135		42.888		5.921				
Persentil 95	ORG	86.591		42.158		14.981		2/min	poor	10
	DEST	91.023		43.028		3.897				
		LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
Persentil 5	ORG	23	0.59	0.99	1	0.95	0.91	0.90	10.46	0.97
	DEST	23	0.58	0.95	1	0.98	0.91	0.90	10.28	
Persentil 95	ORG	23	0.59	0.97	1	0.95	0.91	10.29		0.97
	DEST	23	0.58	0.95	1	0.99	0.91	0.90	10.27	

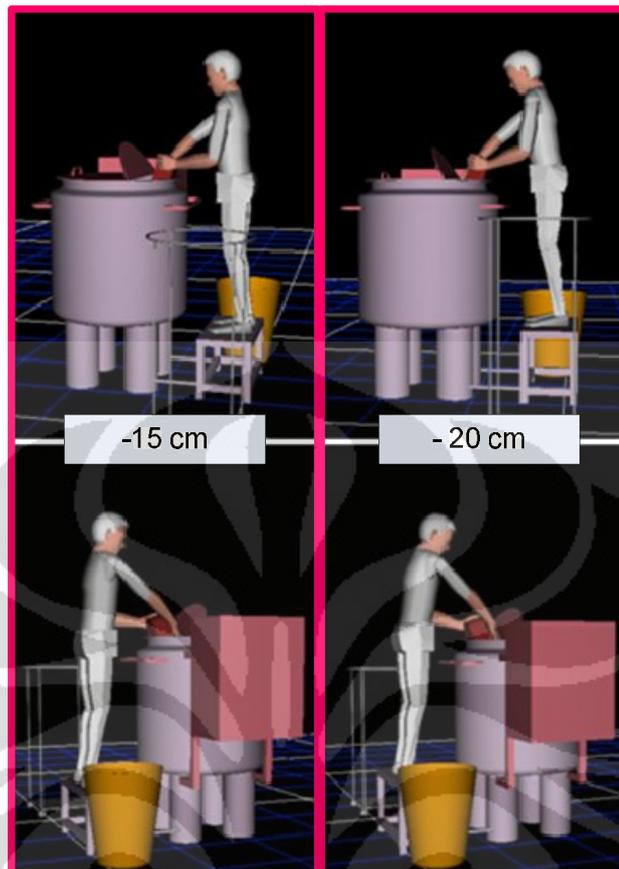
Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai RWL minimum adalah 10.27 kg dengan LI 0,97. Nilai LI yang di bawah satu ini menandakan bahwa proses pengangkatan aman untuk dilakukan oleh pekerja.

4.2.2 Analisis Kondisi Usulan Stasiun Kerja *Buffer Tank Core*

Pada sub-bab ini akan dibahas analisis PEI dari postur kerja kondisi usulan mengambil dan menuang *chocolate sauce*, dan analisis LI usulan pada stasiun kerja *buffer tank core*.

4.2.2.1 Analisis Kondisi Usulan Posisi Menuang *Chocolate Sauce*

Untuk memperbaiki postur pekerja pada posisi ini, dilakukan masing-masing dua buah konfigurasi model dengan variabel ketinggian tempat kerja dengan penambahan tangga untuk persentil 5 dan 95. Pada gambar 4.17 ditampilkan dua kondisi postur kerja usulan posisi menuang *chocolate sauce* oleh persentil 5 pada stasiun kerja *buffer tank core*. Dari kedua postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 5, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.44 di bawah ini.



Gambar 4.17 Postur Kerja Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Tabel 4.44 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Posisi dari elbow height	Ketinggian Tangga	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA		PEI	
				Kode	Skor	Body Group			
						A	B		
-15 cm	34.5 cm	Ya	928	1121	1	6	5	6	1.740
-20 cm	39.5 cm	Ya	1021	2121	2	6	5	6	2.017

Dari hasil analisis pada tabel 4.44 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk ketiga postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dilakukan oleh persentil 5 pada tabel 4.45 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.45 Hasil SSP Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Posture		-15		-20	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	100%		100%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	99%	99%

Postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian tangki 15 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 928 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 5°. Postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1021 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 11°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian 15 cm di bawah siku oleh persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1121 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.

- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Sementara postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 2 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan di masa datang, dengan kode OWAS 2121 yang berarti:

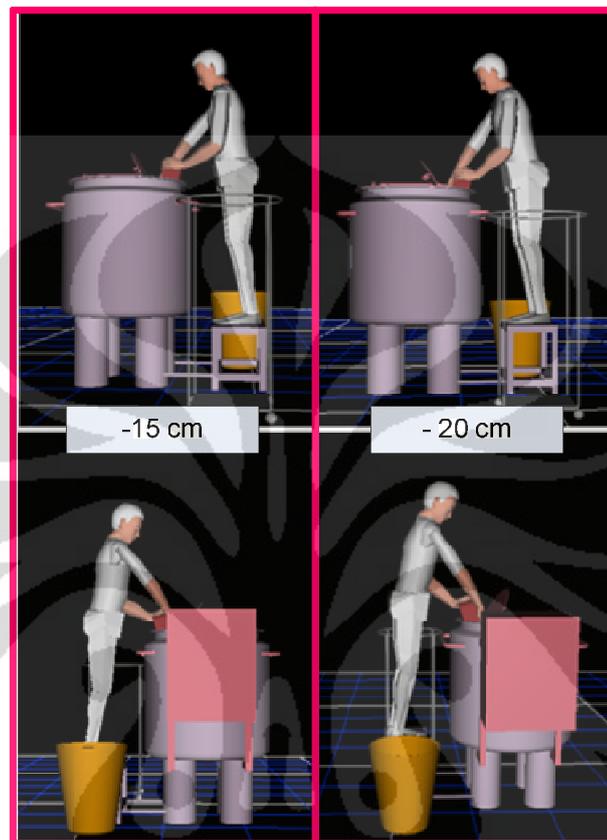
- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.46 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat pekerja harus melakukan pekerjaan yang cukup repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, leher dan batang tubuh sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dari Persentil 5 menunjukkan angka 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

Tabel 4.46 Nilai RULA Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 5

Body Part		-15 cm	-20 cm
Body Group A	Upper Arm	3	3
	Lower Arm	3	3
	Wrist	2	2
	Wrist Twist	2	2
Body Group B	Neck	3	3
	Trunk	1	2
Grand Score		6	6

Pada gambar 4.18 di bawah ini ditampilkan dua kondisi postur kerja usulan posisi menuang *chocolate sauce* oleh persentil 95 pada stasiun kerja *buffer tank core*.



Gambar 4.18 Postur Kerja Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Dari kedua postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* yang dilakukan oleh persentil 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.47 di bawah ini.

Tabel 4.47 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Posisi dari elbow height	Ketinggian Tangga	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA		PEI	
				Kode	Skor	Body Group			
						A	B		
-15 cm	34.5 cm	Ya	1227	1121	1	7	5	7	2.031
-20 cm	39.5 cm	Ya	1347	2121	2	6	5	6	2.113

Dari hasil analisis pada tabel 4.47 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk ketiga postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dilakukan oleh persentil 95 pada tabel 4.48 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.48 Hasil SSP Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Posture		-15		-20	
		Left	Right	Left	Right
Body Part					
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	99%		99%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	99%	98%

Postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian tangki 15 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1227 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 5°. Postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1347 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 11°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian 15 cm di bawah siku oleh persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur

normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1121 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Sementara postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 2 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan di masa datang, dengan kode OWAS 2121 yang berarti:

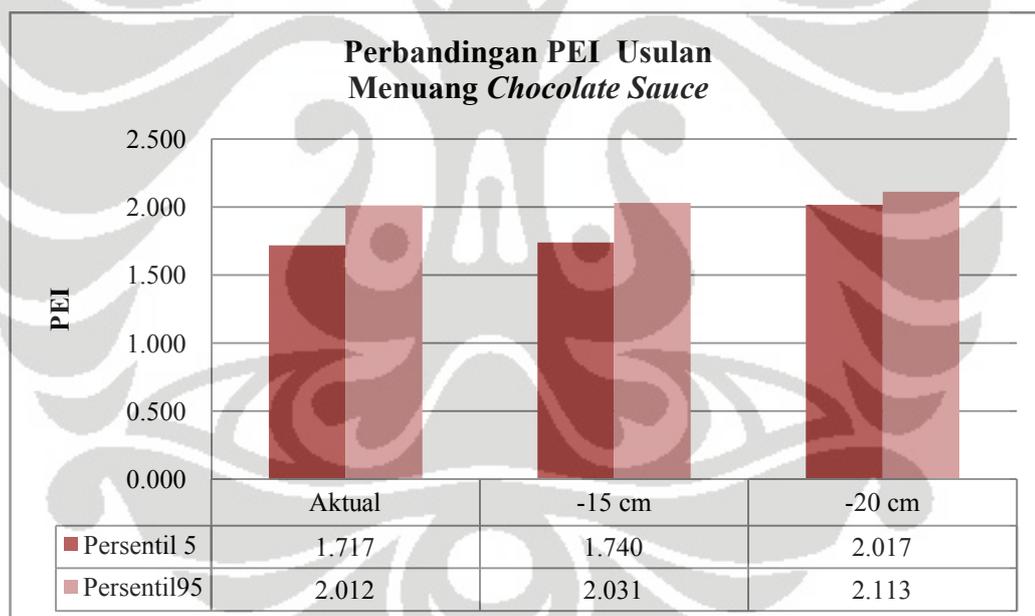
- Bagian punggung berada dalam kategori 2 yang menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.49 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot (*flexion*) akibat pekerja harus melakukan pekerjaan yang cukup repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, leher sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dari Persentil 5 menunjukkan angka 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera dan 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan perubahan perlu dilakukan secepat mungkin.

