

NO. DOK: 4503

Copy: 1

D  
658.5  
Har.  
U.

**USULAN PENINGKATAN BATAS BERAT BEBAN KERJA  
YANG DIREKOMENDASIKAN (*RECOMMENDED WEIGHT  
LIMIT*) PADA PROSES *BUILDING* LAPISAN ATAS BAN (*TOP  
TREAD*) TL 98 DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA**

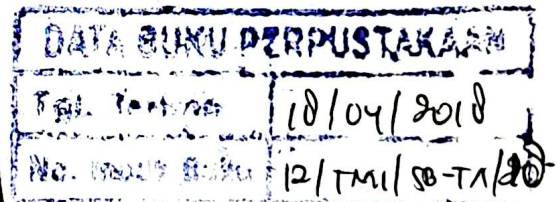
**TUGAS AKHIR/SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Penyelesaian Program Diploma IV  
Program Studi Teknik dan Manajemen Industri pada  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri**

**OLEH :**

**NAMA : ERNITA RIZKI HARDIYAN**

**NIM : 1109060**



**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I  
JAKARTA  
2015**

**SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI**

**TANDA PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING**

**JUDUL TUGAS AKHIR :**

**“USULAN PENINGKATAN BATAS BERAT BEBAN YANG  
DIREKOMENDASIKAN (*RECOMMENDED WEIGHT LIMIT*) PADA  
PROSES *BUILDING* LAPISAN ATAS BAN (*TOP TREAD*) TL 98 DI PT  
BRIDGESTONE TIRE INDONESIA”**

**DISUSUN OLEH :**  
**NAMA : ERNITA RIZKI HARDIYAN**  
**NIM : 1109060**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI**

**Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diajukan dan  
Dipertahankan Dalam Ujian Tugas Akhir  
Sekolah Tinggi Manajemen Industri**

**Jakarta, Juli 2015**

**Dosen Pembimbing**



**DR. Hendrastuti Hendro, MT**

**NIP : 195410301989032001**

SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL TUGAS AKHIR : USULAN PENINGKATAN BATAS BERAT  
BEBAN KERJA YANG  
DIREKOMENDASIKAN (*RECOMMENDED  
WEIGHT LIMIT*) PADA PROSES *BUILDING*  
LAPISAN ATAS BAN (*TOP TREAD*) TL 98  
DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA

DISUSUN OLEH :  
NAMA : ERNITA RIZKI HARDIYAN  
NIM : 1109060  
PROGRAM STUDI : D-IV TEKNIK DAN MANAJEMEN  
INDUSTRI

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Sekolah Tinggi Manajemen  
Industri pada Selasa, 10 November 2015.

Jakarta, November 2015

Penguji 1,



(Juhari Masudi, SMI., MM.)

Penguji 2,



(Dr. Hendrastuti Hendro, MT.)

Penguji 3,



(Dr. Mustofa, ST., MT.)

Penguji 4,



(Dewi Auditya Marizka, ST., MT.)



**LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR**

Nama : ERNITA RIZKI HARDIYAN  
 NIM : 1109060  
 Judul TA : USULAN PENINGKATAN BATAS BERAT BEBAN YANG DIREKOMENDASIKAN (RECOMMENDED WEIGHT LIMIT) PADA PROSES BUILDING LAPISAN ATAS BAN (TOP TREAD) TL 98 DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA  
 Pembimbing : DR. HENDRASTUTI HENDRO, MT  
 Asisten Pembimbing : \_\_\_\_\_

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
27 Maret 2015	Proposal	Ok!	<i>[Signature]</i>
3 April 2015	Gantt Chart	Ok!	<i>[Signature]</i>
20 April 2015	Bab 1	Perbaiki!	<i>[Signature]</i>
4 April 2015	Bab 1	Ok!	<i>[Signature]</i>
30 April 2015	Bab 4 (Draft)	Perbaiki!	<i>[Signature]</i>
30 April 2015	Bab 1	Ok!	<i>[Signature]</i>
3 Mei 2015	Bab 4 (Draft)	Ok!	<i>[Signature]</i>
8 Mei 2015	Bab 2	} Perbaiki!	<i>[Signature]</i>
8 Mei 2015	Bab 3		<i>[Signature]</i>
5 Mei 2015	Bab 2	Ok!	<i>[Signature]</i>
5 Mei 2015	Bab 3	Perbaiki!	<i>[Signature]</i>
Juni 2015	Bab 3	Ok!	<i>[Signature]</i>
Juni 2015	Bab 4	Perbaiki!	<i>[Signature]</i>
7 Juni 2015	Bab 4	Ok!	<i>[Signature]</i>
7 Juni 2015	Bab 5	Perbaiki!	<i>[Signature]</i>
1 Juli 2015	Bab 5	Ok!	<i>[Signature]</i>
3 Juli 2015	Bab 6	Ok!	<i>[Signature]</i>
7 Juli 2015	Abstrak- Bab 6	Ok!	<i>[Signature]</i>

Mengetahui,  
Ka Prodi

*[Signature]*  
 : MUSTOFA, ST., MT  
 IP 197009242003121001

Pembimbing

*[Signature]*  
 Dr. HENDRASTUTI HENDRO, MT  
 NIP : 195710301989032001



## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ermita Rizki Hardiyan

NIM : 1109060

Berstatus sebagai mahasiswa jurusan Program Studi Teknik dan Manajemen Industri di Sekolah Tinggi Manajemen Industri Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul **“USULAN PENINGKATAN BATAS BERAT BEBAN YANG DIREKOMENDASIKAN (*RECOMMENDED WEIGHT LIMIT*) PADA PROSES BUILDING LAPISAN ATAS BAN (*TOP TREAD*) TL 98 DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA”**.

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, assistensi dengan dosen pembimbing maupun asisten dosen pembimbing, serta buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan diatas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, Juli 2015

METERAI  
TAMBAH  
78290001610081  
(Ermita Rizki Hardiyan) (DJP)

## ABSTRAK

PT Bridgestone Tire Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak di industri manufaktur bidang pembuatan ban kendaraan. Salah satu produk yang dibuat oleh PT BSIN adalah ban setengah jadi (*green tire*). Proses produksi ban setengah jadi dilakukan di proses *building*. Proses *building* dibagi melalui tiga tahap yaitu proses *building bando*, proses *building* lapisan atas ban (*top tread*), dan proses *building* ban setengah jadi. Permasalahan yang terjadi pada proses *building* lapisan atas ban yaitu frekuensi pemindahan bahan yang terlalu sering dan banyaknya keluhan sakit pada bagian tubuh operator. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis beban kerja operator dengan menggunakan metode analisis pekerjaan pengangkatan tunggal (*single task lifting job analysis*) dan analisis pekerjaan pengangkatan berulang (*multi task lifting job analysis*). Untuk mengetahui keluhan kerja operator dapat dilakukan dengan menggunakan kuesioner *Nordic Body Map*. Hasil dari kuesioner *Nordic Body Map* didapatkan 11 keluhan kerja yaitu pada bagian tubuh punggung bawah, bahu kanan dan kiri, pergelangan tangan kanan dan kiri, dan lain-lain. Nilai RWL maupun FIRWL sebelum perbaikan < berat material, dan terdapat 4 nilai LI maupun FILI < 1. Untuk mengatasi hal tersebut dibutuhkan alat bantu, yaitu berupa meja troli. Meja troli yang digunakan memiliki ukuran tinggi 100 cm, lebar 40 cm dan panjang 54 cm. Kemudian menghitung batas beban kerja setelah perbaikan. Penelitian ini menghasilkan peningkatan nilai RWL maupun FIRWL, dan penurunan nilai LI maupun FILI menjadi <1. Total *material* setelah perbaikan yang mengalami peningkatan nilai FIRWL, RWL dan penurunan nilai LI dan FILI menjadi <1 sebanyak 24 unit.

Kata Kunci: *Manual Material Handling*, *Nordic Body Map*, RWL, FIRWL, LI, FILI.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “**USULAN PENINGKATAN BATAS BERAT BEBAN YANG DIREKOMENDASIKAN (*RECOMMENDED WEIGHT LIMIT*) PADA PROSES *BUILDING* LAPISAN ATAS BAN (*TOP TREAD*) TL 98 DI PT BRIDGESTONE TIRE INDONESIA**”. Tidak lupa terima kasih pula kepada kedua orang tua, Ibu Faridatin dan Bapak Supriyadi yang selalu mendukung baik moril maupun materil, doa dan nasehat. Tak lupa juga untuk kedua adik penulis David Kusuma Hardian dan Marcelina Putri Hardian yang selalu mendukung dan memberi semangat.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan pemenuhan salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan Program Studi D-IV di Sekolah Tinggi Manajemen Industri (STMI) Kementerian Perindustrian RI, Program Studi Teknik dan Manajemen Industri. Penelitian ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat memahami masalah yang nyata pada perusahaan baik perusahaan industri maupun jasa.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Laporan Kerja Lapangan ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan terutama kepada:

- Bapak Drs. Achmad Zawawi, MA, MM. selaku Ketua Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Kementerian Perindustrian RI.
- Ibu Indah Kurnia Mahasih Lianny, ST., MT selaku Pembantu Ketua I di Sekolah Tinggi Manajemen Industri.
- Bapak Dr. Mustofa, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik dan Manajemen Industri.

- Ibu DR. Hendrastuti Hendro, MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan petunjuk serta saran-saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Ibu Siti Aisyah, ST., MT selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan serta penjelasan yang berhubungan dengan masalah akademik.
- Mas Danis dan Mas Aldino sebagai pembimbing lapangan penyusun di PT Bridgestone Tire Indonesia yang telah memberikan banyak informasi dalam pelaksanaan penelitian ini.
- Pak Deden dan seluruh karyawan *Industrial Engineering (IE)*, serta produksi *extruding, building* dan *Raw Material House* PT Bridgestone Tire Indonesia sudah memberikan bimbingan, motivasi, bantuan dan lingkungan kekeluargaan pada saat melakukan penelitian.
- Sahabat penulis Gelang Gapuro Adi, Fitri Fadilah, Anindya Prasetyo dan teman-teman IPA 1 yang selalu memberikan semangat, doa, kebahagiaan, dukungan dan kebersamaannya.
- Seluruh teman-teman di kampus STMI, terutama TMI angkatan 2009 khususnya untuk sahabat-sahabat penulis yaitu Siti Maya Sarah, Priyo Adi Nugroho, Regina Vayu Fionita, Evi Sisilia, Ari Anugrah, Hardian Roma Pardamean, Nurahgutomo, Maria Bela, Caturtha Kenar, Ahsya Darmadhan, Adistia Ramadhoni, Agil Muhammad Sani atas kebersamaan, kebahagiaan, semangat, doa dan dukungannya.

Dengan segala kemampuan dan keterbatasan, penulis menyadari segala kekurangan yang dalam penulisan, karena itu penulis sangat mengharapkan segala kritik atau saran yang dapat membangun dari semua pihak. Dan juga berharap penulisan ini dapat berguna bagi diri pribadi maupun pihak-pihak lain yang membacanya.

Jakarta, Juli 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Persetujuan Dosen Pembimbing.....	ii
Lembar Bimbingan Tugas Akhir .....	iii
Lembar Pernyataan Keaslian .....	iv
Abstrak.....	v
Kata Pengantar.....	vi
Daftar Isi .....	vii
Daftar Tabel .....	x
Daftar Gambar .....	xii
Daftar Lampiran.....	xiii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4

### BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi.....	6
2.2 Pemindahan Bahan Secara <i>Manual</i> .....	8
2.2.1 Penanganan Resiko Kerja Pemindahan Bahan Secara <i>Manual</i> .....	9
2.2.2 Rekomendasi Batas Beban Kerja yang Diperbolehkan....	10
2.3 NIOSH <i>Lifting Guidelines</i> .....	13
2.3.1 <i>Single Task Lifting Job Analysis</i> (Analisis Pekerjaan Pengangkatan Tunggal).....	13
2.3.2 <i>Lifting Index</i> (LI).....	17

2.3.3	<i>Multitask Lifting Job Analysis</i> (Analisis Pekerjaan Pengangkatan Berulang .....	18
2.4	Antropometri .....	19
2.4.1	Dimensi Antropometri .....	21
2.4.2	Aplikasi Distribusi Normal Dalam Antropometri.....	23
2.5	<i>Nordic Body Map</i> .....	26
2.6	Uji Statistik .....	28
2.6.1	Uji Kecukupan Data.....	28
2.6.2	Uji Keseragaman Data .....	28
2.6.3	Uji Kenormalan Data .....	29
2.6.4	Penelitian Terdahulu .....	31

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Jenis Data .....	33
3.1.1	Data Primer .....	33
3.1.2	Data Sekunder .....	33
3.2	Sumber Data.....	33
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	34
3.4	Teknik Analisis .....	35
3.4.1	Penelitian Pendahuluan .....	35
3.4.2	Perumusan Masalah .....	35
3.4.3	Studi Pustaka.....	35
3.4.4	Tujuan Penelitian .....	35
3.4.5	Pengumpulan Data .....	35
3.4.6	Pengolahan Data .....	36
3.4.7	Analisis dan Pembahasan.....	37
3.4.8	Kesimpulan dan Saran .....	37

### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1	Pengumpulan Data .....	40
4.1.1	Sejarah Perusahaan .....	40
4.1.2	Ketenagakerjaan dan Kesejahteraan Karyawan .....	41
4.1.3	Kebijakan dan Misi Perusahaan .....	43