Tabel 4.49 Nilai RULA Usulan Menuang *Chocolate Sauce* dari Persentil 95

Body Part		-15 cm	-20 cm
Body Group A	Upper Arm	4	4
	Lower Arm	3	3
	Wrist	2	1
	Wrist Twist	2	2
Body Group B	Neck	3	3
	Trunk	1	1
Grand Score		7	6

Setelah memodelkan seluruh konfigurasi usulan yang ada dan dengan membandingkan nilai PEI dari setiap konfigurasi usulan baik dari persentil 5 maupun persentil 95 didapatkan nilai PEI minimum. Pada gambar 4.19 menunjukkan grafik perbandingan PEI dari postur kerja usulan menuang *chocolate sauce*.

**Gambar 4.19** Perbandingan PEI Usulan Menuang *Chocolate Sauce*

Untuk postur kerja usulan menuang *chocolate sauce* dari persentil 5, nilai PEI minimum terdapat pada usulan ketinggian tempat kerja 15 cm di bawah siku dengan nilai sebesar 1,740, dan untuk postur usulan menuang *chocolate sauce* dari persentil 95, nilai PEI minimum juga terdapat pada usulan ketinggian tempat kerja 15 cm di bawah siku dengan nilai sebesar 2,031. Namun, bila dibandingkan

dengan kondisi aktual yang ada, kondisi aktual ternyata memiliki nilai PEI yang lebih kecil, yaitu 1,717 untuk persentil 5 dan 2,012 untuk persentil 95. Sehingga direkomendasikan untuk mempertahankan kondisi aktual yang sudah ada sekarang ini, untuk mempertahankan kenyamanan dan keselamatan kerja para pekerja.

4.2.2.2 Analisis Kondisi Usulan Posisi Mengambil *Chocolate Sauce*

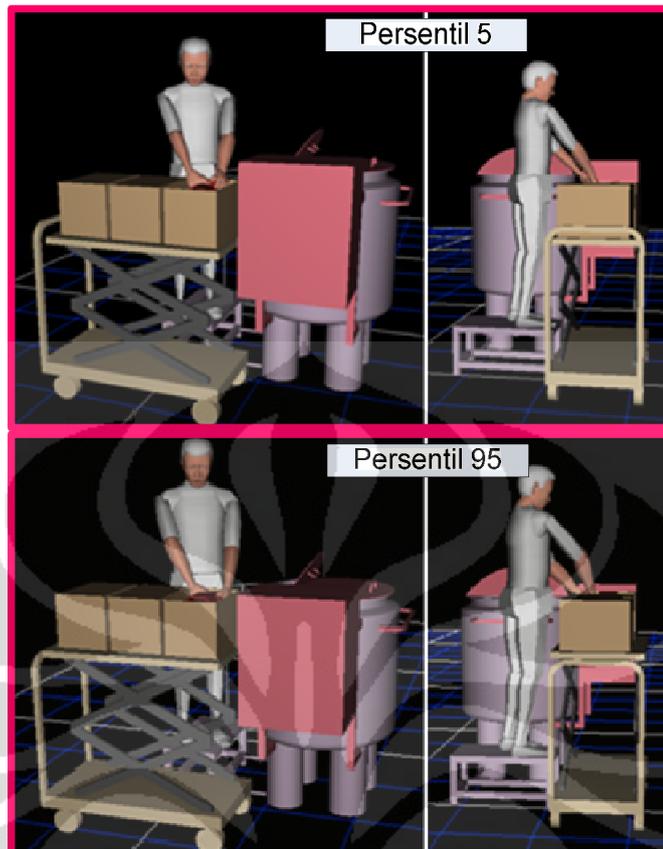
Berdasarkan hasil analisis posisi menuang *chocolate sauce*, telah didapatkan bahwa kondisi aktual yang ada sekarang ini ternyata sudah cukup baik. Dengan menyesuaikan dengan ketinggian tempat kerja ini, dibuatlah konfigurasi untuk variabel alat bantu *scissors lift table*. Dalam menentukan konfigurasi ketinggian *lifter* digunakan persamaan 3.3 yang perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.50.

Tabel 4.50 Perhitungan Ketinggian Lifter *Chocolate Sauce* Persentil 5 dan 95

Ketinggian Tangga		30 cm
Penurunan dari siku		10 cm
Posisi memegang objek		27 cm
Elbow Height	Persentil 5	95.4 cm
	Persentil 95	105.1 cm
Ketinggian Lifter		
Persentil 5	$(30 + 95.4) - (10 + 27) = 88 \text{ cm}$	
Persentil 95	$(30 + 105.1) - (10 + 27) = 98 \text{ cm}$	

Pada gambar 4.20 ditampilkan dua kondisi postur kerja usulan posisi mengambil *chocolate sauce* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada stasiun kerja *buffer tank core*.

Dari kedua postur kerja usulan usulan posisi mengambil *chocolate sauce* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table*, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.51.



Gambar 4.20 Postur Kerja Usulan Mengambil *Chocolate Sauce*

Tabel 4.51 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Mengambil *Chocolate Sauce*

Persentil	Ketinggian Lifter	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
				Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
						A	B		
5	88 cm	Ya	858	1121	1	6	5	6	1.719
95	98 cm	Ya	1091	1121	1	6	5	6	1.788

Dari hasil analisis pada tabel 4.51 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja usulan mengambil *chocolate sauce* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada tabel 4.52 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.52 Hasil SSP Usulan Mengambil *Chocolate Sauce*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
Body Part		Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	100%	100%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	100%		100%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	99%	99%

Postur kerja usulan mengambil *chocolate sauce* oleh persentil 5 dengan alat bantu *scissors lift table* pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 858 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10°. Postur kerja usulan mengambil *chocolate sauce* oleh persentil 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 1091 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan mengambil *chocolate sauce* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1121 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus

- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.53 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot akibat pekerja harus melakukan pekerjaan yang repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, leher sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan mengambil *chocolate sauce* menunjukkan angka 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

Tabel 4.53 Nilai RULA Usulan Mengambil *Chocolate Sauce*

Body Part		Pesentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	3	3
	Lower Arm	3	3
	Wrist	2	2
	Wrist Twist	2	2
Body Group B	Neck	3	3
	Trunk	1	1
Grand Score		6	6

4.2.2.3 Analisis LI Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Core*

Pada stasiun kerja ini tidak dapat dilakukan analisis LI, hal ini dikarenakan pengangkatan yang dilakukan seringkali hanya menggunakan satu tangan saja, sehingga tidak memenuhi kriteria untuk perhitungan RWL dan LI dari NIOSH.

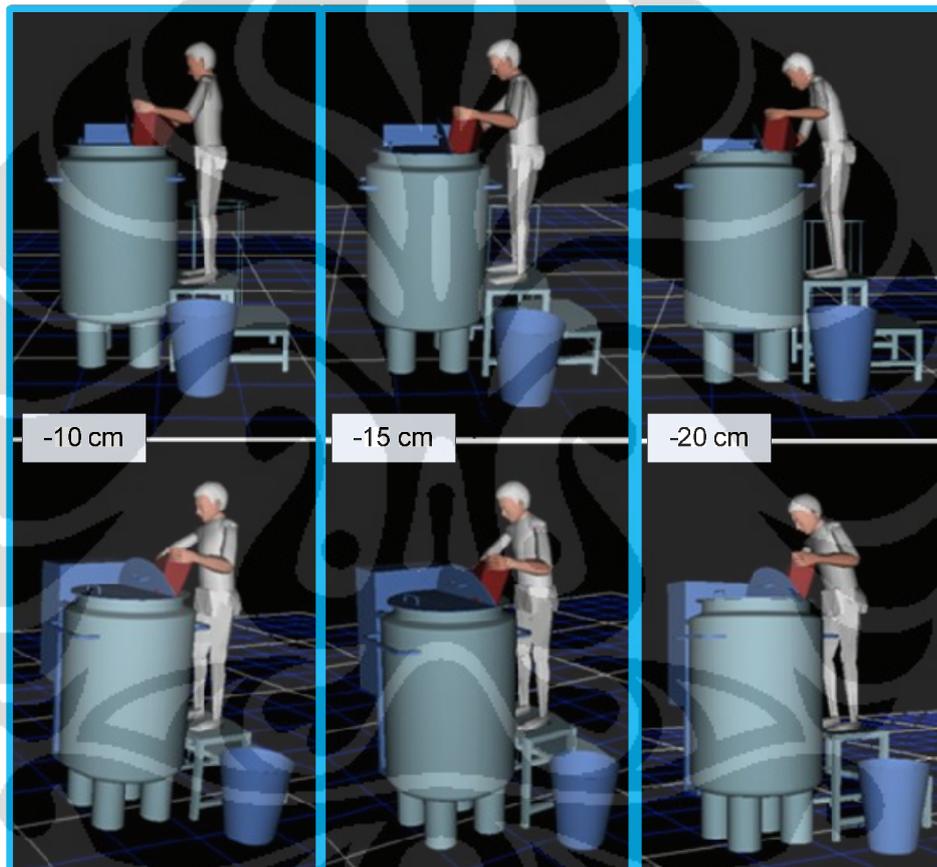
4.2.3 Analisis Kondisi Usulan Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

Pada sub-bab ini akan dibahas analisis PEI dari postur kerja kondisi usulan mengambil dan menuang *dark chocolate compound*, dan analisis LI usulan pada stasiun kerja *buffer tank topping*.

4.2.3.1 Analisis Kondisi Usulan Posisi Menuang *Dark Chocolate Compound*

Untuk memperbaiki postur pekerja pada posisi ini, dilakukan masing-masing tiga buah konfigurasi model dengan variabel ketinggian tempat kerja dengan penambahan tangga untuk persentil 5 dan 95.

Pada gambar 4.21 di bawah ini ditampilkan tiga kondisi postur kerja usulan posisi menuang *dark chocolate compound* oleh persentil 5 pada stasiun kerja *buffer tank topping*.



Gambar 4.21 Postur Kerja Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 5

Dari tiga postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* yang dilakukan oleh persentil 5, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.54 di bawah ini.

Tabel 4.54 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 5

Posisi dari elbow height	Ketinggian Tangga	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
				Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
						A	B		
-10 cm	55.5 cm	Ya	2033	1123	1	7	8	7	2.268
-15 cm	60.5 cm	Ya	2145	2123	3	8	7	7	2.801
-20 cm	65.5 cm	Ya	2234	4123	3	8	7	7	2.827

Dari hasil analisis pada tabel 4.54 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk tiga postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* yang dilakukan oleh persentil 5 pada tabel 4.55 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.55 Hasil SSP Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 5

Posture		-10		-15		-20	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	98%	98%	99%	99%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	95%	99%	100%	94%	99%
Trunk	Flex/Ext	97%		97%		97%	
	Lateral Bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	99%	99%	99%	99%

Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2033 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 2° dan membengkok ke arah

samping 10° (*axial*). Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 15 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2145 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 22° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 10° . Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 5 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2234 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 31° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 12° . Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku oleh persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1123 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban di atas 20 kg.

Sementara postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 15 cm dan 20 cm di bawah siku oleh persentil 5 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 2 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan di masa datang, dengan kode OWAS 2123 postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 15 cm, dan kode 4123 postur usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 20 cm untuk yang berarti:

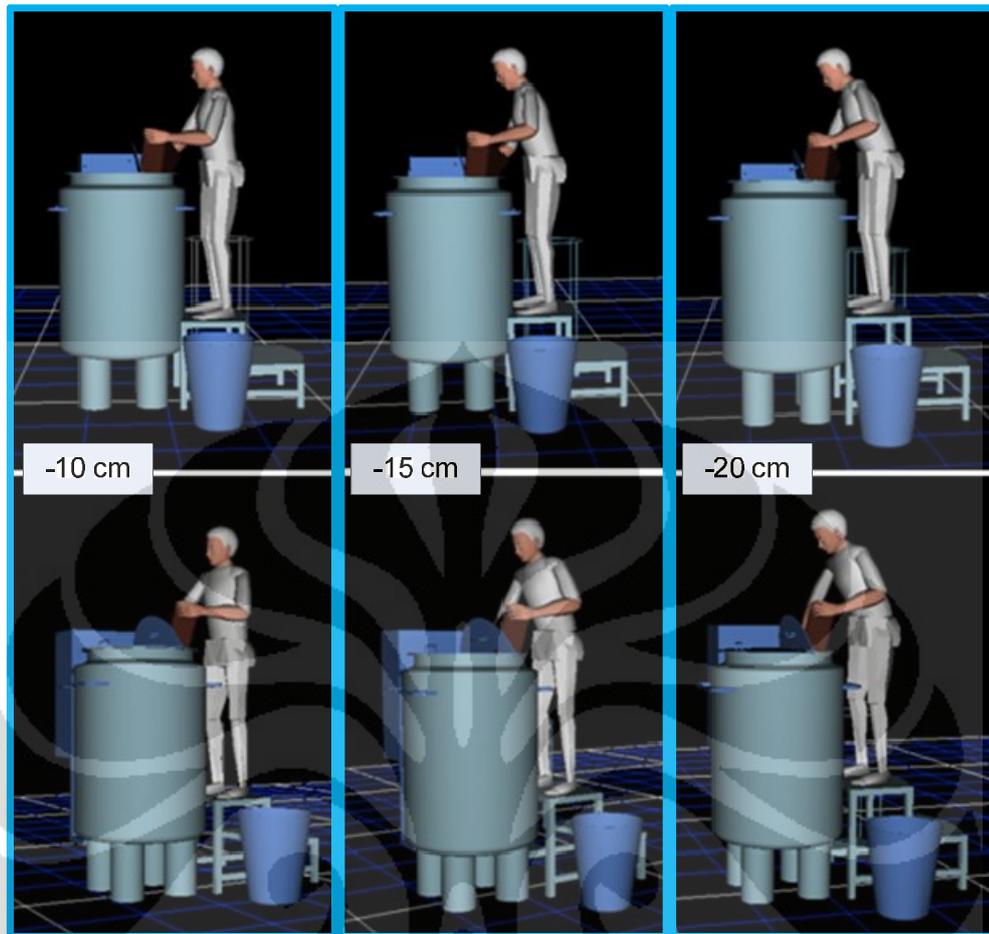
- Bagian punggung berada dalam kategori 2 menandakan terjadinya posisi membungkuk ke depan, sedangkan kategori 4 menandakan terjadinya posisi membungkuk dan memutar.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban di atas 20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.56 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot akibat pekerja harus menahan beban seberat 20 kg dan melakukan pekerjaan yang repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, leher sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk selama bekerja. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan secepat mungkin

Tabel 4.56 Nilai RULA Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 5

Body Part		-10 cm	-15 cm	-20 cm
Body Group A	Upper Arm	4	4	4
	Lower Arm	3	3	3
	Wrist	1	3	3
	Wrist Twist	1	1	1
Body Group B	Neck	4	3	3
	Trunk	1	3	3
Grand Score		7	7	7

Pada gambar 4.22 di bawah ini ditampilkan tiga kondisi postur kerja usulan posisi menuang *dark chocolate compound* oleh persentil 95 pada stasiun kerja *buffer tank topping*.



Gambar 4.22 Postur Kerja Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 95

Dari tiga postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* yang dilakukan oleh persentil 95, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.57 di bawah ini.

Tabel 4.57 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 95

Posisi dari elbow height	Ketinggian Tangga	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
				Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
						A	B		
-10 cm	55.5 cm	Ya	2407	1123	1	7	6	7	2.378
-15 cm	60.5 cm	Ya	2764	4123	3	7	8	7	2.983
-20 cm	65.5 cm	Ya	3019	4123	3	7	8	7	3.058

Dari hasil analisis pada tabel 4.57 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi ketiga postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk tiga postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* yang dilakukan oleh persentil 95 pada tabel 4.58 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.58 Hasil SSP Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 95

Posture		-10		-15		-20	
Body Part		Left	Right	Left	Right	Left	Right
Elbow		99%	100%	99%	100%	99%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	99%	99%	100%	99%	100%	100%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	98%	100%	93%	100%	97%	99%
Trunk	Flex/Ext	96%		96%		95%	
	Lateral Bending	100%		100%		100%	
	Rotation	100%		100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	99%	99%	99%	98%

Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2407 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 8°. Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 15 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 2764 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 19° dan membengkok ke arah samping (*axial*) sebesar 10°. Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 20 cm di bawah siku oleh persentil 95 pada analisis LBA menghasilkan nilai tekanan kompresi sebesar 3019 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 28° dan membengkok ke arah samping (*axial*) 12°.

Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku oleh persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1123 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus.
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban di atas 20 kg.

Sementara postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dengan ketinggian tangki 15 cm dan 20 cm di bawah siku oleh persentil 95 menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 3 yang menandakan bahwa tindakan perbaikan diperlukan segera dengan kode OWAS 4123 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 4 menandakan terjadinya posisi membungkuk dan memutar.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 3 yang menandakan bahwa beban di atas 20 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.59 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas cukup banyak mengalami kontraksi otot akibat pekerja harus menahan

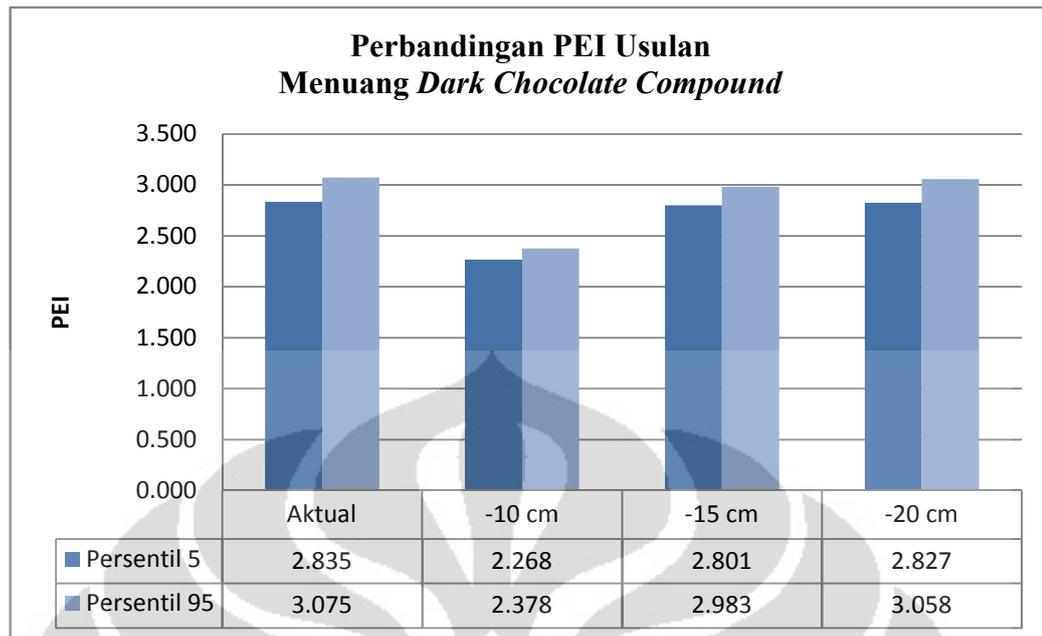
beban seberat 20 kg dan melakukan pekerjaan yang repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, leher dan batang tubuh sedikit mengalami kontraksi karena harus menunduk selama bekerja. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* menunjukkan angka 7 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan secepat mungkin.

Tabel 4.59 Nilai RULA Usulan Menuang *Dark Chocolate Compound* dari Persentil 95

Body Part		-10 cm	-15 cm	-20 cm
Body Group A	Upper Arm	3	3	3
	Lower Arm	3	3	3
	Wrist	3	3	3
	Wrist Twist	1	1	1
Body Group B	Neck	3	3	3
	Trunk	1	4	4
Grand Score		7	7	7

Setelah memodelkan seluruh konfigurasi usulan yang ada dan dengan membandingkan nilai PEI dari setiap konfigurasi usulan baik dari persentil 5 maupun persentil 95 didapatkan nilai PEI minimum. Semakin kecil nilai PEI maka postur yang dimodelkan tersebut semakin nyaman dirasakan oleh pekerja, dan efek membahayakan yang ditimbulkan juga semakin kecil. Pada gambar 4.23 menunjukkan grafik perbandingan PEI dari postur menuang *dark chocolate compound*.