4.1.4	Struktur Organisasi dan Uraian Jabatan.....	45
4.1.5	Proses Produksi <i>Building</i> Lapisan Atas Ban ( <i>Top Tread</i> ) .....	46
4.1.6	Kondisi Lingkungan Kerja Proses <i>Building</i> Lapisan Atas Ban .....	47
4.1.7	Berat Rata – Rata Produk Lapisan Atas Ban TL 98 .....	47
4.1.8	Keluhan Para Pekerja .....	49
4.1.9	Penentuan Batas Beban Kerja (RWL) .....	50
4.1.10	Pengukuran Data Antropometri .....	54
4.2	Pengolahan Data .....	54
4.2.1	Pengolahan Data Keluhan Kerja dengan Menggunakan Kuesioner NBM .....	54
4.2.2	Batas Beban Kerja yang Direkomendasikan Sebelum Perbaikan.....	56
4.2.3	Perhitungan Persentil .....	64
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>		
5.1	Analisis Kondisi Kerja Proses <i>Building</i> Lapisan Atas Ban .....	65
5.2	Analisis Keluhan Kerja .....	66
5.3	Analisis RWL Sebelum Perbaikan.....	68
5.4	Analisis Data Antropometri .....	70
5.5	Usulan Perancangan <i>Material Handling</i> .....	71
5.6	Analisis Usulan Perbaikan .....	75
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
6.1	Kesimpulan .....	93
6.2	Saran .....	94
DAFTAR PUSTAKA .....		95
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tindakan yang Harus Dilakukan Sesuai Dengan Batas Angkatan .....	11
Tabel 2.2	Tindakan yang Harus Dilakukan Sesuai Dengan Batas Angkat.....	12
Tabel 2.3	<i>Frequency Multiplier</i> .....	16
Tabel 2.4	<i>Coupling Multiplier</i> .....	17
Tabel 2.5	Jenis Persentil dan Cara Perhitungan Dalam Distribusi Normal .....	24
Tabel 4.1	Waktu Kerja PT Bridgestone Tire Indonesia.....	42
Tabel 4.2	Peta Aliran Proses <i>Building</i> Lapisan Atas Ban.....	47
Tabel 4.3	Berat Produk Lapisan Atas Ban.....	48
Tabel 4.4	Hasil Rekapitulasi Kuesioner <i>Nordic Body Map</i> Dari 3 Orang Operator Proses <i>Building</i> Lapisan Atas Ban.....	49
Tabel 4.5	Ketinggian Antar Penampang Pada Tempat Penyimpanan Lapisan Atas Ban .....	51
Tabel 4.6	Pengumpulan Data Sebelum Perbaikan .....	52
Tabel 4.7	Data Antropometri 3 Operator (cm) .....	54
Tabel 4.8	Rekapitulasi Nilai Keluhan 3 Operator Proses <i>Building</i> Lapisan Atas Ban .....	54
Tabel 4.9	RWL dan LI Posisi Awal Sebelum Perbaikan.....	57
Tabel 4.10	RWL dan LI Posisi Akhir Sebelum Perbaikan .....	60
Tabel 4.11	Perhitungan Standar Deviasi Untuk Jenis Pengukuran Lebar Bahu.....	62
Tabel 4.12	Data Persentil 3 Operator (cm) .....	63
Tabel 5.1	Keluhan Kerja Operator.....	67
Tabel 5.2	Rekapitulasi Perhitungan RWL dan LI Posisi Awal dan Posisi Akhir.....	69
Tabel 5.3	Rekapitulasi Jarak Horizontal dan Ketinggian Vertikal Posisi Awal dan Posisi Akhir.....	75

Tabel 5.4	FIRWL dan FILI Posisi Awal Setelah Perbaikan.....	77
Tabel 5.5	FIRWL dan FILI Posisi Akhir Setelah Perbaikan .....	80
Tabel 5.6	Rekapitulasi FIRWL, FILI, RWL, LI Sebelum dan Sesudah Perbaikan Posisi Awal dan Akhir.....	81
Tabel 5.7	Perubahan Ketinggian Vertikal dan Horizontal.....	83
Tabel 5.8	FIRWL dan FILI Posisi Awal dari Daisha .....	85
Tabel 5.9	FIRWL dan FILI Posisi Akhir dari Daisha.....	88
Tabel 5.10	Rekapitulasi FIRWL dan FILI.....	90

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Representasi Pengangkatan .....	14
Gambar 2.2	Antropometri Untuk Perancangan Produk / Fasilitas.....	22
Gambar 2.3	Distribusi Normal Dengan Data Antropometri .....	24
Gambar 2.4	<i>Nordic Body Map</i> .....	27
Gambar 2.5	Kotak Dialog <i>Kolmogorov-Smirnov</i> .....	30
Gambar 2.6	Grafik Hasil Uji Kenormalan Data <i>Kolmogorov-Smirnov</i> .....	31
Gambar 3.1	Kerangka Berfikir Pemecahan Masalah.....	39
Gambar 4.1	Struktur Organisasi dan Uraian Jabatan .....	45
Gambar 4.2	Representasi Pengangkatan <i>Material</i> .....	51
Gambar 4.2	RWL dan LI Posisi Awal Sebelum Perbaikan .....	55
Gambar 4.3	RWL dan LI Posisi Akhir Sebelum Perbaikan.....	59
Gambar 5.1	Diagram <i>Fishbone</i> Penyebab Ketidaknyamanan.....	66
Gambar 5.2	Lapisan Atas Ban ( <i>Top Tread</i> ) TL 98 .....	72
Gambar 5.3	Desain Usulan Meja Troli.....	73
Gambar 5.4	Tampak Atas Meja Troli.....	74
Gambar 5.5	Tampak Depan Meja Troli .....	74
Gambar 5.6	Layout Proses <i>Building</i> Lapisan Atas Ban Sebelum Perbaikan .....	92
Gambar 5.7	Layout Proses <i>Building</i> Lapisan Atas Ban Setelah Perbaikan .....	92

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Kuesioner *Nordic Body Map*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pemindahan bahan adalah salah satu aktivitas yang sangat penting dalam suatu proses produksi. Suatu perusahaan dapat mengeluarkan biaya yang sangat besar untuk pemindahan bahan, baik secara *manual* maupun yang sudah diotomasi. Salah satu penyebabnya yaitu biaya yang harus dikeluarkan untuk pekerja. Pemindahan bahan secara *manual* dapat meningkatkan resiko cedera bagi para pelaku *material handling* jika tidak dilakukan dengan tepat. Selain itu, proses pemindahan bahan juga akan berpengaruh terhadap waktu proses produksi. Jarak maupun metode yang digunakan untuk pemindahan bahan, akan berpengaruh secara signifikan terhadap waktu keseluruhan produksi.

PT Bridgestone Tire Indonesia (BSIN) merupakan perusahaan yang bergerak di industri manufaktur bidang pembuatan ban kendaraan. PT BSIN masih tetap dipercaya oleh konsumen karena kualitas produk yang baik dan ketepatan waktu pengiriman. Hal ini dikarenakan perusahaan mengutamakan keamanan (*safety*) dan perbaikan berkelanjutan atau *kaizen* dalam setiap kegiatan produksi yang dilakukan. Salah satu produk yang diproduksi PT BSIN adalah ban setengah jadi (*green tire*), dimana dalam pembuatan ban setengah jadi membutuhkan suatu lapisan atas ban (*top tread*) untuk melapisi bagian permukaan ban. Lapisan atas ban yang dibutuhkan dalam proses pembuatan ban setengah jadi (*building green tire*) dipindahkan secara *manual* dari tempat penyimpanan ke mesin. Hal ini mengakibatkan kelelahan pada operator sehingga operator tidak dapat bekerja secara optimal dalam memenuhi target perusahaan.

Salah satu penyebab kelelahan pada operator yaitu dilakukannya pemindahan bahan lapisan atas ban (*top tread*) secara *manual*. *Material* yang dipindahkan memiliki berat yang cukup berat yaitu sebesar 17,5 kg, sehingga dalam satu siklus produksi akan terjadi pemindahan yang sering berulang. Untuk

mengatasi berat beban yang berlebihan, diusulkan adanya alat bantu kerja pemindahan bahan. Diharapkan dengan adanya alat bantu tersebut maka operator dapat melakukan pekerjaannya secara optimal, sesuai dengan ENASE (Efektif, Nyaman, Aman, Sehat, dan Efisen).

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT Bridgestone Tire Indonesia, maka dapat diidentifikasi masalah yang terdapat pada perusahaan. Adapun perumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi jumlah frekuensi pemindahan bahan lapisan atas ban pada proses *building* lapisan atas ban (*building top tread*) pada PT BSIN?
2. Bagaimana mendapatkan nilai batas berat beban kerja yang diterima oleh pekerja untuk kegiatan pengangkatan pada proses pemindahan bahan secara *manual* sebelum dan sesudah perbaikan?
3. Bagaimana usulan tindakan perbaikan pada kegiatan pemindahan bahan lapisan atas ban di PT BSIN?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Seperti pada permasalahan di atas, maka tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi jumlah frekuensi pemindahan bahan lapisan atas ban pada proses *building* lapisan atas ban (*top tread*) pada PT BSIN.
2. Mendapatkan nilai batas berat beban kerja (*Recommended Weight Limit/RWL*) yang diterima oleh operator untuk kegiatan pengangkatan dengan menggunakan metode RWL pada proses pemindahan bahan secara *manual* sebelum dan sesudah perbaikan.
3. Memberikan usulan tindakan perbaikan berupa desain alat bantu pemindahan bahan sebagai bentuk perbaikan dalam kegiatan pemindahan bahan lapisan atas ban.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Mengingat luasnya bidang penelitian ini, keterbatasan kemampuan peneliti, dan waktu yang tersedia, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada PT Bridgestone Tire Indonesia di Bekasi
2. Penelitian dilakukan pada proses pemindahan bahan secara manual untuk pekerjaan penyatuan lapisan atas ban (*building top tread*).
3. Pembahasan mengenai analisa teknik rancangan tidak membahas segi kandungan *material* yang akan digunakan dalam pembuatan alat bantu ini, serta kekuatan dan ketahanan alat bantu.
4. Produk yang diamati yaitu lapisan atas ban size TL 98.
5. Penelitian ini mempergunakan data permintaan produk lapisan atas ban size TL-98 pada bulan Mei 2014.
6. Penelitian ini tidak membahas masalah biaya.
7. Hasil perbaikan sistem kerja hanya berupa usulan saja, tidak sampai tahap uji coba.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan, diharapkan dapat sebagai masukan dalam memperbaiki sistem *material handling* yang ada.
2. Bagi peneliti, diharapkan untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang di dapat secara akademis dan mendapatkan tambahan wawasan mengenai dunia kerja secara langsung.
3. Bagi peneliti lain, diharapkan dapat sebagai pengayaan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik industri terutama dalam bidang *material handling*.

#### 1.4 Pembatasan Masalah

Mengingat luasnya bidang penelitian ini, keterbatasan kemampuan peneliti, dan waktu yang tersedia, maka dalam penelitian ini dilakukan pembatasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada PT Bridgestone Tire Indonesia di Bekasi
2. Penelitian dilakukan pada proses pemindahan bahan secara manual untuk pekerjaan penyatuan lapisan atas ban (*building top tread*).
3. Pembahasan mengenai analisa teknik rancangan tidak membahas segi kandungan *material* yang akan digunakan dalam pembuatan alat bantu ini, serta kekuatan dan ketahanan alat bantu.
4. Produk yang diamati yaitu lapisan atas ban size TL 98.
5. Penelitian ini mempergunakan data permintaan produk lapisan atas ban size TL-98 pada bulan Mei 2014.
6. Penelitian ini tidak membahas masalah biaya.
7. Hasil perbaikan sistem kerja hanya berupa usulan saja, tidak sampai tahap uji coba.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan, diharapkan dapat sebagai masukan dalam memperbaiki sistem *material handling* yang ada.
2. Bagi peneliti, diharapkan untuk mengaplikasikan ilmu-ilmu yang di dapat secara akademis dan mendapatkan tambahan wawasan mengenai dunia kerja secara langsung.
3. Bagi peneliti lain, diharapkan dapat sebagai pengayaan ilmu pengetahuan dalam bidang teknik industri terutama dalam bidang *material handling*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab dengan perincian sebagai berikut:

### **BAB I : Pendahuluan**

Bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II : Landasan teori**

Bab ini berisikan penjelasan tentang teori-teori yang yang berhubungan dengan pokok masalah dan tujuan penelitian. Teori yang dimaksud antara lain sistem kerja, ergonomi, pengukuran waktu kerja, peta kerja, uji statistik, dan penghitungan output standar.

### **BAB III : Metodologi Penelitian**

Bab ini berisikan langkah-langkah yang akan ditempuh untuk memecahkan permasalahan. Langkah-langkah tersebut terdiri dari studi lapangan dan studi pustaka, perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan data, pengolahan data, analisis hasil pengolahan data, kesimpulan dan saran.

### **BAB IV : Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Bab ini berisi uraian data-data yang berkaitan dengan masalah yang dibahas. Selanjutnya data tersebut diolah dengan metode-metode dan teknik sesuai dengan masalah dalam Laporan Tugas Akhir.

### **BAB V : Analisis dan Pembahasan**

Bab ini berisikan pembahasan dan analisis dari hasil pengumpulan dan pengolahan data.

## BAB VI : Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan pengolahan data dan analisis masalah. Dari hasil kesimpulan dapat diberikan saran-saran yang membangun sebagai perbaikan bagi perusahaan di masa yang akan datang.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Ergonomi

Istilah ergonomi berasal dari bahasa Yunani yaitu “*ergon*” yang berarti kerja dan “*nomos*” yang berarti aturan. Bila kedua kata ini disatukan dan dikaji secara harfiah maka akan didapatkan pengertian bahwa ergonomi adalah suatu ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan pekerjaannya.

Tarwaka (2004) menyatakan bahwa ergonomi adalah ilmu, seni, dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik.

Menurut Nurmianto (2008) ergonomi dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, engineering, manajemen dan desain/perancangan.

Jadi, ergonomi dapat disimpulkan sebagai suatu ilmu dan seni yang mempelajari lingkungan kerja, fasilitas, manusia serta hubungan keseimbangan antara manusia, mesin, dan lingkungan kerja agar tercapainya keefisienan dan keselamatan dalam menjalankan aktifitas pekerjaan.

Aplikasi ilmu ergonomi pada umumnya dikaitkan terhadap keselamatan kerja operator/manusia dalam mengoperasikan alat/mesin. Peran ergonomi dalam kehidupan sehari-hari dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. Peran ergonomi dalam perancangan produk.
2. Peran ergonomi dalam upaya meningkatkan keselamatan dan *hygiene* kerja.
3. Peran ergonomi dalam upaya meningkatkan produktivitas kerja.

Ketika ergonomi diimplementasikan 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):

- a. Ketidakefisiensian karena pekerja menghasilkan *output* yang tidak maksimal,
- b. Kelelahan akibat desain pekerjaan yang kurang baik,
- c. Insiden, cedera, dan kesalahan,
- d. Kesulitan yang dialami pekerja akibat kombinasi pekerjaan yang tidak sesuai sehingga interaksi yang terjadi akan tampak tidak alami dan tidak praktis, dan
- e. Kurang semangat dan kelesuan pekerja.

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

- a. 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 dibebani dengan berat tubuh dan stabil selama bekerja.

- b. 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.

- c. Tata letak tempat kerja

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

- d. 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.