Untuk postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dari persentil 5, nilai PEI minimum terdapat pada usulan ketinggian tempat kerja 10 cm di bawah siku dengan nilai sebesar 2,268, dan untuk postur kerja usulan menuang *dark chocolate compound* dari persentil 95, nilai PEI minimum juga terdapat pada usulan ketinggian tempat kerja 10 cm di bawah siku dengan nilai sebesar 2,378. Sehingga konfigurasi ketinggian tangki 10 cm di bawah siku yang direkomendasikan untuk memperbaiki postur kerja di stasiun kerja *buffer tank topping*.



Gambar 4.23 Perbandingan PEI Menuang *Dark Chocolate Compound*

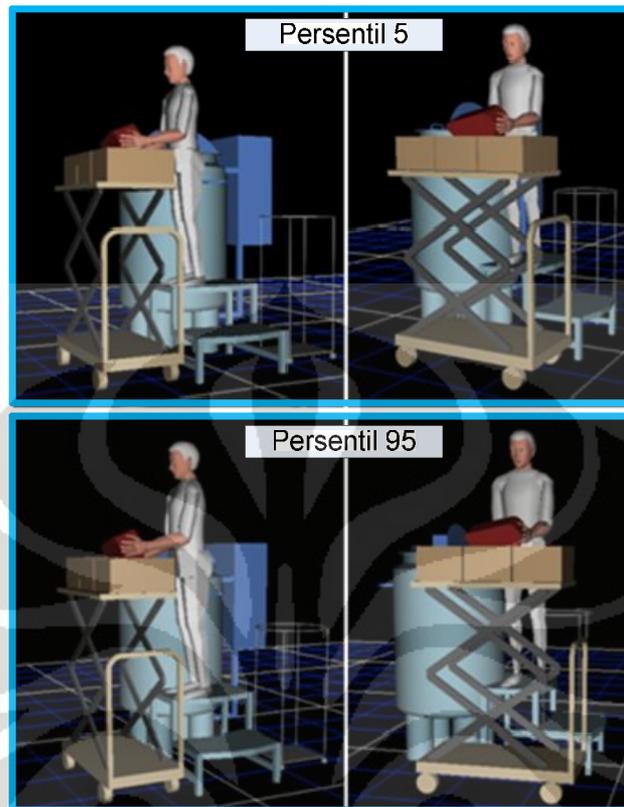
4.2.3.2 Analisis Kondisi Usulan Posisi Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Berdasarkan hasil analisis posisi menuang *dark chocolate compound*, telah didapatkan rekomendasi terbaik ketinggian tempat kerja 10 cm di bawah siku. Dengan menyesuaikan dengan ketinggian tempat kerja yang direkomendasikan ini, dibuatlah konfigurasi untuk variabel alat bantu *scissors lift table*. Dalam menentukan konfigurasi ketinggian *lifter* digunakan persamaan 3.3 yang perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.60.

Tabel 4.60 Perhitungan Ketinggian *Lifter Strawberry Topping* Percentil 5 dan 95

Ketinggian Tangga		55.5 cm
Penurunan dari siku		10 cm
Posisi memegang objek		20 cm
Elbow Height	Percentil 5	95.4 cm
	Percentil 95	105.1 cm
Ketinggian Lifter		
Percentil 5	$(55.5 + 95.4) - (10 + 20) = 121$ cm	
Percentil 95	$(55.5 + 105.1) - (10 + 20) = 131$ cm	

Pada gambar 4.24 *dark chocolate compound* oleh percentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada stasiun kerja *buffer tank topping*.



Gambar 4.24 Postur Kerja Usulan Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Dari kedua postur kerja usulan posisi mengambil *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table*, didapatkan hasil analisis ergonomi SSP, OWAS, dan RULA seperti pada tabel 4.61 di bawah ini.

Tabel 4.61 Rekapitulasi Nilai PEI Usulan Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Persentil	Ketinggian Lifter	SSP > 90%	Skor LBA (N)	OWAS		RULA			PEI
				Kode	Skor	Body Group		Grand Score	
						A	B		
5	121 cm	Ya	1786	1123	1	5	4	5	1.790
95	130 cm	Ya	2074	1123	1	6	4	6	2.077

Dari hasil analisis pada tabel 4.61 dapat dilakukan analisis yang lebih mendalam untuk menjelaskan dan membandingkan kondisi kedua postur yang dimodelkan. Hasil SSP untuk kedua postur kerja usulan mengambil *dark*

chocolate compound oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada tabel 4.62 di bawah ini, menunjukkan bahwa mayoritas dari populasi pekerja memiliki kekuatan (*muscle strength*) yang dibutuhkan untuk melakukan kegiatan ini. Hal ini dapat disimpulkan karena nilai persen kapabilitas untuk keenam bagian tubuh lebih dari 90%.

Tabel 4.62 Hasil SSP Usulan Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Posture		Persentil 5		Persentil 95	
		Left	Right	Left	Right
Body Part					
Elbow		99%	100%	99%	100%
Shoulder	Abduc/Adduc	99%	100%	99%	99%
	Rotation Bk/Fd	100%	100%	100%	100%
	Humeral Rot	100%	100%	100%	100%
Trunk	Flex/Ext	98%		97%	
	Lateral Bending	100%		100%	
	Rotation	100%		100%	
Hip		99%	99%	99%	99%
Knee		100%	100%	100%	100%
Ankle		99%	99%	98%	98%

Postur kerja usulan mengambil *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dengan alat bantu *scissors lift table* pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 1786 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10°. Postur kerja usulan mengambil *dark chocolate compound* oleh persentil 95 dengan alat bantu *scissors lift table* pada analisis LBA menghasil nilai tekanan kompresi sebesar 2074 N. Tekanan ini terjadi akibat model manusia membungkuk ke arah depan (*flexion*) sebesar 10°. Namun, tekanan kompresi yang terjadi pada ketiga postur masih berada di bawah nilai yang ditetapkan oleh NIOSH sebesar 3400 N, yang merupakan batas nilai beban ideal yang dapat diterima pekerja.

Langkah berikutnya adalah menghitung nilai OWAS. Postur kerja usulan mengambil *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 dengan alat bantu *scissors lift table* menghasilkan nilai akhir OWAS sebesar 1 yang menandakan bahwa postur normal dan tidak diperlukan tindakan perbaikan, dengan kode OWAS 1123 yang berarti:

- Bagian punggung berada dalam kategori 1 yang menandakan terjadinya posisi netral atau lurus.
- Bagian tangan berada dalam kategori 1 yang menandakan bahwa kondisi normal, posisi tangan berada di bawah bahu.
- Bagian kaki berada dalam kategori 2 yang menandakan bahwa lutut berada dalam kondisi lurus
- Beban yang diterima termasuk dalam kategori 1 yang menandakan bahwa beban kurang dari 10 kg.

Analisis terakhir adalah mengevaluasi hasil RULA. Pada tabel 4.63 di bawah ini ditunjukkan nilai RULA untuk setiap bagian tubuh yang dianalisis pada setiap model. Kelompok tubuh A menunjukkan bahwa anggota gerak tubuh bagian atas tidak banyak mengalami kontraksi otot akibat pekerja harus menahan beban seberat 20 kg dan melakukan pekerjaan yang repetitif. Sedangkan anggota tubuh B, leher dan batang tubuh juga tidak mengalami kontraksi karena harus menunduk selama bekerja. Secara keseluruhan, skor penilaian RULA untuk postur kerja usulan mengambil *dark chocolate compound* oleh persentil 5 dan 95 menunjukkan angka 5 dan 6 yang berarti dibutuhkan investigasi dan tindakan perbaikan perlu dilakukan segera.

Tabel 4.63 Nilai RULA Usulan Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Body Part		Persentil 5	Persentil 95
Body Group A	Upper Arm	1	1
	Lower Arm	2	3
	Wrist	2	2
	Wrist Twist	2	2
Body Group B	Neck	1	1
	Trunk	1	1
Grand Score		5	6

4.2.3.3 Analisis LI Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

Analisis *lifting index* digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana postur yang direkomendasikan dapat memperbaiki kemampuan pekerja untuk mengangkat material *sauce* pada stasiun kerja *buffer tank topping*. Postur awal pengangkatan adalah posisi ketika pekerja mengambil material *dark chocolate*

compound dari atas *lifter*. Postur akhir pengangkatan adalah posisi ketika pekerja meletakkan kantung *sauce* pada pinggir mulut tangki. Pada tabel 4.64 adalah data-data dan hasil perhitungan LI dan RWL model manusia persentil 5 dan 95 pada kondisi usulan.

Tabel 4.64 Perhitungan RWL dan LI untuk Kondisi Usulan Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

		H		V		A		F	C	Load
Persentil 5	ORG	83.174		42.066		2.301		2/min	poor	20
	DEST	96.071		41.892		5.584				
Persentil 95	ORG	91.120		41.162		3.005		2/min	poor	20
	DEST	96.709		42.567		3.364				
		LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
Persentil 5	ORG	23	0.59	0.98	1	0.99	0.91	0.90	10.84	1.93
	DEST	23	0.60	0.94	1	0.98	0.91	0.90	10.34	
Persentil 95	ORG	23	0.61	0.95	1	0.99	0.91	0.90	10.78	1.95
	DEST	23	0.59	0.93	1	0.99	0.91	0.90	10.23	

Dari hasil perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai RWL minimum adalah 10.23 kg dengan LI 1,95. Nilai LI yang di atas satu ini menandakan bahwa proses pengangkatan masih memerlukan perbaikan lebih lanjut.

4.3 Analisis Perbandingan Kondisi Aktual Dan Usulan

Pada sub-bab ini dibahas mengenai perbandingan PEI dan LI model kondisi aktual sebelum dilakukan perbaikan dan model kondisi usulan yang diberikan untuk setiap stasiun kerja.

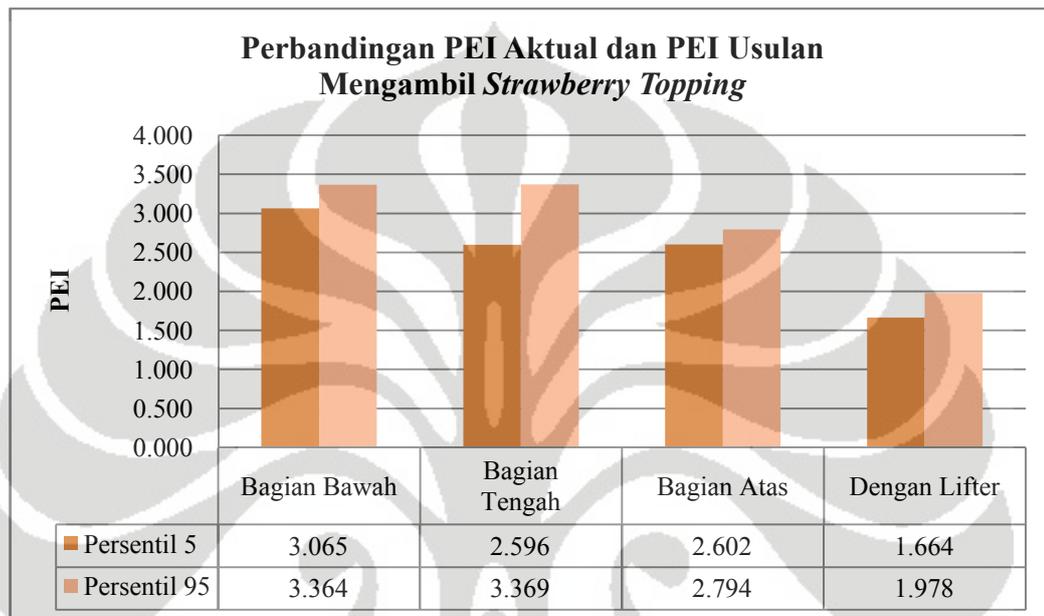
4.3.1 Analisis Perbandingan Model Stasiun Kerja *Hoystat*

Pada sub-bab ini dibahas mengenai perbandingan model kondisi aktual sebelum dilakukan perbaikan dan model kondisi usulan yang diberikan untuk setiap stasiun kerja *hoystat*.

4.3.1.1 Analisis Perbandingan PEI Posisi Mengambil *Strawberry Topping*

Perubahan nilai PEI dari kondisi aktual ke konfigurasi menunjukkan perubahan yang sangat signifikan. Nilai PEI maksimum kondisi aktual adalah

3,065 untuk persentil 5 dan 3,364 untuk persentil 95, kedua nilai ini dapat dikurangi menjadi 1,604 untuk persentil 5 dan 1,978 untuk persentil 95 setelah mengalami konfigurasi dengan menambahkan alat bantu *scissors lift table*. Grafik perbandingan nilai PEI antara keempat konfigurasi dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Perubahan PEI Posisi Mengambil *Strawberry Topping*

Tabel 4.65 Perbandingan Skor LBA, OWAS, dan RULA Posisi Mengambil *Strawberry Topping*

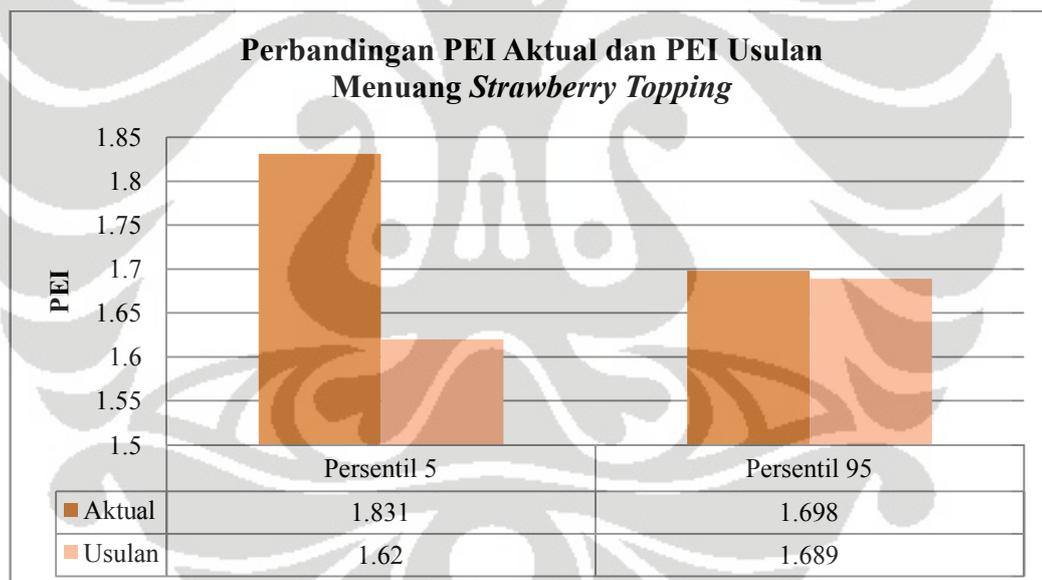
Kondisi	Persentil 5			Persentil 95		
	LBA	OWAS	RULA	LBA	OWAS	RULA
Bagian Bawah	2194	4	7	3211	4	7
Bagian Tengah	2299	2	7	3225	4	7
Bagian Atas	2319	2	7	2970	2	7
Dengan Lifter	1360	1	5	1738	1	6

Perubahan nilai PEI terjadi karena perubahan elemen-elemen LBA, OWAS, dan RULA. Apabila skor penilaian LBA, OWAS dan RULA pada kondisi aktual dan setelah dilakukan konfigurasi dibandingkan, maka dapat dinyatakan bahwa terdapat perbaikan terhadap kondisi kerja. Hal tersebut terlihat dari penurunan nilai LBA yang awalnya di atas 2000 N menjadi 1360 N untuk persentil 5 dan 1738 untuk persentil 95. Nilai OWAS secara keseluruhan juga

menurun, dari skor 4 dan 2 pada kondisi aktual menjadi 1 pada kondisi usulan. Nilai RULA juga menurun dari skor 7 menjadi 5 untuk persentil 5 dan 6 untuk persentil 95. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.65.

4.3.1.2 Analisis Perbandingan PEI Posisi Menuang *Strawberry Topping*

Perubahan nilai PEI dari kondisi aktual ke model konfigurasi ideal menunjukkan perubahan yang sangat signifikan. Nilai PEI kondisi aktual adalah 1,831 untuk persentil 5 dan 1,698 untuk persentil 95, kedua nilai ini dapat dikurangi menjadi 1,620 untuk persentil 5 dan 1,689 untuk persentil 95 setelah mengalami konfigurasi dengan menambahkan tangga setinggi 20,5 cm sebagai tempat pijakan supaya mendapatkan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku persentil 50. Grafik perbandingan nilai PEI antara kondisi aktual dan kondisi usulan dapat dilihat pada gambar 4.26 berikut ini.



Gambar 4.26 Perubahan PEI Posisi Menuang *Strawberry Topping*

Perubahan nilai PEI terjadi karena perubahan elemen-elemen LBA, OWAS, dan RULA. Apabila skor penilaian LBA, OWAS dan RULA pada kondisi aktual dan setelah dilakukan konfigurasi dibandingkan, maka dapat dinyatakan bahwa terdapat perbaikan terhadap kondisi kerja. Hal tersebut terlihat dari penurunan nilai LBA. Nilai OWAS secara keseluruhan tetap. Nilai RULA juga menurun dari skor 6 ke skor 5 untuk persentil 5, dan tetap untuk persentil 95.

Pada postur ini, terjadi perubahan yang sangat signifikan untuk persentil 5, dikarenakan pada kondisi aktual persentil 5 memiliki postur yang kurang ergonomis karena stasiun kerja yang terlalu tinggi bagi persentil 5. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.66. berikut.

Tabel 4.66 Perbandingan Skor LBA, OWAS, dan RULA Posisi Menuang *Strawberry Topping*

Kondisi	Persentil 5			Persentil 95		
	LBA	OWAS	RULA	LBA	OWAS	RULA
Aktual	1236	1	6	1474	1	5
Usulan	1208	1	5	1443	1	5

4.3.1.3 Analisis Perbandingan LI Stasiun Kerja *Hoystat*

Analisis *lifting index* digunakan untuk membandingkan kemampuan pekerja mengangkat material pada kondisi aktual dan usulan. Secara umum terjadi peningkatan RWL pada beberapa kondisi yang diujikan, sehingga nilai LI juga menurun dan berada di bawah 1 yang berarti kondisi kerja aman dan mampu dilakukan pekerja dengan baik dan ergonomis. Pada tabel 4.67 adalah perbandingan LI dan RWL model manusia persentil 5 dan 95 pada kondisi aktual dan usulan pada stasiun kerja *hoystat*.

Tabel 4.67 Perbandingan LI dan RWL Stasiun Kerja *Hoystat* Kondisi Aktual dan Usulan

Kondisi		Aktual		Usulan	
		RWL	LI	RWL	LI
Persentil 5	ORG	5.889		10.46	
	DEST	8.003	1.698	10.28	0.973
Persentil 95	ORG	5.556		10.29	
	DEST	8.205	1.8	10.27	0.974

Dari perbandingan nilai LI dan RWL dapat disimpulkan bahwa kondisi usulan dapat memperbaiki proses pengangkatan material *sauce* pada stasiun kerja ini. Dengan beban material sebesar 10 kg, pada kondisi aktual pekerja hanya mampu mengangkat dengan baik dan nyaman material seberat 5,556 kg. Sedangkan dengan adanya perbaikan melalui kondisi usulan, pekerja dapat mengangkat beban minimum 10,27 kg, sehingga untuk mengangkat material