Sutalaksana (1996) menyatakan bahwa ada lima macam bidang kajian ergonomi, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Faal Kerja yaitu bidang keilmuan yang mempelajari tentang energi manusia yang dihasilkan pada saat mengerjakan suatu pekerjaan. Adapun tujuannya adalah untuk merancang sistem kerja yang memiliki konsumsi energi yang terminimasi saat melakukan pekerjaan.
2. Antropometri yaitu bidang keilmuan yang mempelajari dimensi tubuh manusia. Tujuannya adalah sebagai dasar perancangan peralatan dan fasilitas yang cocok dengan penggunaannya.
3. Biomekanika yaitu bidang keilmuan yang mempelajari tentang mekanisme kerja berbagai organ fisik dari tubuh manusia, seperti otot rangka, saat melakukan suatu pekerjaan fisik.
4. Penginderaan yaitu keilmuan yang mempelajari tentang mekanisme dan permasalahan penginderaan manusia, mulai dari indera penglihatan, penciuman, pendengaran dan lain-lain.
5. Psikologi kerja yaitu bidang kajian ergonomi yang berkaitan dengan efek psikologis suatu pekerjaan terhadap pekerjanya, misalnya terjadi stress dan lain sebagainya.

## **2.2 Pemindahan Bahan Secara *Manual***

*Manual material handling* (MMH) dapat diartikan sebagai tugas pemindahan barang, aliran *material*, produk akhir atau benda-benda lain yang menggunakan manusia sebagai sumber tenaga. Selama ini pengertian MMH hanya sebatas pada kegiatan *lifting* dan *lowering* yang melihat aspek kekuatan vertikal. Padahal kegiatan MMH tidak terbatas pada kegiatan tersebut diatas, masih ada kegiatan *pushing* dan *pulling* di dalam kegiatan MMH. Kegiatan MMH menurut pendapat McCormick dan Sanders (1994) yang sering dilakukan oleh pekerja di dalam industri, yaitu:

1. Kegiatan pengangkatan benda (*lifting task*),
2. Kegiatan pengantaran benda (*caryying task*),
3. Kegiatan mendorong benda (*pushing task*), dan
4. Kegiatan menarik benda (*pulling task*).

Pemilihan manusia sebagai tenaga kerja dalam melakukan kegiatan penanganan *material* bukanlah tanpa sebab. Penanganan *material* secara manual memiliki beberapa keuntungan sebagai berikut :

1. Fleksibel dalam gerakan sehingga memberikan kemudahan pemindahan beban pada ruang terbatas dan pekerjaan yang tidak beraturan
2. Untuk beban ringan akan lebih murah bila dibandingkan menggunakan mesin.
3. Tidak semua *material* dapat dipindahkan dengan alat.

#### 2.2.1 Penanganan Resiko Kerja Pemindahan Bahan Secara *Manual*

Kondisi berbahaya yang diakibatkan oleh sikap kerja *manual material handling* yang tidak tepat tentunya harus dicegah dan ditangani dengan baik. Penanganan dan pencegahan akan lebih mudah dilakukan setelah mengetahui faktor resiko dari *manual material handling* diatas.

Ada enam prosedur umum penanganan resiko kecelakaan/cedera akibat tindakan *manual material handling* yang tidak tepat (NIOSH, 1981), yaitu:

1. Identifikasi pekerjaan dengan kejadian yang menyebabkan cedera *musculoskeletal* tinggi dan rata-rata kepelikan tinggi dengan analisa statistik dari data medis.
2. Observasi pekerjaan yang dicurigai dan untuk tiap beban yang akan diangkat harus diketahui berat serta metode pengangkatan.
3. Mengembangkan pengendalian keteknikan dengan peralatan *manual handling*, mengemas ulang beban dalam berat yang lebih ringan, mengatur ulang area kerja.
4. Mengajukan pengendalian administratif. Hal yang dapat dilakukan adalah dengan menambah pekerja untuk mengurangi frekuensi pengangkatan, melakukan penjadwalan kerja, mengembangkan pelatihan untuk mensosialisasikan teknik pengangkatan yang tepat, serta meningkat kan prosedur seleksi dan penempatan pekerja dengan lebih baik.

### 2.2.2 Rekomendasi Batas Beban Yang Diperbolehkan Diangkat

Batasan angkat ini dapat membantu untuk mengurangi rasa nyeri, ngilu pada tulang belakang bagi para wanita (*back injuries incidence to woman*). Batasan angkat ini akan mengurangi ketidaknyamanan kerja pada tulang belakang, terutama bagi operator yang bekerja berat. Pendekatan terhadap batasan dari masa beban yang akan diangkut meliputi:

1. Batasan Biomekanika (*Biomechanical Limitations*)
2. Batasan Fisiologi (*Physiological Limitations*)
3. Batasan Psiko-fisik (*Psyho-physical Limitations*)

Penjelasan dari beberapa pendekatan tersebut di atas adalah sebagai berikut:

#### a. Batasan Legal (*Legal Limitations*)

Dalam rangka untuk menciptakan suasana kerja yang aman dan sehat maka perlu adanya suatu batasan angkat untuk operator. Berikut ini dijelaskan beberapa batasan angkat secara legal dari berbagai Negara bagian benua Australia yang dipakai untuk industri. Batasan angkat ini dipakai sebagai batasan angkat secara internasional (Nurmianto, 2008). Batasan angkat tersebut, yaitu:

1. Pria dibawah usia 16 tahun, maksimum angkat adalah 14 kg.
2. Pria usia 16 – 18 tahun, maksimum angkat 18 kg.
3. Pria usia lebih dari 18 tahun, tidak ada batasan angkat.
4. Wanita usia 16 – 18 tahun, maksimum angkat 11 kg.
5. Wanita usia lebih dari 18 tahun, maksimum angkat 16 kg

Rekomendasi yang dibuat oleh komisi keselamatan dan kesehatan (*The Health and Safety Commissions*) di Inggris pada tahun 1982 seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tindakan yang harus dilakukan sesuai dengan batas angkatan

BATASAN ANGKAT (Kg)	TINDAKAN
Dibawah 16	Tidak ada tindakan khusus yang perlu diabaikan
16 – 34	Prosedur administratif dibutuhkan untuk mengidentifikasi ketidakmampuan seseorang dalam mengangkat beban tanpa menanggung resiko yang berbahaya kecuali dengan perantara alat bantu tertentu
34 – 55	Operator terpilih dan terlatih, menggunakan sistem pemindahan <i>material</i> secara terlatih. Harus dipengawasan superviso.
Diatas 55	Harus memakai peralatan teknis, operator yang terlatih dan terpilih pernah mengikuti pelatihan kesehatan dan keselamatan kerja dalam industri, dan harus dibawah pengawasan ketat

(Sumber: Nurmianto, 2008)

Berikutnya lembaga the *National Occupational Health and Safety Commission (Worksafe Australia)* pada bulan Desember 1986 membuat peraturan untuk pemindahan *material* secara aman. Dokumen tersebut memberikan batasan untuk tindakan bagi batasan angkat ideal sebagai berikut:

Tabel 2.2 Tindakan yang harus Dilakukan Sesuai Dengan Batas Angkat

Level	Batas Angkat (Kg)	Tindakan
1	Dibawah 16	Tidak diperlukan tindakan khusus
2	16 - 34	Tidak diperlukan alat dalam mengangkat Ditekankan pada metode angkat
3	34 - 50	Tidak diperlukan alat dalam mengangkat Dipilih <i>job redesign</i>
4	Diatas 50	Harus dibantu dengan peralatan mekanis

(Sumber : *Worksafe Australia*, 1986 dalam Nurmianto, 2008)

b. Batasan angkat secara fisiologi,

Metode pengangkatan ini dengan mempertimbangkan rata-rata beban metabolisme dari aktivitas angkat yang berulang (*repetitive lifting*), sebagaimana dapat juga ditemukan jumlah konsumsi oksigen. Hal ini haruslah benar-benar diperhatikan terutama dalam rangka untuk menentukan batas angkat. Kelelahan kerja yang terjadi dari aktifitas yang berulang-ulang akan meningkatkan resiko rasa nyeri pada tulang belakang (*back injures*). Menurut Stevenson, (1987) dalam Nurmianto (2008) menyatakan bahwa aktivitas yang berulang-ulang dapat menyebabkan trauma kumulatif.

c. Batasan angkat secara psiko-fisik,

Metode ini berdasarkan pada sejumlah eksperimen yang berbahaya untuk mendapatkan berat pada berbagai keadaan dan ketinggian yang berbeda-beda.

Ada tiga kategori posisi angkat yang didapat, yaitu:

1. Permukaan lantai ke ketinggian tangan ke ketinggian bahu (*shoulder height*).
2. Ketinggian bahu ke maksimum jangkauan tangan (vertikal).
3. Genggaman tangan (*knuckle height*).

### 2.3 NIOSH *Lifting Guidelines*

Sebuah lembaga yang menangani masalah kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika, NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*), melakukan analisis terhadap kekuatan manusia dalam mengangkat atau memindahkan beban, dan merekomendasikan batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menimbulkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara berulang-ulang dalam jangka waktu yang cukup lama. NIOSH tahun 1991 dalam Niebel (2003) merekomendasikan formulasi persamaan pembebanan atau *lifting equation*, outputnya berupa *Recommended Weight Limit (RWL)*, yang merupakan kondisi pembebanan tanpa menimbulkan resiko cedera terutama cedera tulang belakang (*back pain*). Cedera tulang belakang terjadi akibat pembebanan yang dilakukan oleh pekerja normal secara berulang-ulang dan dalam periode waktu tertentu.

Ada 2 macam perhitungan *Recommended Weight Limit (RWL)* yaitu *single task lifting job analysis* dan *multi task lifting job analysis*. Kedua kondisi tersebut dipakai tergantung pada kondisi kerjanya.

#### 2.3.1 *Single Task Lifting Job Analysis* (Analisis Pekerjaan Pengangkatan Tunggal).

Analisis pekerjaan pengangkatan tunggal adalah metode yang digunakan untuk perhitungan *RWL* pada kondisi pengangkatan yang tidak berulang dan jarak pengangkatannya tidak berubah-ubah baik vertikal maupun horisontal. *RWL* merupakan nilai beban yang direkomendasikan untuk diangkat oleh seorang pekerja pada saat melakukan kegiatan pengangkatan beban yang dapat dilihat pada Gambar 2.1. Persamaan yang digunakan dalam metode *single task lifting job analysis* adalah sebagai berikut:

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \dots\dots\dots(\text{pers 1})$$

Keterangan :

*RWL* = Batas berat beban yang direkomendasikan.

LC = Beban konstan

H = Jarak horizontal antara titik tengah mata kaki dengan proyeksi titik tengah benda. (Gambar 2.1).

HM = Faktor pengali horizontal

V = Jarak vertikal antara telapak tangan dengan lantai. (Gambar 2.1).

VM = Faktor pengali vertikal.

D = Jarak perpindahan vertikal antara titik asal dengan titik tujuan. (Gambar 2.1).

DM = Faktor pengali jarak.

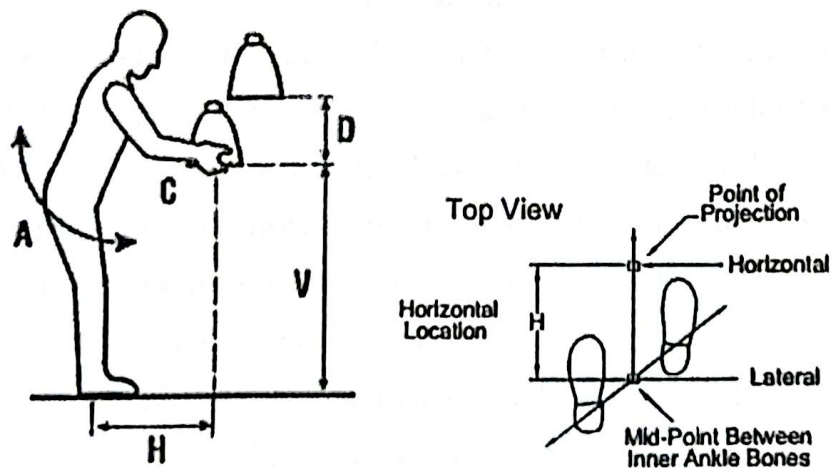
A = Sudut puntir. (Gambar 2.1)

AM = Faktor pengali asimetri.

FM = Faktor pengali frekuensi. (Tabel 2.3).

CM = Faktor pengali kopling. (Tabel 2.4).

RWL memberikan suatu batasan beban yang dapat diangkat dalam waktu sampai dengan 8 jam. Dan tentu saja tanpa terjadinya resiko sakit punggung akibat aktifitas tersebut. Representasi pengangkatan yang berhubungan dengan sudut puntir (A), jarak horizontal (H), jarak vertikal (V), jarak perpindahan vertical (D) dapat dilihat dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Representasi pengangkatan

(Sumber: Nurmianto, 2008)

Beban konstan pada persamaan (1) adalah sebesar 23 kg atau setara 51 lbs. Berat tersebut didapatkan dari rekomendasi untuk pengangkatan pada lokasi standar. Lokasi standar adalah dimana pada posisi diam 76 cm dari lantai dan berjarak 25 cm dari titik tengah antara mata kaki, dan pada posisi optimal.

Faktor pengali horizontal ditentukan dari jarak horizontal dari titik tengah antara mata kaki dan titik tengah hasil proyeksi titik tengah pegangan kedua tangan ke lantai. Untuk mendapatkan HM dapat menggunakan persamaan berikut:

$$HM = \frac{10}{H} \text{ untuk inci}$$

$$HM = \frac{25}{H} \text{ untuk cm}$$

Sedangkan faktor pengali vertikal didapatkan dari hasil pengukuran jarak vertikal dari lantai sampai dengan titik tengah diantara kedua tangan. Persamaan untuk mendapatkan VM adalah sebagai berikut :

$$VM = 1 - 0,0075|V-30| \text{ untuk inci}$$

$$VM = 1 - 0,003 |V-75| \text{ untuk cm}$$

Faktor pengali jarak atau DM merupakan jarak vertikal perpindahan kedua tangan dari posisi awal sampai ke tujuan. Batas yang ditentukan adalah 0-175 cm. Faktor pengali ini dirumuskan dengan:

$$DM = 0,82 + 1,8D \text{ untuk inci}$$

$$DM = 0,82 + 4,5D \text{ untuk cm}$$

Faktor pengali asimetris dirumuskan dengan:

$$AM = 1 - (0,0032 \times A)$$



Faktor pengali frekuensi ditentukan berdasarkan banyaknya pengangkatan per menit (frekuensi), lamanya waktu untuk aktivitas pengangkatan (durasi), dan jarak vertikal pengangkatan dari lantai. Frekuensi pengangkatan dihitung dari rata-rata pengangkatan yang dilakukan per menit selama rentang waktu 15 menit.