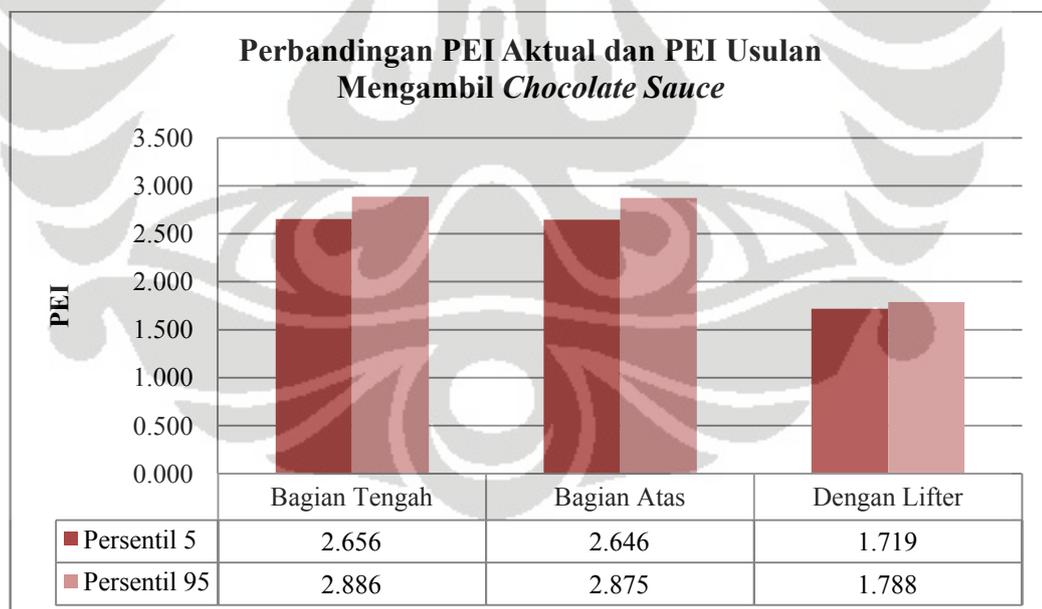
strawberry topping tidak terjadi kemungkinan terjadinya efek yang membahayakan bagi pekerja.

4.3.2 Analisis Perbandingan Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Core*

Pada sub-bab ini dibahas mengenai perbandingan model kondisi aktual sebelum dilakukan perbaikan dan model kondisi usulan yang diberikan untuk setiap stasiun kerja *buffer tank core*.

4.3.2.1 Analisis Perbandingan PEI Posisi Mengambil *Chocolate Sauce*

Pada postur ini terjadi perubahan nilai PEI dari kondisi aktual ke kondisi usulan yang menunjukkan perubahan yang sangat signifikan. Nilai PEI maksimum kondisi aktual adalah 2,656 untuk persentil 5 dan 2,886 untuk persentil 95, kedua nilai ini dapat dikurangi menjadi 1,719 untuk persentil 5 dan 1,788 untuk persentil 95 setelah mengalami konfigurasi dengan menambahkan alat bantu *scissors lift table*. Grafik perbandingan nilai PEI antara ketiga konfigurasi dapat dilihat pada gambar 4.27 berikut ini.



Gambar 4.27 Perubahan PEI Posisi Mengambil *Chocolate Sauce*

Perubahan nilai PEI terjadi karena perubahan elemen-elemen LBA, OWAS, dan RULA. Apabila skor penilaian LBA, OWAS dan RULA pada

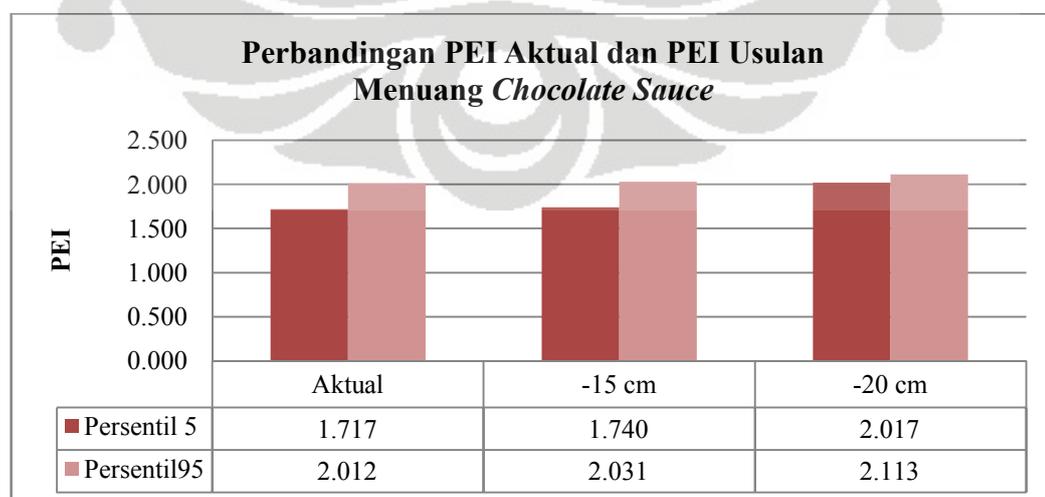
kondisi aktual dan usulan dibandingkan, maka dapat dinyatakan bahwa terdapat perbaikan terhadap kondisi kerja. Hal tersebut terlihat dari penurunan nilai LBA sebanyak kurang lebih dari skor LBA pada kondisi aktual. Nilai OWAS secara keseluruhan juga menurun secara signifikan, dari skor 3 pada kondisi aktual menjadi 1 pada kondisi usulan. Nilai RULA juga menurun dari skor 7 menjadi 6. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.68. berikut.

Tabel 4.68 Perbandingan Skor LBA, OWAS, dan RULA Posisi Mengambil *Chocolate Sauce*

Kondisi	Persentil 5			Persentil 95		
	LBA	OWAS	RULA	LBA	OWAS	RULA
Bagian Tengah	1651	3	7	2436	3	7
Bagian Atas	1618	3	7	2398	3	7
Dengan Lifter	858	1	6	1091	1	6

4.3.2.2 Analisis Perbandingan PEI Posisi Menuang *Chocolate Sauce*

Perubahan nilai PEI dari kondisi aktual ke model konfigurasi pada gambar 4.28 tidak menunjukkan perubahan yang signifikan secara ergonomis. Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab 3.4 tentang pembuatan konfigurasi. Kondisi aktual ketinggian *buffer tank core* hampir sama dengan kondisi usulan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku. Setelah dilakukan pembuatan model konfigurasi untuk ketinggian tangki 15 cm dan 20 cm di bawah siku, ternyata didapatkan hasil bahwa kondisi aktual yang ada saat ini telah cukup baik, dan tidak perlu dilakukan perbaikan stasiun kerja dari segi ketinggian tempat kerja.



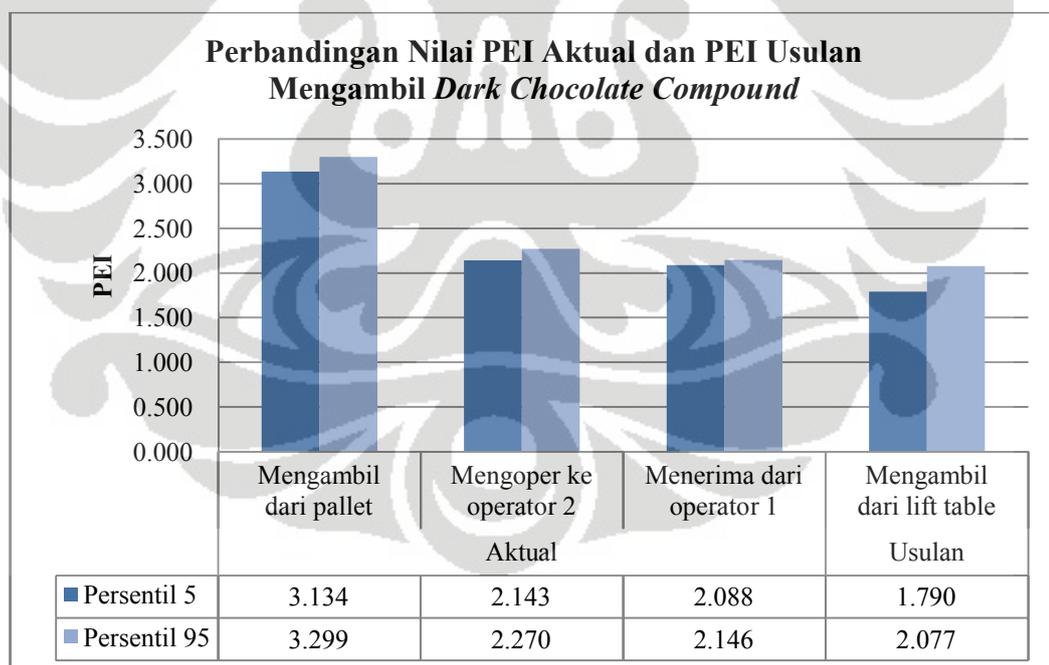
Gambar 4.28 Perubahan PEI Posisi Menuang *Chocolate Sauce*

4.3.3 Analisis Perbandingan Model Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

Pada sub-bab ini dibahas mengenai perbandingan model kondisi aktual sebelum dilakukan perbaikan dan model kondisi usulan yang diberikan untuk setiap stasiun kerja *buffer tank topping*.

4.3.3.1 Analisis Perbandingan PEI Posisi Mengambil *Dark Chocolate Compound*

Perubahan nilai PEI dari kondisi aktual ke kondisi usulan menunjukkan perubahan yang positif. Selain pada kondisi usulan tidak memerlukan dua orang untuk melakukan pekerjaan tersebut. Dengan menerapkan sistem kerja pada kondisi usulan nilai PEI juga menurun jika dibandingkan dengan kondisi aktual. Nilai PEI maksimum kondisi aktual adalah 3,134 untuk persentil 5 dan 3,299 untuk persentil 95, kedua nilai ini dapat dikurangi menjadi 1,790 untuk persentil 5 dan 2,077 untuk persentil 95 setelah mengalami konfigurasi dengan menambahkan alat bantu *scissors lift table*. Grafik perbandingan nilai PEI antara keempat konfigurasi dapat dilihat pada gambar 4.29 berikut ini.



Gambar 4.29 Perubahan PEI Posisi Mengambil *Dark Chocolate Compound*

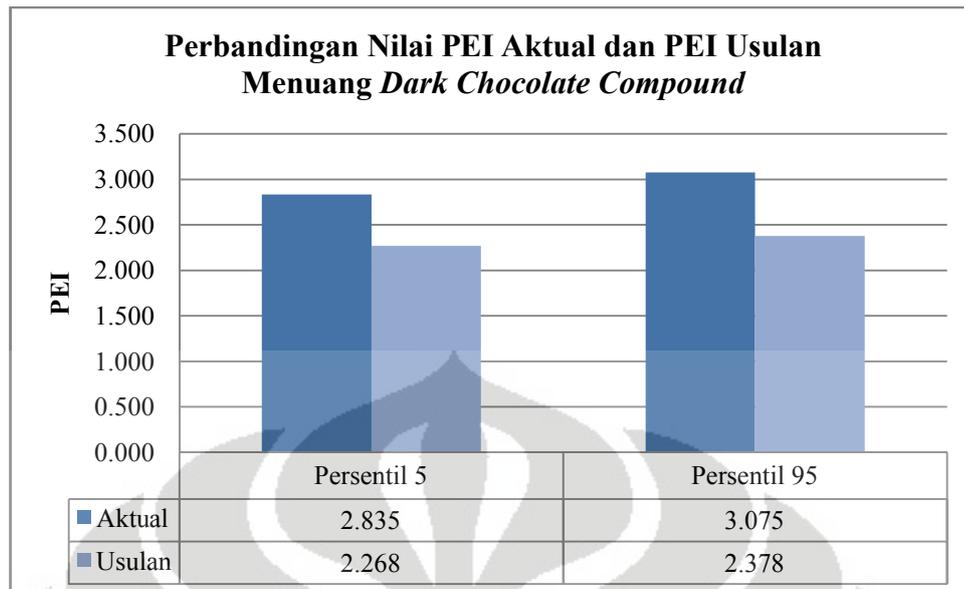
Tabel 4.69 Perbandingan Nilai LBA, OWAS, dan RULA Posisi Mengambil *Dark Chocolate Compound*

		Aktual			Usulan
		Mengambil dari pallet	Mengoper ke operator 2	Menerima dari operator 1	Mengambil dari lift table
Persentil 5	LBA	3278	1607	2112	1786
	OWAS	3	1	1	1
	RULA	7	7	6	5
	PEI	3.134	2.143	2.088	1.790
Persentil 95	LBA	3840	2041	2309	2074
	OWAS	3	1	1	1
	RULA	7	7	6	6
	PEI	3.299	2.270	2.146	2.077

Perubahan nilai PEI terjadi karena perubahan elemen-elemen LBA, OWAS, dan RULA. Apabila skor penilaian LBA, OWAS dan RULA pada ketiga kondisi aktual dan kondisi usulan maka dapat dinyatakan bahwa terdapat perbaikan terhadap kondisi kerja. Dari grafik terlihat bahwa kondisi usulan memiliki PEI yang terbaik jika dibandingkan dengan kondisi aktual. Untuk perbandingan lebih lengkap dapat dilihat pada tabel 4.69 di atas.

4.3.3.2 Analisis Perbandingan PEI Posisi Menuang *Dark Chocolate Compound*

Perubahan nilai PEI dari kondisi aktual ke model konfigurasi ideal menunjukkan perubahan yang sangat signifikan. Nilai PEI kondisi aktual adalah 2,835 untuk persentil 5 dan 3,075 untuk persentil 95, kedua nilai ini dapat dikurangi menjadi 2,268 untuk persentil 5 dan 2,378 untuk persentil 95 setelah mengalami konfigurasi dengan menambahkan tangga setinggi 55,5 cm sebagai tempat pijakan supaya mendapatkan ketinggian tangki 10 cm di bawah siku persentil 50. Grafik perbandingan nilai PEI antara kondisi aktual dan kondisi usulan dapat dilihat pada gambar 4.30 berikut ini.



Gambar 4.30 Perubahan PEI Posisi Menuang *Dark Chocolate Compound*

Perubahan nilai PEI terjadi karena perubahan elemen-elemen LBA, OWAS, dan RULA. Apabila skor penilaian LBA, OWAS dan RULA pada kondisi aktual dan setelah dilakukan konfigurasi dibandingkan, maka dapat dinyatakan bahwa terdapat perbaikan terhadap kondisi kerja. Hal tersebut terlihat dari penurunan nilai LBA dari 2262 N ke 2033 N untuk persentil 5, dan dari 3077 N ke 2407 N untuk persentil 95. Nilai OWAS secara keseluruhan menjadi 1 yang berarti postur berada pada kondisi normal. Sementara nilai RULA tidak mengalami penurunan. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.70 berikut.

Tabel 4.70 Perbandingan Nilai LBA, OWAS, dan RULA Posisi Menuang *Dark Chocolate Compound*

Kondisi	Persentil 5			Persentil 95		
	LBA	OWAS	RULA	LBA	OWAS	RULA
Aktual	2262	3	7	3077	3	7
Usulan	2033	1	7	2407	1	7

4.3.3.3 Analisis Perbandingan LI Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping*

Analisis *lifting index* digunakan untuk membandingkan kemampuan pekerja mengangkat material pada kondisi aktual dan usulan. Jika dilihat secara keseluruhan terjadi peningkatan RWL pada beberapa kondisi yang diujikan,

sehingga nilai LI juga menurun. Pada tabel 4.71 adalah perbandingan LI dan RWL model manusia persentil 5 dan 95 pada kondisi aktual dan usulan pada stasiun kerja *buffer tank topping*.

Tabel 4.71 Perbandingan LI dan RWL Stasiun Kerja *Buffer Tank Topping* Kondisi Aktual dan Usulan

Kondisi		Aktual		Usulan	
		RWL	LI	RWL	LI
Persentil 5	ORG	4.94	4.05	10.84	1.93
	DEST	7.68		10.34	
Persentil 95	ORG	5.00	4.00	10.78	1.95
	DEST	6.10		10.23	

Pada kondisi aktual pekerja pertama mengangkat material dari atas *pallet*, dan memberikannya pada pekerja kedua yang berada di atas stasiun kerja. Kondisi ini sangat berbahaya bagi pekerja pertama, karena bukan hanya dari postur kerja yang kurang nyaman, beban yang harus diangkat pun sangat berat, sehingga ketika dilakukan perhitungan RWL dan LI, untuk kondisi ini pekerja hanya memiliki kemampuan untuk mengangkat secara ergonomis seberat 4,94 kg, dengan LI yang berada di atas 3. Oleh karena itu, dalam kondisi usulan postur kerja ini dicoba untuk dihilangkan dengan menambahkan alat bantu *scissors lift table* untuk mengangkat material ke dekat stasiun kerja. Dengan digunakannya alat ini, proses pengangkatan menjadi lebih mudah. Namun, ternyata setelah dilakukan perhitungan RWL dan LI, kondisi usulan ini masih belum memberikan solusi yang cukup berarti. Penurunan nilai LI dari kondisi aktual ke kondisi usulan terjadi sebanyak setengah dari LI kondisi aktual. RWL pada kondisi usulan ini adalah 10,23 kg atau naik sekitar dua kali lipat dari nilai RWL awal, tetapi nilai ini masih sangat jauh dari kondisi yang ergonomis. Padahal bila dibandingkan dengan kondisi aktual pekerjaan ini, jarak perpindahan secara vertikal telah dikurangi menjadi seminim mungkin. Oleh karena itu, untuk mengatasi kondisi ini sebaiknya jika memungkinkan dilakukan perubahan ukuran kemasan *dark chocolate compound* dari 20 kg menjadi 10 kg untuk membantu mengurangi resiko kecelakaan kerja pada pekerja.

BAB 5

KESIMPULAN

Bab 5 merupakan bab penutup. Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian “Analisis Postur Kerja Ergonomis pada Area *Cone Filling Machine* Pabrik Es Krim Menggunakan *Virtual Human Modeling*” dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada area ini, pekerjaan yang secepat mungkin perlu diperbaiki adalah pekerjaan pengisian *sauce core* dan *sauce topping* ke dalam tangki penyuplai.
2. Telah dibuat suatu model manusia *virtual* yang dapat memperlihatkan dan merepresentasikan postur kerja dari operator *cone filling machine* sehingga dapat dilakukan beberapa analisis ergonomis terhadap postur kerja operator.
3. Untuk stasiun kerja *hoystat*, postur kerja aktual menuang *strawberry topping* memiliki nilai PEI sebesar 1,831 untuk persentil 5 dan 1,698 untuk persentil 95. Konfigurasi dilakukan dengan mengubah variabel ketinggian tangki *hoystat* sehingga mulut tangki tersebut berada 10 cm, 15 cm, dan 20 cm di bawah tinggi siku pekerja (*elbow height*) dengan persentil 50. Setelah dilakukan pembuatan model dan analisis, maka didapatkan bahwa ketinggian tangki *hoystat* yang ideal adalah 10 cm di bawah tinggi siku pekerja persentil 50. Perubahan dilakukan dengan penambahan tangga setinggi 20,5 cm. Postur kerja usulan ideal menuang *strawberry topping* memiliki nilai PEI sebesar 1,620 untuk persentil 5 dan 1,689 untuk persentil 95.
4. Untuk stasiun kerja *buffer tank core*, postur kerja aktual menuang *chocolate sauce* memiliki nilai PEI sebesar 1,717 untuk persentil 5 dan 2,012 untuk persentil 95. Konfigurasi dilakukan dengan mengubah variabel ketinggian *buffer tank core* sehingga mulut tangki tersebut berada 15 cm dan 20 cm di bawah tinggi siku pekerja (*elbow height*) dengan persentil 50. Setelah dilakukan pembuatan model dan analisis, maka didapatkan bahwa ketinggian tangki *buffer tank core* yang aktual ternyata menghasilkan nilai PEI minimum

dibanding konfigurasi lainnya sehingga tidak perlu dilakukan perubahan ketinggian *buffer tank core*.