- a. Pekerjaan digolongkan dalam durasi singkat bila dilakukan selama 1 jam atau kurang, lalu diikuti waktu istirahat selama 1-2 kali waktu kerja.
- b. Pekerjaan digolongkan dalam durasi moderat bila dilakukan selama 1-2 jam, diikuti dengan waktu istirahat setidaknya 0.3 kali waktu kerja.
- c. Pekerjaan digolongkan dalam durasi panjang bila dilakukan selama 2-8 jam dengan kelonggaran istirahat standar.

Faktor pengali frekuensi dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 *Frequency Multiplier*

Frequency Lifts/min	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	1	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.8	0.8	0.6	0.6	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.5	0.5	0.27	0.27
7	0.7	0.7	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.6	0.6	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.3	0.3	0	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0	0.13
11	0.41	0.41	0	0.23	0	0
12	0.37	0.37	0	0.21	0	0
13	0	0.34	0	0	0	0
14	0	0.31	0	0	0	0
15	0	0.28	0	0	0	0
>15	0	0	0	0	0	0

(Sumber: Niebel, 1999)

Persamaan NIOSH membagi pemegangan berdasarkan kualitas pemegangan dan posisi vertikal beban, yaitu:

- a. Pemegangan yang baik (*GOOD*) berarti kontainer memiliki pegangan yang dirancang secara optimal.
- b. cukup (*FAIR*) berarti pegangan kurang optimal.
- c. buruk (*POOR*) berarti kontainer berdimensi besar, sulit ditangani, atau memiliki sudut tajam.

Faktor pengali kopling dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 *Coupling Multiplier*

Tipe <i>coupling</i>	Cm	
	V < 75 cm	V 75 cm
Baik (Good)	1,00	1,00
Sedang (Fair)	0,95	1,00
Jelek (Poor)	0,90	0,90

(Sumber: Niebel, 1999)

### 2.3.2 *Lifting Index* (LI)

*Lifting Index* (LI) menyatakan nilai estimasi relatif dari tingkat tegangan fisik dalam suatu kegiatan pengangkatan *manual*. Nilai estimasi tingkat tegangan fisik tersebut dinyatakan sebagai hasil bagi antara nilai beban-angkat (*load weight*) dengan nilai RWL hasil perhitungan. Jadi nilai persamaan (LI) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$LI = \frac{\text{Load Weight}}{\text{RWL}} = \frac{L}{\text{RWL}} \dots\dots\dots (\text{pers 2})$$

Interpretasi atas nilai LI:

- a. LI dapat digunakan untuk memprioritaskan perancangan ulang secara ergonomis dengan cara mengurutkan pekerjaan berdasarkan besaran LI.
- b. LI dapat digunakan untuk mengestimasi besaran relatif dari tekanan fisik suatu tugas.
- c. Tugas-tugas dengan nilai LI > 1.0 mengakibatkan peningkatan risiko cedera punggung bawah (akibat pengangkatan) pada sebagian pekerja.
- d. RWL dapat digunakan untuk merekomendasikan berat beban yang akan membuat pekerjaan menjadi lebih aman.

Seiring dengan peningkatan nilai LI, maka tingkat risiko cedera pun meningkat, dan semakin besar persentase pekerja yang mungkin berisiko terkena sakit punggung bawah akibat pekerjaan mengangkat.

Tugas pengangkatan (Waters, 1993) dengan:

- a.  $LI < 1.0$ , berat beban yang diangkat tidak melebihi batas pengangkatan yang direkomendasikan maka aktivitas tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang.
- b.  $LI > 1.0$ , berat beban yang diangkat melebihi batas pengangkatan yang direkomendasikan maka aktivitas tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang.
- c.  $LI > 3.0$ , memiliki peningkatan resiko sakit punggung bawah bagi sebagian pekerja, sehingga nilai LI yang lebih dari 3 dapat dikategorikan berbahaya bagi pekerja.

### 2.3.3 Multi Task Lifting Job Analysis (Analisis Pekerjaan Pengangkatan Berulang).

Analisis Pekerjaan Pengangkatan Berulang adalah metode yang digunakan untuk perhitungan RWL dan LI pada kondisi pengangkatan yang berulang-ulang (*repetitive*) dan jarak pengangkatannya berubah-ubah baik vertikal maupun horisontal. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung RWL dengan metode *multi task lifting job analysis*:

$$FIRWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \dots\dots\dots \text{(pers 3)}$$

$$STRWL = FIRWL \times FM \dots\dots\dots \text{(pers 4)}$$

$$FILI = L / FIRWL \dots\dots\dots \text{(pers 5)}$$

$$STLI = L / STRWL \dots\dots\dots \text{(pers 6)}$$

Keterangan:

FIRWL : *Frequency Independent Recommended Weight Limit*

LC : Beban konstan = 51 lbs

HM : Faktor pengali horisontal =  $10 / H$

VM	: Faktor pengali vertikal = $1 - (0,0075   V - 30 )$
DM	: Fakttor pengali perpindahan = $0,82 + 1,8/D$
AM	: Faktor pengali asimetrik = $1 - 0,00032 \times A$
CM	: Faktor pengali kopling (dapat dilihat di Tabel 2.4)
STRWL	: <i>Single Task Recommended Weight Limit</i>
FM	: Faktor pengali frekuensi
FILI	: <i>Frequency Independent Lifting Index</i>
L	: Beban yang diangkat
STLI	: <i>Single Task Lifting Index</i>

Apabila hasil perhitungan FILI lebih dari 1 maka kegiatan pengangkatan tidak direkomendasikan untuk dilakukan, karena hal tersebut dapat mengakibatkan cedera kerja.

## 2.4 Anthropometri

Istilah anthropometri berasal dari kata “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Anthropometri dapat dinyatakan sebagai satu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia (Wignjosoebroto, 2003). Data antropometri dapat diaplikasikan dalam beberapa hal, antara lain (Wignjosoebroto, 1995):

- a. Perancangan areal kerja.
- b. Perancangan peralatan kerja seperti mesin, perkakas dan sebagainya.
- c. Perancangan produk-produk konsumtif seperti pakaian, kursi/meja komputer, dan lain-lain.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Menurut Nurmianto (2008) perbedaan faktor-faktor antara satu populasi dengan populasi yang lain, yaitu:

### 1. Keacakan atau *random*

Walaupun telah terdapat dalam satu kelompok populasi yang sudah jelas sama jenis kelamin, suku/bangsa, kelompok usia dan pekerjaannya, namun masih akan ada perbedaan yang cukup signifikan antara berbagai macam masyarakat.

## 2. Jenis kelamin

Ada perbedaan signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita. Untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan signifikan di antara *mean* dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan. Pria dianggap lebih panjang dimensi segmen badannya daripada wanita sehingga data anthropometri untuk kedua jenis kelamin tersebut selalu disajikan secara terpisah.

## 3. Suku bangsa

Variasi di antara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara lain. Suatu contoh sederhana bahwa yaitu dengan meningkatnya jumlah penduduk yang migrasi dari negara Vietnam ke Australia, untuk mengisi jumlah satuan angkatan kerja (*industrial workforce*), maka akan mempengaruhi anthropometri secara nasional.

## 4. Usia, digolongkan atas berbagai kelompok usia yaitu:

- a. Balita
- b. Anak-anak
- c. Remaja
- d. Dewasa (studi kasus pekerja buruh angkut pasar usia 24 s/d 36 tahun)
- e. Lanjut usia

## 5. Jenis pekerjaan

Beberapa jenis pekerjaan tertentu menuntut adanya persyaratan dalam seleksi karyawannya, misalnya: buruh dermaga/pelabuhan harus mempunyai postur tubuh yang relatif lebih besar dibandingkan dengan karyawan perkantoran pada umumnya. Apalagi jika dibandingkan dengan jenis pekerjaan militer.

## 6. Pakaian

Hal ini juga merupakan sumber keragaman karena disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda dari satu tempat ke tempat yang lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim. Misalnya pada waktu musim dingin manusia akan memakai pakaian yang relatif lebih tebal dan ukuran yang relatif lebih besar. Bahkan para penerbang dan astronaut pun harus mempunyai pakaian khusus.

## 7. Faktor kehamilan pada wanita

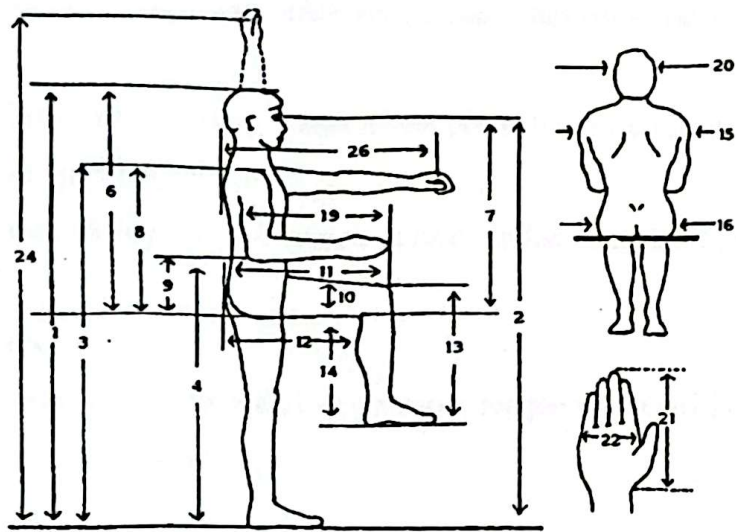
Faktor ini sudah jelas mempunyai pengaruh perbedaan yang berarti kalau dibandingkan dengan wanita yang tidak hamil, terutama yang berkaitan dengan analisis perancangan produk dan analisis perancangan kerja.

## 8. Cacat tubuh secara fisik

Suatu perkembangan yang menggembirakan pada dekade terakhir yaitu dengan diberikannya skala prioritas pada rancang bangun fasilitas akomodasi untuk para penderita cacat tubuh secara fisik sehingga mereka dapat ikut serta merasakan “kesamaan” dalam penggunaan jasa dari hasil ilmu ergonomi di dalam pelayanan untuk masyarakat. Masalah yang sering timbul misalnya: keterbatasan jarak jangkauan, dibutuhkan ruang kaki (*knee space*) untuk desain meja kerja, lorong/jalur khusus untuk kursi roda, ruang khusus di dalam *lavatory*, jalur khusus untuk keluar masuk perkantoran, kampus, hotel, restoran, supermarket dan lain-lain.

### 2.4.1 Dimensi Anthropometri

Data antropometri dapat dimanfaatkan untuk menetapkan dimensi ukuran produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Pengukuran dimensi struktur tubuh yang biasa diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Antropometri untuk perancangan produk atau fasilitas  
(Sumber: Nurmianto, 2008)

Keterangan Gambar 2.2, yaitu:

- 1 : Dimensi tinggi tubuh dalam posisi tegak (dari lantai sampai dengan ujung kepala).
- 2 : Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak.
- 3 : Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak.
- 4 : Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak (siku tegak lurus).
- 5 : Tinggi kepalan tangan yang terjulur lepas dalam posisi berdiri tegak (dalam Gambar tidak ditunjukkan).
- 6 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk (di ukur dari alas tempat duduk pantat sampai dengan kepala).
- 7 : Tinggi mata dalam posisi duduk.
- 8 : Tinggi bahu dalam posisi duduk.
- 9 : Tinggi siku dalam posisi duduk (siku tegak lurus).
- 10 : Tebal atau lebar paha.
- 11 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan ujung lutut.
- 12 : Panjang paha yang di ukur dari pantat sampai dengan bagian belakang dari lutut betis.
- 13 : Tinggi lutut yang bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk.

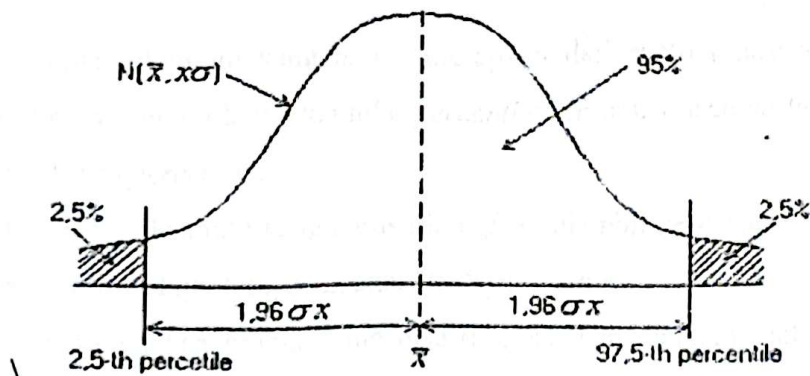
- 14 : Tinggi tubuh dalam posisi duduk yang di ukur dari lantai sampai dengan paha.
- 15 : Lebar dari bahu (bisa di ukur baik dalam posisi berdiri ataupun duduk).
- 16 : Lebar pinggul ataupun pantat.
- 17 : Lebar dari dada dalam keadaan membusung (tidak tampak ditunjukkan dalam Gambar).
- 18 : Lebar perut.
- 19 : Panjang siku yang di ukur dari siku sampai dengan ujung jari-jari dalam posisi siku tegak lurus.
- 20 : Lebar kepala.
- 21 : Panjang tangan di ukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari.
- 22 : Lebar telapak tangan.
- 23 : Lebar tangan dalam posisi tangan terbentang lebar kesamping kiri kanan (tidak ditunjukkan dalam Gambar).
- 24 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak.
- 25 : Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak.
- 26 : Jarak jangkauan tangan yang terjulur kedepan di ukur dari bahu sampai dengan ujung jari tangan.

#### 2.4.2 Aplikasi Distribusi Normal dalam Anthropometri

Ukuran tubuh yang diperlukan pada hakekatnya tidak sulit diperoleh dari pengukuran secara individual. Situasi menjadi berubah manakala lebih banyak produk standar yang harus dibuat untuk dioperasikan oleh banyak orang. Permasalahan yang timbul di sini adalah ukuran siapakah yang nantinya akan dipilih sebagai acuan untuk mewakili populasi yang ada. Mengingat ukuran individu akan bervariasi satu dengan lainnya maka perlu penetapan data antropometri yang sesuai dengan populasi yang menjadi target sasaran produk tersebut (Wignjosoebroto, 2000).

Adanya berbagai variasi yang cukup luas pada ukuran tubuh manusia secara perorangan, maka besar "nilai rata-rata" menjadi tidak begitu penting bagi perancang. Hal yang justru harus diperhatikan adalah rentang nilai yang ada.

Secara statistik sudah diketahui bahwa data pengukuran tubuh manusia pada berbagai populasi akan terdistribusi dalam grafik sedemikian rupa sehingga data-data yang bernilai kurang lebih sama akan terkumpul di bagian tengah grafik, sedangkan data-data dengan nilai penyimpangan ekstrim akan terletak di ujung-ujung grafik. Merancang untuk kepentingan keseluruhan populasi sekaligus merupakan hal yang tidak praktis. Berdasarkan uraian tersebut, maka kebanyakan data antropometri disajikan dalam bentuk *percentile*. Pemakaian nilai-nilai *percentile* yang umum diaplikasikan dalam perhitungan data antropometri dijelaskan pada Gambar 2.3 dan dalam Tabel 2.5.



Gambar 2.3 Distribusi normal dengan data anthropometri  
(Sumber: Nurmianto, 2008)

Tabel 2.5 Jenis persentil dan cara perhitungan dalam distribusi normal

Percentil	Perhitungan
1 <sup>st</sup>	$\bar{x} - 2.325\sigma_x$
2.5 <sup>th</sup>	$\bar{x} - 1.96\sigma_x$
5 <sup>th</sup>	$\bar{x} - 1.645\sigma_x$
10 <sup>th</sup>	$\bar{x} - 1.28\sigma_x$
50 <sup>th</sup>	$\bar{x}$
90 <sup>th</sup>	$\bar{x} + 1.28\sigma_x$
95 <sup>th</sup>	$\bar{x} + 1.645\sigma_x$
97.5 <sup>th</sup>	$\bar{x} + 1.96\sigma_x$
99 <sup>th</sup>	$\bar{x} + 2.325\sigma_x$

(Sumber: Nurmianto, 2008)

Penggunaan data antropometri dalam penentuan ukuran produk harus mempertimbangkan prinsip-prinsip di bawah ini agar produk yang dirancang bisa sesuai dengan ukuran tubuh pengguna (Wignjosoebroto,1995) yaitu :

1. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran ekstrim.

Rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 sasaran produk yaitu:

- a. Sesuai dengan ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim.
- b. Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada).

Agar dapat memenuhi sasaran pokok tersebut maka ukuran diaplikasikan yaitu:

- a. Dimensi minimum yang harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai *percentile* terbesar misalnya *90-th*, *95-th*, atau *99-th percentile*.
- b. Dimensi maksimum yang harus ditetapkan diambil berdasarkan *percentile* terkecil misalnya *1-th*, *5-th*, atau *10-th percentile*.

2. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan diantara rentang ukuran tertentu (*adjustable*).

Produk dirancang dengan ukuran yang dapat diubah-ubah sehingga cukup fleksible untuk dioperasikan oleh setiap orang yang memiliki berbagai macam ukuran tubuh. Mendapatkan rancangan yang fleksibel semacam ini maka data antropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai *5-th* sampai dengan *95-th*.

3. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata.

Produk dirancang berdasarkan pada ukuran rata-rata tubuh manusia atau dalam rentang *50-th percentile*. Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berada dalam ukuran rata-rata.

Berkaitan dengan aplikasi data anthropometri yang diperlukan dalam proses perancangan produk ataupun fasilitas kerja, maka ada beberapa rekomendasi yang dapat diberikan sesuai dengan langkah-langkah, yaitu:

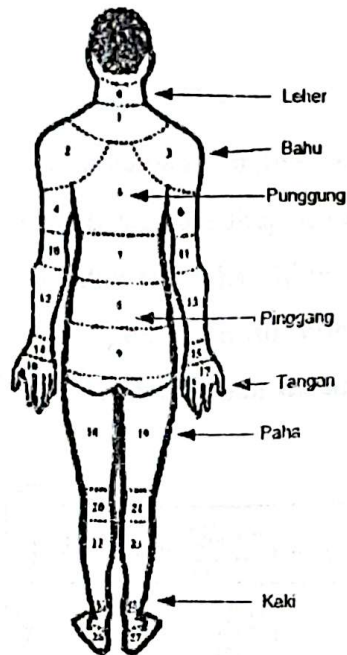
- a. Pertama kali harus ditetapkan anggota tubuh yang mana yang nantinya akan difungsikan untuk mengoperasikan rancangan tersebut.

- b. Tentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan tersebut, dalam hal ini juga perlu diperhatikan apakah harus menggunakan data *structural body dimension* ataukah *functional body dimension*.
- c. Selanjutnya tentukan populasi terbesar yang harus diantisipasi, diakomodasikan dan menjadi target utama pemakai rancangan produk tersebut. Hal ini lazim dikenal sebagai "*market segmentation*" seperti produk mainan untuk anak-anak, peralatan rumah tangga untuk wanita, dan lain-lain.
- d. Tetapkan prinsip ukuran yang harus diikuti semisal apakah rancangan rancangan tersebut untuk ukuran individual yang ekstrim, rentang ukuran yang fleksibel atau ukuran rata-rata.
- e. Pilih persentil populasi yang harus diikuti; ke-90, ke-95, ke-99 atau nilai persentil yang lain yang dikehendaki.

Setiap dimensi tubuh yang diidentifikasi selanjutnya pilih atau tetapkan nilai ukurannya dari Tabel data anthropometri yang sesuai. Aplikasikan data tersebut dan tambahkan faktor kelonggaran (*allowance*) bila diperlukan seperti halnya tambahan ukuran akibat faktor tebalnya pakaian yang harus dikenakan oleh operator, pemakaian sarung tangan (*gloves*).

## 2.5 *Nordic Body Map*

Salah satu alat ukur ergonomik sederhana yang dapat digunakan untuk mengenali sumber penyebab keluhan *musculoskeletal* adalah *Nordic Body Map*. Menurut Corlet (1992) dalam Tarwaka, dkk. 2004 menyatakan bahwa melalui *nordic body map* dapat diketahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan dengan tingkat keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit. Melihat dan menganalisis peta tubuh seperti pada Gambar 2.4, maka diestimasi jenis dan tingkat keluhan otot *skeletal* yang dirasakan oleh pekerja. Cara ini sangat sederhana namun kurang teliti karena mengandung subjektivitas yang tinggi.



Gambar 2.4 *Nordic Body Map*

(Sumber: Tarwaka, dkk. 2004)

Terdapat dua skala yang umum digunakan dalam kuesioner *Nordic Body Map* (Tarwaka, dkk. 2004) yaitu:

a. Jawaban sederhana “Ya” dan “Tidak” .

Jawaban sederhana “Ya” (ada keluhan atau rasa sakit) atau “Tidak” (tidak ada keluhan atau tidak ada rasa sakit) lebih mudah digunakan, tetapi hasil yang didapat kurang spesifik.

b. 4 skala likert mempunyai hasil yang lebih spesifik, namun harus mempunyai definisi operasional yang jelas dan mudah dipahami oleh responden. Nilai dari 4 skor skala likert dapat dilihat sebagai berikut:

1. Skor 1 = tidak ada keluhan/kenyerian yang dirasakan oleh pekerja (tidak sakit).
2. Skor 2 = dirasakan sedikit adanya keluhan atau kenyerian pada otot skeletal (agak sakit).
3. Skor 3 = responden merasakan adanya keluhan/kenyerian atau sakit pada otot skeletal.
4. Skor 4 = responden merasakan keluhan sangat sakit atau sangat nyeri pada otot skeletal (sangat sakit).

## 2.6 Uji Statistik

### 2.6.1 Uji kecukupan data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan yang telah diambil sudah cukup mewakili populasinya, bila belum maka perlu diadakan pengamatan tambahan hingga cukup mewakili populasinya (Sutalaksana, dkk, 1979). Pada penelitian ini, digunakan tingkat keyakinan 95% dan tingkat ketelitian 5%, maka persamaan dalam uji keseragaman data adalah sebagai berikut:

$$N' = \left[ \sqrt{\frac{40 (N) \left( \sum_{i=1}^{i=N} X_i^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^{i=N} X_i \right)^2}{\sum_{i=1}^{i=N} X_i}} \right]^2 \dots\dots\dots(\text{pers 7})$$

Dimana:

$N'$  = banyaknya pengukuran sesungguhnya yang diperlukan

$N$  = jumlah pengukuran pendahulu yang telah dilakukan

$X_i$  = waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran yang telah dilakukan

$k$  = harga indeks yang besarnya tergantung tingkat keyakinan

Nilai  $k$  ditentukan berdasarkan tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian yang diinginkan, jika masing-masing adalah:

1. 90% dan 10%, maka  $k = 20$
2. 95% dan 5%, maka  $k = 40$
3. 99% dan 5%, maka  $k = 60$

Jika:

$N \geq N'$ , maka data yang hasil pengamatan yang diambil telah mencukupi

$N < N'$ , maka perlu penambahan data.

### 2.6.2 Uji keseragaman data

Uji keseragaman data digunakan untuk mengetahui apakah data yang telah didapat itu seragam. Memang data yang didapat di dalam percobaan tidak

mungkin sama semua, karena pasti ada perbedaan dan perubahan kelakuan operator. Tetapi perubahan atau perbedaan ini ada batas-batasnya, untuk menentukan apakah data-data tidak melalui batas-batas itulah maka dilakukan uji keseragaman data (Madyana A.M., 1996). Adapun langkah-langkah dalam melakukan pengujian keseragaman data adalah sebagai berikut:

1. Menentukan jumlah hasil data keseluruhan yang diperoleh dari pengumpulan data lapangan.
2. Mencari nilai  $\bar{X}$  dengan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{N} \dots\dots\dots(\text{pers 8})$$

Dengan:

$\bar{X}$  = nilai rata-rata

$X_i$  = nilai pengamatan ke-i

$N$  = banyaknya pengamatan

Apabila data-data yang diperoleh tersebut terdapat data yang berada diluar batas kontrol. Maka data tersebut harus dihilangkan dan dilakukan perhitungan kembali seperti semula. Karena data yang berada diluar batas kontrol menyebabkan data tidak seragam.

### 2.6.3 Uji kenormalan data

Untuk melaksanakan uji kenormalan data pada penelitian ini, digunakan program MINITAB untuk melakukan uji kenormalan data. MINITAB→ *Normality Test* dengan menggunakan *Kolmogorov Smirnov* dengan ketentuan *P Value* > 0,15 data yang didapatkan terdistribusi normal dan *P Value* < 0,15 data yang didapatkan terdistribusi tidak normal. Hasil output dari pengujian ini akan

menentukan keputusan apakah sampel yang diperoleh tersebut berdistribusi normal atau sebaliknya.

## 1. Pemasukan data ke MINITAB

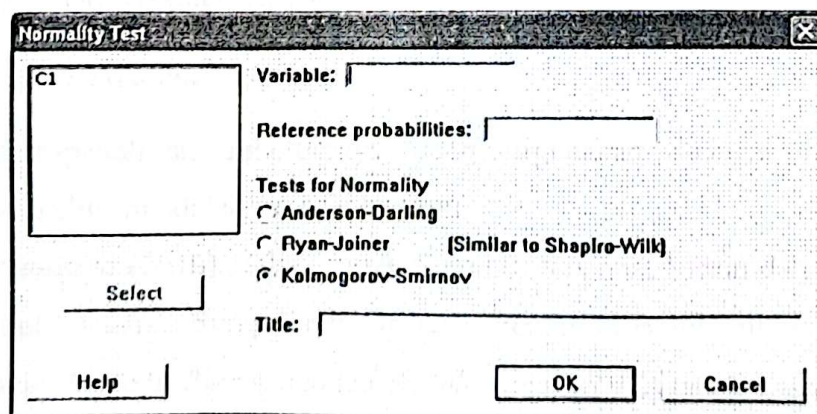
Dari menu utama *File*, pilih menu *New*, lalu klik *mouse* pada *Minitab Project*. Pengisian data:

- a. Klik *mouse* pada Tabel *worksheet* kolom C1
- b. Letakkan *pointer* pada baris 1 kolom tersebut, lalu ketik menurun ke bawah sesuai data (30 data). Data di atas bisa disimpan dengan nama Kolmogorov-Smirnov.

## 2. Pengolahan data dengan MINITAB

Langkah-langkah:

- a. Buka *file* Kolmogorov-Smirnov
- b. Dari menu utama MINITAB, pilih menu *Statistics*, kemudian pilih submenu *Basic Statistics*, sesuai kasus pilih *Normality Test* untuk uji satu sampel. Kemudian akan muncul kotak dialog Kolmogorov-Smirnov, seperti Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kotak Dialog *Kolmogorov-Smirnov*  
(Sumber: Spiegel, 1999)

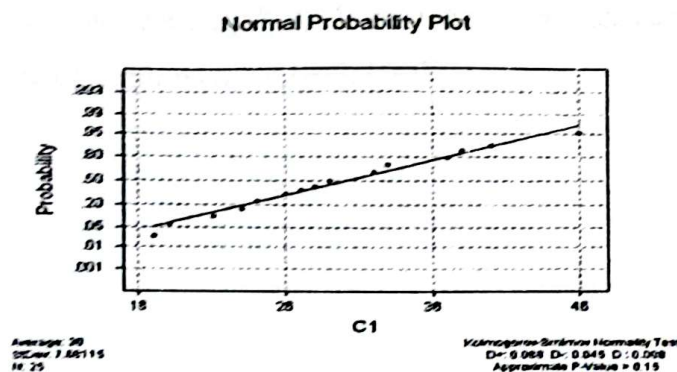
Pengisian:

- a. *Variable*, Masukkan variabel C1.

MILIK PERPUSTAKAAN STMI  
Menyediakan Fasilitas, Manajemen dan Jasa

- b. *Reference Probabilities*, diabaikan.
- c. Untuk *Test for Normality*, karena dalam kasus ini akan diuji distribusi normal menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov, maka klik *mouse* pada pilihan Kolmogorov-Smirnov. Sedangkan pilihan uji yang lain diabaikan.
- d. *Title*, menuliskan judul untuk mengetahui kasus yang di uji.
- e. Tekan OK untuk proses data.