5. Untuk stasiun kerja *buffer tank topping*, postur kerja aktual menuang *dark chocolate comound* memiliki nilai PEI sebesar 2,835 untuk persentil 5 dan 3,075 untuk persentil 95. Konfigurasi dilakukan dengan mengubah variabel ketinggian *buffer tank topping* sehingga mulut tangki tersebut berada 10 cm, 15 cm, dan 20 cm di bawah tinggi siku pekerja (*elbow height*) dengan persentil 50. Setelah dilakukan pembuatan model dan analisis, maka didapatkan bahwa ketinggian *buffer tank topping* yang ideal adalah 10 cm di bawah tinggi siku pekerja persentil 50. Perubahan dilakukan dengan perubahan ketinggian tangga dari setinggi 72 cm menjadi setinggi 55,5 cm. Postur kerja usulan ideal menuang *dark chocolate comound* memiliki nilai PEI sebesar 2,268 untuk persentil 5 dan 2,378 untuk persentil 95.
6. Untuk stasiun kerja *hoystat*, postur kerja aktual mengambil *strawberry topping* memiliki nilai PEI terbesar ketika mengambil kantung *sauce* di bagian bawah ember *sauce* dengan nilai 3,065 untuk persentil 5 dan 3,364 untuk persentil 95. Konfigurasi dilakukan dengan menggunakan *scissors lift table* yang tingginya disesuaikan dengan antropometri pekerja dan ketinggian tangki ideal yang sudah dihitung sebelumnya. Ketinggian *scissors lift table* yang disarankan untuk persentil 5 adalah 93 cm dan untuk persentil 95 adalah 103 cm. Postur kerja usulan ideal menuang *strawberry topping* memiliki nilai PEI sebesar 1,664 untuk persentil 5 dan 1,978 untuk persentil 95.
7. Untuk stasiun kerja *buffer tank core*, postur kerja aktual mengambil *chocolate sauce* memiliki nilai PEI terbesar ketika mengambil kantung *sauce* di bagian tengah ember *sauce* dengan nilai 2,656 untuk persentil 5 dan 2,886 untuk persentil 95. Konfigurasi dilakukan dengan menggunakan *scissors lift table* yang tingginya disesuaikan dengan antropometri pekerja dan ketinggian tangki ideal yang sudah dihitung sebelumnya. Ketinggian *scissors lift table* yang disarankan untuk persentil 5 adalah 88 cm dan untuk persentil 95 adalah 98 cm. Postur kerja usulan ideal menuang *chocolate sauce* memiliki nilai PEI sebesar 1,719 untuk persentil 5 dan 1,788 untuk persentil 95.

8. Untuk stasiun kerja *buffer tank topping*, postur kerja aktual mengambil *dark chocolate comound* memiliki nilai PEI terbesar ketika operator yang berada di bawah mengambil kantung *sauce* di atas *pallet* dengan nilai 3,134 untuk persentil 5 dan 3,299 untuk persentil 95. Operator yang berada di atas tangga tidak memiliki resiko sebesar operator yang berada di bawah. Oleh karena itu dilakukan konfigurasi dengan menggunakan *scissors lift table* yang tingginya disesuaikan dengan antropometri pekerja dan ketinggian tangki ideal yang sudah dihitung sebelumnya. Dengan penggunaan *scissors lift table*, pekerjaan dapat dilakukan oleh satu orang yang berada di atas saja. Ketinggian *scissors lift table* yang disarankan untuk persentil 5 adalah 121 cm dan untuk persentil 95 adalah 130 cm. Postur kerja usulan ideal menuang *dark chocolate comound* memiliki nilai PEI sebesar 1,790 untuk persentil 5 dan 2,077 untuk persentil 95.
9. Untuk stasiun kerja *hoystat*, RWL pada kondisi aktual adalah 5,556 kg dengan LI sebesar 1,8. Sedangkan RWL pada kondisi usulan adalah 10,27 kg dengan LI sebesar 0,974 sehingga masalah *manual handling* sudah teratasi.
10. Untuk stasiun kerja *buffer tank topping*, RWL pada kondisi aktual adalah 4,94 kg dengan LI sebesar 4,05. Sedangkan RWL pada kondisi usulan adalah 10,23 kg dengan LI sebesar 1,95, dengan LI pada kondisi usulan masih di atas 1, masalah *manual handling* belum teratasi.
11. Secara umum, ketinggian tempat kerja yang ideal untuk melakukan pekerjaan yang sifatnya memberikan gaya, berupa tarikan dan dorongan seperti pada pekerjaan pengisian *sauce* adalah 10 cm di bawah tinggi siku.
12. Secara umum, tipe pekerjaan yang mengharuskan pekerja untuk membungkuk terlalu dalam, memberikan efek yang membahayakan bagi pekerja untuk mengalami cedera saat bekerja. Oleh karena itu, sebaiknya tipe pekerjaan ini dihindari apabila dapat ditemukan solusi metode kerja yang tidak mengharuskan pekerja untuk membungkuk.

5.2 Saran

Dari hasil kesimpulan di atas dapat menjadi rekomendasi dalam penyusunan stasiun kerja yang lebih baik secara ergonomis. Berikut rekomendasi dari hasil penelitian ini.

1. Apabila memungkinkan, penyesuaian ketinggian tempat kerja sebaiknya dilakukan dengan perubahan ketinggian meja kerjanya saja, sehingga tidak perlu adanya penambahan atau perubahan tangga. Hal ini dikarenakan rekomendasi perbaikan ketinggian tempat kerja dengan cara ini sulit dilakukan pada luas area kerja yang sempit dan terkadang dirasakan sedikit mengganggu.
2. Untuk kondisi seperti dalam penelitian ini, di mana ketinggian tempat kerja dipengaruhi pula oleh volume isi tangki yang telah disesuaikan dengan kebutuhan produksi sehingga terdapat batasan tertentu dalam perubahan ketinggiannya. Apabila memungkinkan, penyesuaian ketinggian tempat kerja juga dapat dilakukan dengan perubahan ketinggian permukaan lantai tempat stasiun kerja itu berada. Ketinggian permukaan lantai tempat stasiun kerja tersebut berada dapat dibuat lebih rendah dari permukaan lantai disekitarnya, sehingga ketinggian tempat kerja yang diinginkan dapat diperoleh. Perbaikan dengan cara ini dapat dilakukan apabila tidak terdapat pipa-pipa saluran yang akan terganggu apabila perubahan ketinggian permukaan lantai dilakukan.
3. Berdasarkan perhitungan RWL yang telah dilakukan, sebaiknya berat maksimum ukuran kemasan material adalah 10 kg.
4. Ketika melakukan pekerjaan yang sifatnya mengangkat sebaiknya posisi benda yang diangkat didekatkan sedapat mungkin dengan batang tubuh (*trunk*) dan tidak membentuk sudut lebih condong ke kanan ataupun ke kiri.
5. Posisi sedikit berjongkok lebih baik dibandingkan harus membungkuk, karena dengan posisi berjongkok, beban yang diangkat lebih terdistribusi secara merata dan tidak terlalu menekan punggung bagian bawah.
6. Rangkaian pekerjaan sebaiknya meminimalisir gerakan memutar pada pinggang, yaitu dengan meletakkan peralatan kerja sedekat mungkin dengan tubuh.
7. Yang tidak kalah pentingnya adalah secara frekuentif (berkala), sebaiknya pekerja melakukan istirahat selama 5 detik dengan melakukan peregangan, dan pengambilan nafas yang baik setidaknya sekali setiap 15 menit.

DAFTAR REFERENSI

- 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.
- D. Colombini, E. Occhipinti, G. Molteni and A. Griec. *Evaluation of Work Chairs, Research Unit "Ergonomics of Posture and Movement" EPM*. Milan, Italy.
- Di Gironimo, G., Martorelli, M., Monacelli, & G., Vaudo, G. (2001). Using of Virtual Mock-Up for Ergonomic Design. *In: Proceed of The 7th International Conference on "The Role of Experimentation in the Automotive Product Development Process" – ATA 2001, Florence*.
- Di Gironimo, G., Monacelia, G., Patalano, S. (2004). A Design Methodology for Maintainability of Automotive Components in Virtual Environment. *International Design Conference - Design 2004*
- Gen. (2010). Industri Makanan Minuman Berperan Kuat Terhadap Ekonomi. 21 April 2010. <http://www.riapos.com/berita.php?act=full&id=5795&kat=1>
- Helander, Martin. (2006). *A guide to human factors and ergonomics* (2nd ed.). London: Taylor & Francis e-Library.
- Hidayat, Taufik. (2008). Adu Strategi di Pasar Es Krim. 21 April 2010. <http://202.59.162.82/swamajalah/praktik/details.php?cid=1&id=7529>
- Kalawsky, R. (1993). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Cambridge: Addison-Wesley Publishing Company.
- Karwowski, Waldemar. (2006). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors Volume 1*. Kentucky: CRC Press.
- Keyserling, W. M. (2004). OWAS: An Observational Approach to Posture Analysis. The University of Michigan.

- Määttä, T. (2003). *Virtual Environment in Machinery Safety Analysis*. Finlandia: VTT Technical Research Centre of Finland.
- Niebel, Benjamin W., & Freivalds, Andris. (2003). *Methods, Standards, and Work Design*. New York: McGraw-Hill.
- NIOSH. (1998). *NIOSH Document, Applications Manual for the Revised NIOSH Lifting Equation, NIOSH Publication Number 94-110*.
- Openshaw, Scott and Erin Taylor. (2006). *Ergonomics and Design: A Reference Guide Handbook*. Allsteel Inc.
- Rahayu, Heni. (2009, 6 Maret). Ekonomi Dunia Semakin Kelam. *Media Indonesia* hal. 15.
- Sanders, S, Mark and Ernest J McCormick. (1993). *Human Factor in Engineering and Desain*. Singapore: McGraw-Hill Inc.
- Suma'mur, P.K. (1982). *Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja*. Jakarta: Yayasan Swabhawa Karya.
- Sutalaksana. (1982). *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: KMTI ITB
- Tarwaka, Bakri, Solichul, HA. Sudiajeng, Lilik. (2004). *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. UNIBA Press.
- 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>
- Siemens PLM Software Inc. (2008). *Jack user manual version 6.0*. California: Author.
- Siemens PLM Software Inc. (2008). *Jack task analysis toolkit (TAT) training manual*. California: Author.
- Wilson, J.R. (1999). Virtual Environments and Applied Ergonomics.” *Applied Ergonomics* 30.
- Zeltzer, D. (1992). *Autonomy, Interaction and Presence*. Presence, 1(1).