Setelah itu akan muncul grafik, seperti pada Gambar 2.6:



Gambar 2.6 Grafik Hasil Uji Kenormalan Data *Kolmogorov-Smirnov*  
(Sumber: Spiegel, 1999)

Terlihat bahwa pada *Approximate P-Value* > 0,15, maka  $H_0$  diterima, atau populasi tersebut berdistribusi normal.

#### 2.6.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hendro Prasetyo (2010), dalam jurnal Seminar Nasional Mesin dan Industri, dengan judul “Analisis Sikap Kerja Operator Pengisian Botol Lithos Dengan Menggunakan Metode *Recommended Weight Limit (RWL)* (studi kasus di PT Pertamina Unit Produksi Cilacap). Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa dari perbaikan sistem kerja maka, nilai *Lifting Index* yang dihasilkan dapat meminimumkan resiko terjadinya cedera kerja.
2. Etika Muslimah (2006), dalam jurnal Teknologi Industri, Vol. 5 No. 2 Hal 53-60, dengan judul *Analisis Manual Material Handling Menggunakan NIOSH*

*Equation* (studi kasus *gudang* BULOG Sub Depot Logistik Wilayah III Surakarta Pergudangan Beras 305 Grogol, Sukoharjo). Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa beban pengangkatan di pergudangan Bulog Grogol yang diangkat menimbulkan dampak resiko cedera tulang belakang. Hal ini disebabkan nilai  $LI > 1$ .

3. Emelia Sari (2011), dalam Jurnal TI Vol. 1 No. 1 Maret 2011, dengan judul Analisis Dan Perancangan Ulang *Leaf Trollys* Yang Memenuhi Kaidah-Kaidah Ergonomi (Studi Kasus di PTP. Nusantara VI Pabrik Teh Danau Kembar). Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa dari perancangan ulang *Leaf Trollys*, posisi kerja operator menjadi lebih ideal.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan kerangka berfikir yang dipersiapkan secara matang dalam rangka mencapai tujuan penelitian, yaitu menemukan, mengembangkan atau mengkaji kebenaran suatu pengetahuan secara ilmiah atau untuk pengujian hipotesis suatu penelitian.

Dalam bab ini akan diuraikan langkah-langkah sistematis dalam pemecahan masalah, serta untuk mengetahui prosedur dan urutan-urutan yang akan ditempuh guna mendapatkan suatu analisa yang baik. Langkah-langkah yang akan ditempuh dalam metodologi pemecahan masalah ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

### 3.1. Jenis Data

Penelitian ini dilakukan di proses *building* ban setengah jadi (*green tire*). Dari tahapan penelitian diperoleh data yang akan digunakan. Jenis data tersebut meliputi data primer dan sekunder, seperti penjelasan berikut ini:

#### 3.1.1. Data Primer

Data Primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber yang diamati dan dikumpulkan melalui *survey* lapangan dengan menggunakan teknik pengumpulan data dan kuesioner.

#### 3.1.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yg diperoleh atau dikumpulkan tidak langsung dari objeknya, akan tetapi dari berbagai sumber yang ada. Data sekunder pada penelitian ini diperoleh secara lisan maupun tulisan.



### 3.2. Sumber Data

Sumber data menurut jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data primer berasal dari kuesioner *Nordic Body Map* guna mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan, pengukuran antropometri tubuh

operator *building*, dan pengukuran tinggi dan jarak pada saat operator melakukan aktivitas pemindahan bahan secara *manual*.

2. Data sekunder berasal dari bagian Personalia yang mencakup data umum perusahaan, dan seksi *Industrial Engineering* (IE) PT BSIN.

### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan yang dihadapi perusahaan. Pengumpulan data didapat dengan melakukan penelitian di rantai produksi dan data yang diberikan oleh perusahaan.

Beberapa metode yang digunakan dalam melakukan pengumpulan data yaitu:

1. *Field research* (penelitian lapangan)

Penelitian lapangan merupakan pengamatan langsung terhadap kegiatan produksi. Penelitian ini dilakukan pada proses pemindahan bahan lapisan atas ban (*top tread*) secara *manual* di proses *building* ban setengah jadi (*green tire*).

2. *Library research* (penelitian pustaka)

*Library research* merupakan data yang bersifat teori dan merupakan penunjang didalam melaksanakan penelitian lapangan. Penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pembelajaran terlebih dahulu mengenai teori-teori melalui buku *teks*, literatur yang diperoleh ketika kuliah, dan beberapa sumber lainnya yang relevan dan sangat mendukung penelitian ini seperti *handbook* dan jurnal.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan operator yang terlibat langsung. Selain itu, wawancara ini juga dilakukan dengan karyawan dari seksi *Industrial Engineering* bagian *building* yang berkaitan dengan proses *building*.

4. Kuesioner

Kuesioner ini berbentuk pertanyaan-pertanyaan untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan saat melakukan aktivitas mengantar air

dan makanan. Kuesioner ini diberikan kepada responden penelitian yaitu operator *building*.

### **3.4. Teknik Analisis**

Langkah-langkah dalam metodologi pemecahan masalah ini dimulai dari suatu penelitian pendahuluan. Langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1.

#### **3.4.1. Penelitian Pendahuluan**

Sebelum melakukan penelitian, pada tahap awal dilakukan penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan ini dilakukan untuk mengetahui segala sesuatu tentang analisis pemindahan bahan secara *manual* dengan menggunakan metode RWL.

#### **3.4.2. Perumusan Masalah**

Setelah melakukan studi lapangan, tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi dan merumuskan masalah. Untuk tahap ini, telah dijelaskan pada Bab I.

#### **3.4.3. Studi Pustaka**

Setelah mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan, diperlukan suatu studi pustaka yang dapat dijadikan landasan teori dari penelitian. Studi pustaka diperlukan dalam rangka melakukan pemecahan masalah. Sehingga landasan teori yang digunakan harus dapat membantu penelitian dan permasalahan yang sedang dihadapi. Studi kepustakaan dalam tugas akhir ini berkaitan dengan ergonomi dan pemindahan bahan secara *manual*, serta teori lainnya yang dapat membantu pemecahan masalah dalam penelitian tugas akhir ini.

#### **3.4.4. Tujuan Penelitian**

Setelah melakukan identifikasi dan perumusan masalah, maka langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan dari penelitian ini. Tujuan penelitian ini dapat dilihat pada Bab I.

#### **3.4.5. Pengumpulan Data**

Setelah melakukan identifikasi masalah dan menentukan tujuan penelitian, maka tahap selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data. Setiap data yang

dikumpulkan, akan dilakukan pengolahan data. Sehingga hasil dari pengolahan data tersebut dapat digunakan untuk memberikan informasi sebagai dasar dalam melakukan analisis dan pemecahan masalah. Data-data yang dikumpulkan diantaranya adalah:

1. Data umum perusahaan, meliputi:
  - a. Profil perusahaan.
  - b. Sejarah perusahaan.
  - c. Ketenagakerjaan dan kesejahteraan karyawan.
2. Data urutan proses operasi pada proses *building* lapisan atas ban.
3. Data keluhan operator proses *building* lapisan atas ban (*top tread*) pada saat melakukan aktivitas pemindahan bahan secara *manual*.
4. Data RWL yang diterima oleh operator pada aktivitas pemindahan bahan secara *manual* sebelum dan sesudah perbaikan.

#### **3.4.6. Pengolahan Data**

Pengolahan ini dilakukan menggunakan metode terpilih yang sesuai dengan permasalahan dan studi pustaka yang telah dilakukan sebelumnya. Sehingga melalui pengolahan data ini diharapkan dapat memecahkan permasalahan yang ada di perusahaan secara baik dan terencana. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut:

1. Menghitung batas berat beban kerja (*Recommended Weight Limit*).  
Setelah dilakukan pengumpulan data di proses *building* lapisan atas ban pada aktivitas pemindahan bahan secara *manual*, maka langkah selanjutnya adalah menghitung RWL dari aktivitas pemindahan bahan sebelum perbaikan. Pada tahap ini memberikan Gambaran tentang batas berat beban kerja (RWL) yang diterima oleh operator pada aktivitas pemindahan bahan secara *manual*.
2. Menghitung *Lifting Index* (LI).  
Setelah dilakukan penghitungan nilai RWL, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Lifting Index* (LI) dari aktivitas pemindahan bahan secara *manual*. *Lifting index* memberikan nilai estimasi dari tingkatan beban kerja yang diterima oleh operator yang diakibatkan oleh pekerja mengangkat. LI

didapat dari hubungan antara beban yang diangkat (L) dengan nilai RWL. Persamaan yang digunakan dalam LI adalah sebagai berikut:

$$\text{Lifting Index} = \text{Massa Benda} / \text{RWL}$$

Apabila hasil perhitungan *lifting index* lebih dari 1 maka kegiatan pengangkatan tidak direkomendasikan untuk dilakukan, karena hal tersebut dapat mengakibatkan cedera kerja.

3. Menghitung *Frequency Independent Recommended Weight Limit* (FIRWL).

Setelah dilakukan penghitungan LI, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai FIRWL. Perhitungan FIRWL merupakan perhitungan RWL untuk kondisi pengangkatan yang berulang-ulang (*repetitive*) dan jarak pengangkatannya berubah-ubah baik vertikal maupun horizontal.

4. Menghitung *Frequency Independent Lifting Index* (FILI).

Setelah dilakukan penghitungan nilai FIRWL, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai FILI. FILI didapat dari hubungan anatara beban yang diangkat (L) dengan nilai FIRWL.

5. Menghitung presentase keluhan pada bagian-bagian otot operator.

Setelah dilakukan penghitungan nilai FILI, maka langkah selanjutnya adalah menghitung presentase keluhan pada bagian-bagian otot operator. Keluhan pada bagian-bagian otot operator didapatkan dari kuesioner Nordic Body Map yang telah diberikan kepada operator yang bersangkutan dengan aktivitas pemindahan bahan secara *manual*.

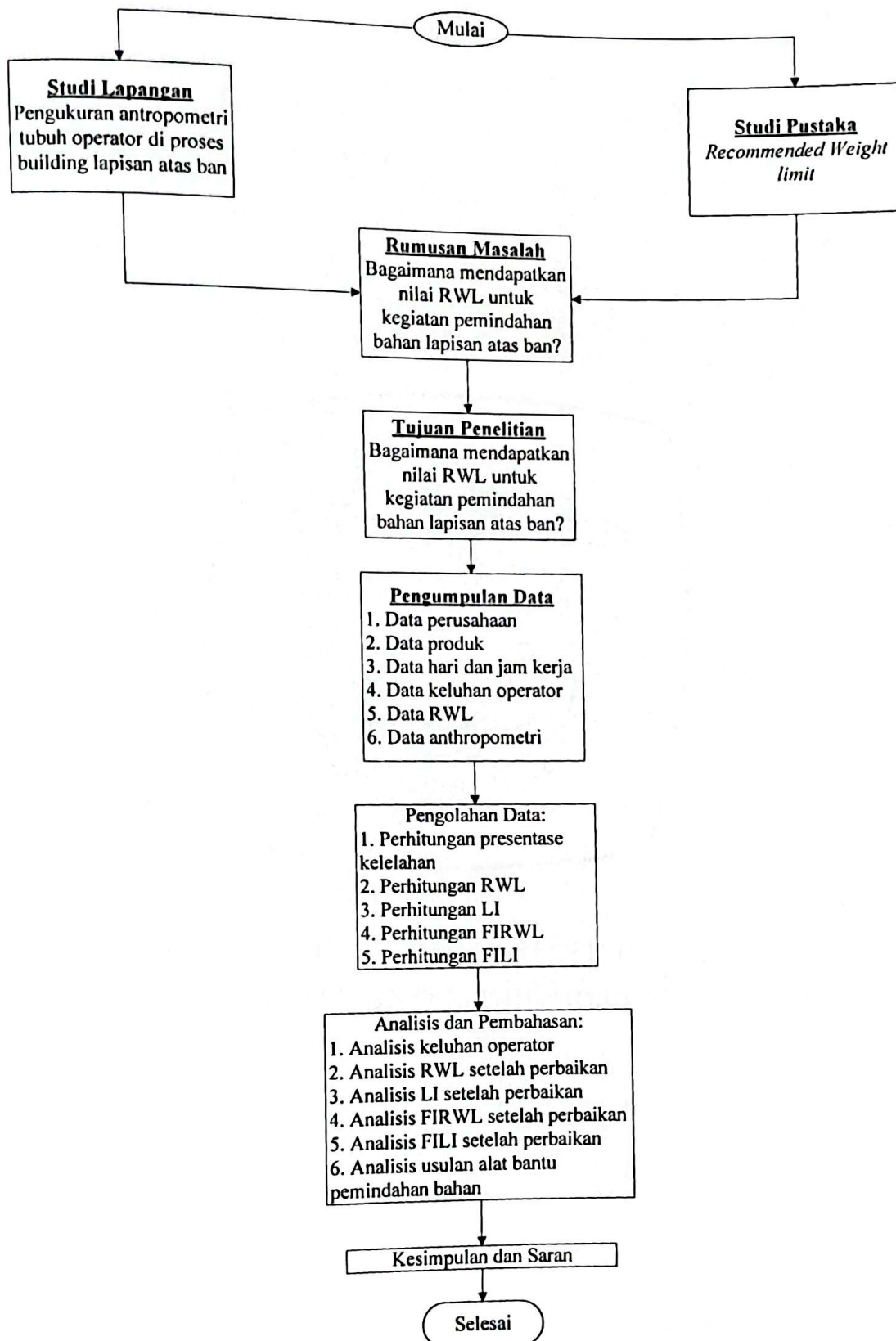
### 3.4.7. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data. Analisa data yang akan dikemukakan berupa analisis terhadap keluhan operator, batas berat beban kerja (RWL) yang diterima operator, dan usulan alat bantu yang akan digunakan pada aktivitas pemindahan bahan.

### 3.4.8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan didapatkan berdasarkan hasil pengolahan data dan hasil pembahasan atau analisis. Dari kesimpulan akan dijelaskan hasil akhir dari penelitian yang akan digunakan untuk menjawab tujuan penelitian yang sudah

ditentukan sebelumnya. Saran diberikan sebagai masukan untuk pengembangan perancangan sistem kerja pada PT Bridgestone Tire Indonesia.



Gambar 3.1. Kerangka Berfikir Pemecahan Masalah

(Sumber: Pengolahan Data)

## BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang dalam pembahasan laporan tugas akhir ini. Data yang dikumpulkan dari PT Bridgestone Tire Indonesia sebagai berikut:

#### 4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT Bridgestone Tire Indonesia (PT BSIN) didirikan pada tanggal 8 September 1973. Pada tahun 1973, kontrak kerjasama antara Bridgestone Corp, Mitsui & Co., Ltd dan PT Sinar Makmur ditandatangani. Modal dasar pada saat berdiri sebesar US \$ 8.000.000 dengan pembagian saham sebesar 85 % saham swasta Jepang dan 15 % saham swasta Nasional Indonesia. PT BSIN berada di Jalan Raya Bekasi KM 27, Bekasi, Provinsi Jawa Barat dengan luas area 27,6 Ha dan jumlah tenaga kerja sebanyak 3.000 orang. Produksi pertama pada tanggal 1 Oktober 1975 dengan hasil produksi berupa *automotive tire, tube dan flap*.

Pada tahun 1977, Bridgestone mulai menjual produknya ke perusahaan perakitan kendaraan bermotor. Tahun 1979, perusahaan mulai memproduksi ban dengan konstruksi *radial*. Tahun 1980, perluasan pabrik tahap kedua selesai dilakukan dan perusahaan juga memperkenalkan teknologi *super filler* dalam proses pembuatan ban konstruksi *radial*.

Pada bulan Januari 1982, diresmikan Loka Latihan Keterampilan Bridgestone (LLKBS) sebagai sumbangsih perusahaan kepada masyarakat di bidang pendidikan, untuk membantu para lulusan STM menjadi tenaga kerja siap pakai. Modal usaha ditingkatkan menjadi US \$ 16.640.000 dengan komposisi saham 50 : 50.

Tahun 1983, jaringan pemasaran diperluas sampai ke luar negeri. Ekspor perdana ke New Caledonia dimulai pada bulan Juni. Pada bulan Januari 1984, dilakukan penanda tanganan Kesepakatan Kerja Bersama (KKB) antara Serikat Pekerja dengan Pengusaha, disaksikan oleh Menteri Tenaga Kerja. Perusahaan

memperkenalkan ban *radial* dengan konstruksi *tubeless* yang pertama dengan nama *Turbo 70 S-317*.

Tahun 1985, ban *radial* seri 60 mulai diperkenalkan, dengan nama *Turbo 60 S-316*. Tahun 1986, teknologi baru dalam pembuatan ban yang diberi nama RCOT (*Rolling Contour Optimization Theory*) diperkenalkan. Ban pertama yang dibuat dengan teori ini adalah ban *radial* seri 70 dengan kembang SF-216 dan konstruksi *steel belt*.

Tanggal 1 Mei 1989, perusahaan mengadakan QC promosi. Kegiatan ini bertujuan untuk mempertahankan mutu sehubungan dengan meningkatnya produksi sejak tahun 1988. Tahun 1990, perusahaan memperkenalkan *Total Quality Control System*. Kegiatan ini disebut SZD (*Small Zero Defect*). Pada tahun 1992, perusahaan menerapkan NPCS (*New Product Control System*) yaitu suatu sistem untuk mengontrol ketepatan jumlah, waktu dan mutu produk.

Mulai bulan April 1994, perusahaan mengadakan persiapan untuk mendapatkan sertifikat ISO 9002 dari Organisasi Standarisasi Internasional. Bulan Januari 1995, perusahaan memperoleh Sertifikat ISO 9002 dari *Lloy'd Register Quality Assurance Limited* di Inggris. Kemudian pada tahun 2001, perusahaan memperoleh sertifikat ISO 14001, sertifikat ini mengenai aspek lingkungan dari perusahaan.

#### 4.1.2 Ketenagakerjaan dan Kesejahteraan Karyawan

##### A. Ketenagakerjaan

Pada saat ini PT BSIN memiliki karyawan seberat 3.333 orang, dengan rincian 3.320 karyawan lokal dan 13 karyawan asing. Karyawan yang bekerja pada perusahaan mayoritas adalah tenaga kerja pria. Hal ini disebabkan karena perusahaan ini memproduksi ban yang membutuhkan tingkat ketelitian dan kerja keras. Sedangkan tenaga kerja wanita ditempatkan pada beberapa bagian salah satunya adalah bagian *finishing*.

Pengaturan kerja pada PT. Bridgestone Tire Indonesia adalah sebagai berikut:

1. Jam kerja dan istirahat

Waktu kerja yang terdapat pada PT Bridgestone Tire Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Waktu Kerja PT Bridgestone Tire Indonesia

	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift 1</i>	08.00 – 16.10 WIB	11.45 – 12.45 WIB
<i>Shift 2</i>	16.00 – 00.10 WIB	18.45 – 19.45 WIB
<i>Shift 3</i>	00.00 – 08.10 WIB	03.45 – 04.45 WIB
Non shift	08.00 – 16.45 WIB	12.00 – 13.00 WIB

(Sumber: PT Bridgestone Tire Indonesia)

2. Hari kerja

- a. Pekerja 3 *shift* : Hari kerja adalah Senin s/d Minggu.
- b. Pekerja non *shift* : Hari kerja adalah Senin s/d Jumat.

3. Hari Libur

- a. Pekerja 3 *shift* : Hari libur disesuaikan dengan jadwal kerjanya dan biasanya liburnya selama 2 hari setelah bekerja 1 minggu.
- b. Pekerja Non *shift* : Hari libur adalah hari Sabtu, Minggu dan tanggal merah.

B. Kesejahteraan Karyawan

Kesejahteraan yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Kesejahteraan Pekerja :

- a. Pakaian kerja,
- b. Makanan,
- c. Kebebasan beribadah,
- d. Tunjangan hari raya,
- e. Perangsang /Insentif, dan
- f. Asuransi.

2. Pengobatan dan perawatan :Fasilitas klinik
3. Keselamatan dan kesehatan kerja :
  - a. Keselamatan kerja,
  - b. Kebakaran, dan Kesehatan kerja.
4. Sarana dan prasarana pekerja :
  - a. Sarana olah raga seperti : lapangan tennis, sepak bola, basket, voli dan bulutangkis.
  - b. Sarana ibadah
5. Pembebasan dan kewajiban untuk pekerja tanpa atau dengan pemberitahuan
  - a. Cuti/istirahat,
  - b. Cuti hamil/gugur kandungan, dan
  - c. Tidak masuk kerja tanpa atau dengan alasan.

#### 4.1.3 Kebijakan dan Misi Perusahaan

Berikut ini adalah kebijakan dasar perusahaan dan misi perusahaan:

- a. Kebijakan Dasar Perusahaan
  1. Perusahaan ini mengetahui dengan cepat setiap gejala perubahan tentang produk yang dibutuhkan di pasar dengan mengecek segera ke lapangan.
  2. Perusahaan mengembangkan teknologi baru sesuai dengan permintaan pasar.
  3. Perusahaan memenuhi kebutuhan pasar dengan menyuplai produk dengan tepat waktu.
  4. Perusahaan membentuk sistem pengontrolan mutu produk guna menjaga agar mutunya tetap tinggi sebagai jaminan kepuasan pelanggan.
  5. Perusahaan membentuk program pendidikan dan pelatihan bagi karyawan.
- b. Misi Perusahaan  
Misi Bridgestone didasarkan pada kata-kata pendirinya, yaitu:  
"Menyumbang Masyarakat dengan Mutu Tertinggi".

Untuk memenuhi misi ini, Bridgestone telah menggunakan prinsip dasar untuk menunjukkan komitmen yang berkesinambungan dari karyawan untuk memberikan kepada pelanggan produk dan jasa untuk melayani masyarakat di mana Bridgestone melakukan bisnis. Prinsip dasar tersebut yaitu sebagai berikut:

1. *Seijitsu-Kyocho* (Integritas dan Kerjasama).

*Seijitsu-Kyocho* adalah berpegang pada ketulusan hati dalam menjalankan pekerjaan, menghadapi orang lain, dan berpartisipasi dalam masyarakat, serta mendorong kerjasama tim dengan tetap mengedepankan rasa saling menghargai dan menghormati keragaman ketrampilan, perspektif, pengalaman, jenis kelamin, dan ras. Dengan hal tersebut kita dapat menciptakan hasil yang positif.

2. *Shinsu-Dokusho* (Pelopor Kreativitas).

*Shinsu-Dokusho* adalah mengetahui dan memahami yang terjadi di dunia dari sudut pandang Pelanggan sehingga kita pun dapat mengantisipasi apa yang akan terjadi di masa yang akan datang. Berdasarkan hal tersebut di atas, kita harus proaktif dalam menciptakan beragam kreasi yang lebih bermanfaat bagi masyarakat. Kita harus mencari dan menciptakan peluang pasar baru di dunia dengan metode sendiri yang unik.

3. *Genbutsu-Genba* (Peninjauan Lapangan).

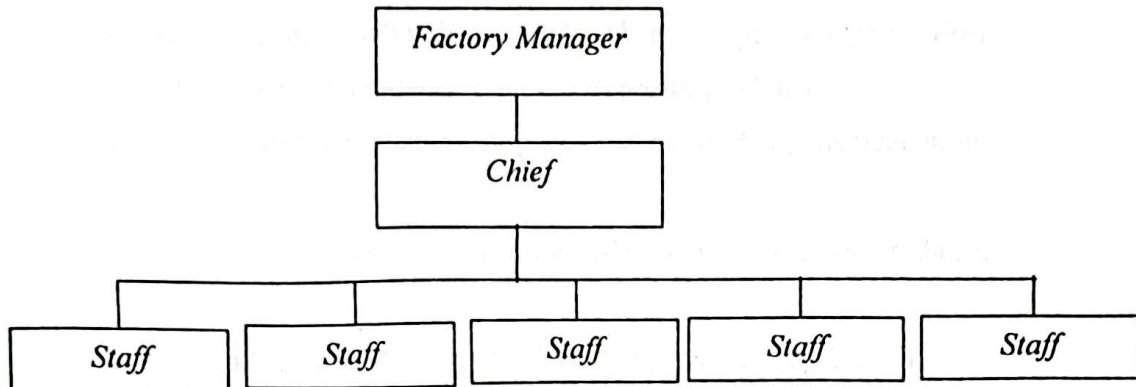
*Genbutsu-Genba* adalah melangkah ke lapangan dan memastikan kenyataan dengan mata kepala sendiri. Dengan tidak merasa puas dengan kondisi yang ada, kita harus membandingkannya dengan "kondisi yang ideal" dan membuat keputusan yang tepat untuk mencapai kondisi yang terbaik.

4. *Jukuryo Danko* (Kematangan Tindakan).

*Jukuryo-Danko* adalah pemikiran yang dalam tentang segala kemungkinan pada beragam situasi untuk mengambil tindakan. Serta menentukan arah yang harus ditempuh, setelah mengidentifikasi intisarinnya. Hal tersebut dilakukan dengan kecepatan dan daya tahan yang kuat.

#### 4.1.4 Struktur Organisasi dan Uraian Jabatan (*Job Description*)

Struktur organisasi adalah struktur pembagian kerja dan struktur tata hubungan kerja antara sekelompok orang pemegang posisi yang saling bekerja sama dan melaksanakan *job description*-nya masing-masing sesuai dengantugas dan tanggung jawabnya. Untuk suatu perusahaan struktur organisasi mutlak diperlukan karena struktur organisasi merupakan suatu alat untuk mengendalikan jalannya kegiatan yang beraneka ragam dan harus dilakukan dengan tepat, terarah dan bermanfaat sehingga tujuan perusahaan tercapai. Penggambaran struktur organisasi PT BSIN dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi Divisi *Industrial Engineering* PT BSIN

(Sumber: PT Bridgestone Tire Indonesia)

Setiap jabatan memiliki tugas untuk mengawasi dan mengontrol jalannya operasional perusahaan sesuai dengan tujuan yang telah disepakati sehingga tidak terjadi penyimpangan. Tugas dan tanggung jawab setiap jabatan yang ada pada divisi *Industrial Engineering* pada PT Bridgestone Tire Indonesia sebagai berikut:

1. *Manager*, memiliki tugas dan tanggung jawab:
  - a. Bertanggung jawab terhadap semua departemen yang ada di produksi.
  - b. Memonitor jadwal produksi produk agar tidak terjadi kekurangan dan kelebihan persediaan.
  - c. Mengevaluasi produktivitas serta kapasitas pabrik untuk penentuan pencapaian target serta penentuan target berikutnya.

- d. Memonitor penyusunan rencana kerja harian produksi sesuai rencana tahunan dan bulanan.
2. *Chief*, memiliki tugas dan tanggung jawab:
- a. Bertanggung jawab terhadap perencanaan dan pengawasan produksi.
  - b. Merencanakan dan mengatur produktivitas serta kapasitas pabrik.
  - c. Mengevaluasi permasalahan produksi yang ada di semua departemen.
  - d. Mengkoordinir dan mengawasi serta memberikan pengarahan kerja kepada setiap seksi di bawahnya untuk menjamin terlaksananya kesinambungan dalam proses produksi.
3. *Staff*, memiliki tugas dan tanggung jawab:
- a. Bertanggung jawab terhadap kualitas ban setengah jadi (*green tire*).
  - b. Mengatasi permasalahan yang ada di proses produksi.
  - c. Mengontrol dan mengawasi perbaikan mesin dan penambahan mesin baru.
  - d. Mengawasi keselamatan operator pada setiap departemen produksi.

#### 4.1.5 Proses Produksi *Building* Lapisan Atas Ban (*Building Top Tread*)

Sebelum memasuki proses *building* lapisan atas ban, karet lembaran sebagai bahan baku diproses pada mesin *extruder* sesuai dengan instruksi produksi, untuk dijadikan lembaran lapisan atas ban (*top tread*). Setelah berbentuk lembaran, lapisan atas ban disimpan dan didinginkan selama  $\pm 4$  jam. Lembaran-lembaran lapisan atas ban yang telah didinginkan, dipindahkan ke proses selanjutnya yaitu, proses *building* lapisan atas ban.

Proses produksi yang terjadi pada proses *building* lapisan atas ban sangatlah mudah. Operator lapisan atas ban mengambil lapisan atas ban dari tempat penyimpanan menuju mesin *building*. Kemudian operator memasukkan lapisan atas ban ke dalam mesin *building* secara perlahan. Operator kembali ke tempat penyimpanan untuk mengambil lapisan atas ban yang kedua. Lapisan atas ban yang kedua dimasukan ke dalam mesin *building* agar dapat disatukan dengan lapisan atas ban yang pertama. Proses pemindahan ini dilakukan secara *manual*. Hal ini disebabkan beratnya *material* yang harus dipindahkan dan banyaknya

jumlah lapisan atas ban yang digunakan. Proses *building* lapisan atas ban dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Peta Aliran Proses *Building* Lapisan Atas Ban

PETA ALIRAN PROSES										
Ringkasan							Pekerjaan: <i>Building</i> Lapisan Atas Ban			
Kegiatan	Sekarang		Usulan		Beda		NO Peta : 01			
	Jumlah	Waktu	Jumlah	Waktu	Jumlah	Waktu	Orang ( )	Bahan (√)		
○ Operasi	4						Sekarang (√) Usulan ( )			
□ Pemeriksaan							Dipetakan Oleh : Ernita Rizki Hardiyani			
⇒ Transportasi	2						Tanggal Dipetakan : 10 Juni 2015			
D Menunggu										
▽ Penyimpanan										
TOTAL	6									
Uraian Kegiatan	Lambang					Jarak (m)	Jumlah	Waktu	Analisa	Tindakan
	○	□	⇒	D	▽					
Pengambilan lapisan atas ban (1) di tempat penyimpanan						3,2 m				
Operator mengambil lapisan atas ban (1)										
Operator memasukkan lapisan atas ban (1) ke dalam mesin <i>building</i>										
Pengambilan lapisan atas ban (2) di tempat penyimpanan										
Operator mengambil lapisan atas ban (2)										
Operator memasukkan lapisan atas ban (2) ke dalam mesin <i>building</i>										

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.1.6 Kondisi Lingkungan Kerja Proses *Building* Lapisan Atas Ban

Kondisi lingkungan kerja proses *building* sudah cukup baik. Mesin dan tempat penyimpanan *material* diletakkan berdekatan. Namun, dalam proses *building* lapisan atas ban, letak antara mesin dan tempat penyimpanan tidak diletakkan secara berdekatan. Dalam hal keamanan, operator telah menggunakan APD (Alat Pelindung Diri) sesuai dengan aturan perusahaan.

#### 4.1.7 Berat Produk Lapisan Atas Ban TL-98

Berat produk lapisan atas ban tipe TL-98 dalam 24 shaft *daisha* (tempat penyimpanan) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Berat Produk Lapisan Atas Ban TL-98

NO	Object Weight (lbs)	NO	Object Weight (lbs)
1	38.236	25	38.434
2	38.236	26	38.72
3	38.478	27	38.94
4	38.478	28	38.522
5	38.632	29	38.236
6	38.764	30	38.434
7	38.896	31	38.94
8	38.984	32	38.742
9	38.786	33	38.544
10	38.5	34	38.434
11	38.434	35	38.808
12	38.346	36	38.61
13	38.236	37	38.258
14	38.39	38	38.544
15	38.522	39	38.852
16	38.94	40	38.5
17	38.83	41	38.258
18	38.83	42	38.5
19	38.5	43	38.5
20	38.896	44	38.588
21	38.28	45	38.83
22	38.5	46	38.5
23	38.852	47	38.5
24	38.698	48	38.676

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Dari Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa terdapat variasi berat dari lapisan atas ban TL-98. Data berat *material* sangat diperlukan agar dapat mengetahui rata-rata berat barang yang diangkat. Rata-rata berat barang akan digunakan dalam perhitungan *lifting index* yang nantinya dapat mengetahui apakah berat barang yang akan diangkat itu tergolong berbahaya atau tidak, sehingga dapat menentukan apakah perlu adanya alat bantu kerja atau tidak. Apabila diperlukan

alat bantu kerja dalam pengangkatan, maka dibuatlah rancangan alat bantu kerja yang diperlukan.

#### 4.1.8 Keluhan Para Pekerja

Pengisian kuesioner dilakukan oleh 3 orang operator *building* lapisan atas ban. Keluhan pekerja terdiri dari 24 item keluhan pada bagian tubuh yang dirasakan sakit setelah melakukan pekerjaan pengangkatan pada proses pemindahan bahan. Jawaban dari kuesioner ini mengindikasikan ada atau tidaknya keluhan pada bagian-bagian tubuh yang sering dikeluhkan akibat bekerja. Contoh kuesioner dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Rekapitulasi Kuesioner *Nordic Body Map* Dari 3 Operator Proses *Building* Lapisan Atas Ban

NO	Jenis Keluhan	Operator		
		Agus	Syamsudin	Fadli
1	Sakit kaku di leher			
2	Sakit di bahu kiri	2	2	2
3	Sakit di bahu kanan	2	2	2
4	Sakit di punggung atas			
5	Sakit di lengan atas kanan			
6	Sakit di lengan atas kiri			
7	Sakit di siku kanan			
8	Sakit di siku kiri			
9	Sakit di lengan bawah kanan			
10	Sakit di lengan bawah kiri			
11	Sakit di punggung bawah	3	4	4
12	Sakit di pergelangan tangan kanan	3	3	3
13	Sakit di pergelangan tangan kiri	3	3	3
14	Sakit di jari tangan kanan			
15	Sakit di jari tangan kiri			
16	Sakit di panggul			
17	Sakit di paha kanan	3	3	3
18	Sakit di paha kiri	3	3	3
19	Sakit di lutut kanan	3	3	3
20	Sakit di lutut kiri	3	3	3
21	Sakit di betis kanan	2	3	2
22	Sakit di betis kiri	2	3	2
23	Sakit di kaki bawah kanan			
24	Sakit di kaki bawah kiri			

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

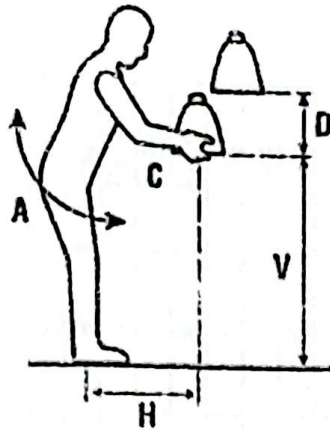
Keterangan:

- 1 : Tidak Sakit
- 2 : Agak Sakit
- 3 : Sakit
- 4 : Sangat Sakit

#### 4.1.9 Penentuan Batas Beban Kerja (RWL)

Penentuan batas beban kerja dalam penelitian ini dilakukan dengan metode RWL (*Recommended Weight Limit*). Selain dapat menentukan batas maksimum beban yang masih dapat diterima oleh manusia untuk pekerjaan pengangkatan, RWL dapat juga digunakan untuk mengetahui apakah beban tersebut berbahaya untuk diangkat atau tidak dengan menggunakan *lifting index*. *Recommended weight limit* didapat dengan mengalikan faktor-faktornya seperti jarak horizontal, jarak vertikal, sudut perputaran badan, frekuensi angkatan, dan gengaman benda.

Kapasitas dari tempat penyimpanan (*daisha*) yang berisi lapisan atas ban dengan ukuran 44 x 25 x 2 cm dan berat rata-rata ( $L_{avg}$ ) 17,5 kg atau 38,61 lbs adalah 38 unit. Tempat penyimpanan lapisan atas ban memiliki ukuran 240 x 75 x 151,1 cm dengan ketinggian ( $v$ ) antar penampang yang dapat dilihat pada Tabel 4.7. Jarak horizontal antara mata kaki dan *material* yang akan diangkat ( $H$ ) adalah 37,5 cm atau 15 inch. Sudut puntir ( $A$ ) yang dilakukan oleh operator pada saat memindahkan lapisan atas ban dari tempat penyimpanan ke mesin yaitu 90°. Kriteria pegangan ( $C$ ) pada *material* lapisan atas ban yaitu sedang (*fair*). Representasi pengangkatan yang berhubungan dengan sudut puntir ( $A$ ), jarak horizontal ( $H$ ), kriteria pegangan ( $C$ ), jarak vertikal ( $V$ ) dapat dilihat pada Gambar 4.1. Data yang dibutuhkan untuk kebutuhan perhitungan RWL dapat dilihat pada Tabel 4.8.



Gambar 4.2 Representasi Pengangkatan *Material*

(Sumber: [www.ergo-plus.com](http://www.ergo-plus.com))

Tabel 4.5 Ketinggian Antar Penampang Pada Tempat Penyimpanan Lapisan Atas Ban.

Shaft	V (cm)	V (inch)
1	151.1	60.44
2	145.7	58.28
3	140.3	56.12
4	134.9	53.96
5	129.5	51.8
6	124.1	49.64
7	118.7	47.48
8	113.3	45.32
9	107.9	43.16
10	102.5	41
11	97.1	38.84
12	91.7	36.68
13	86.3	34.52
14	80.9	32.36
15	75.5	30.2
16	70.1	28.04
17	64.7	25.88
18	59.3	23.72
19	53.9	21.56
20	151.1	60.44
21	145.7	58.28
22	140.3	56.12
23	134.9	53.96
24	129.5	51.8

(Sumber: PT Bridgestone Tire Indonesia)

Tabel 4.6 Pengumpulan Data Sebelum Perbaikan

NO	Object Weight (lbs)	Hand Action (inch)				Vertical Distance		Asymmetry (°)		Frequency Rate	Duration	Coupling
		Origin		Destination		D	A	Origin	Destination			
		H	V	H	V							
1	38.236	15	60.4	12	40	20.44	90	0	1	8	Fair	
2	38.236	15	60.4	12	40	20.44	90	0	1	8	Fair	
3	38.478	15	58.3	12	40	18.28	90	0	1	8	Fair	
4	38.478	15	58.3	12	40	18.28	90	0	1	8	Fair	
5	38.632	15	56.1	12	40	16.12	90	0	1	8	Fair	
6	38.764	15	56.1	12	40	16.12	90	0	1	8	Fair	
7	38.896	15	54	12	40	13.96	90	0	1	8	Fair	
8	38.984	15	54	12	40	13.96	90	0	1	8	Fair	
9	38.786	15	51.8	12	40	11.8	90	0	1	8	Fair	
10	38.5	15	51.8	12	40	11.8	90	0	1	8	Fair	
11	38.434	15	49.6	12	40	9.64	90	0	1	8	Fair	
12	38.346	15	49.6	12	40	9.64	90	0	1	8	Fair	
13	38.236	15	47.5	12	40	7.48	90	0	1	8	Fair	
14	38.39	15	47.5	12	40	7.48	90	0	1	8	Fair	
15	38.522	15	45.3	12	40	5.32	90	0	1	8	Fair	
16	38.94	15	45.3	12	40	5.32	90	0	1	8	Fair	
17	38.83	15	43.2	12	40	3.16	90	0	1	8	Fair	
18	38.83	15	43.2	12	40	3.16	90	0	1	8	Fair	
19	38.5	15	41	12	40	1	90	0	1	8	Fair	
20	38.896	15	41	12	40	1	90	0	1	8	Fair	
21	38.28	15	38.8	12	40	1.16	90	0	1	8	Fair	
22	38.5	15	38.8	12	40	1.16	90	0	1	8	Fair	
23	38.852	15	36.7	12	40	3.32	90	0	1	8	Fair	
24	38.698	15	36.7	12	40	3.32	90	0	1	8	Fair	

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.6 Pengumpulan Data Sebelum Perbaikan (Lanjutan)

NO	Object Weight (lbs)	Hand Action (inch)			Vertical Distance D	Asymmetry (°)		Frequency Rate F	Duration Hours	Coupling C
		Origin		Destination V		Origin A	Destination			
		H	V							
25	38.434	15	34.52	12	40	90	0	1	8	Fair
26	38.72	15	34.52	12	40	90	0	1	8	Fair
27	38.94	15	32.36	12	40	90	0	1	8	Fair
28	38.522	15	32.36	12	40	90	0	1	8	Fair
29	38.236	15	30.2	12	40	90	0	1	8	Fair
30	38.434	15	30.2	12	40	90	0	1	8	Fair
31	38.94	15	28.04	12	40	90	0	1	8	Fair
32	38.742	15	28.04	12	40	90	0	1	8	Fair
33	38.544	15	25.88	12	40	90	0	1	8	Fair
34	38.434	15	25.88	12	40	90	0	1	8	Fair
35	38.808	15	23.72	12	40	90	0	1	8	Fair
36	38.61	15	23.72	12	40	90	0	1	8	Fair
37	38.258	15	21.56	12	40	90	0	1	8	Fair
38	38.544	15	21.56	12	40	90	0	1	8	Fair
39	38.852	15	60.44	12	40	90	0	1	8	Fair
40	38.5	15	60.44	12	40	90	0	1	8	Fair
41	38.258	15	58.28	12	40	90	0	1	8	Fair
42	38.5	15	58.28	12	40	90	0	1	8	Fair
43	38.5	15	56.12	12	40	90	0	1	8	Fair
44	38.588	15	56.12	12	40	90	0	1	8	Fair
45	38.83	15	53.96	12	40	90	0	1	8	Fair
46	38.5	15	53.96	12	40	90	0	1	8	Fair
47	38.5	15	51.8	12	40	90	0	1	8	Fair
48	38.676	15	51.8	12	40	90	0	1	8	Fair

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.1.10 Pengukuran Data Antropometri

Pengukuran data antropometri berguna untuk menentukan ukuran alat kerja yang akan dirancang agar peralatan yang dirancang dapat memenuhi kriteria efektif, nyaman, aman, sehat, dan efisien (ENASE). Variabel data antropometri yang dikumpulkan, yaitu lebar bahu (lb), tinggi siku berdiri (tsb), tinggi pinggang berdiri (tpb), panjang telapak tangan (pt), dan tinggi popliteal (tp). Rekapitulasi data antropometri ditunjukkan pada Tabel 4.7:

Tabel 4.7 Data Antropometri Operator (cm)

Dimensi	Agus	Syamsudin	Fadli
Lebar Bahu	38	39	36
Tinggi Siku Berdiri	101	102	97
Jarak Siku Ke Jari	64	66	69
Panjang Telapak Tangan	16	16	15
Tinggi Pinggang Berdiri	89	95	90
Tinggi Popliteal	40	41	38

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.2 Pengolahan Data

Berikut ini adalah pengolahan data yang dilakukan berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

##### 4.2.1 Pengolahan Data Keluhan Kerja dengan Menggunakan Kuesioner NBM

Hasil pengolahan data keluhan operator proses *building* lapisan atas ban dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Nilai Keluhan 3 Operator Proses *Building* Lapisan Atas Ban.

NO	Jenis Keluhan	Operator		
		Agus	Syamsudin	Fadli
1	Sakit kaku di leher			
2	Sakit di bahu kiri	2	2	2
3	Sakit di bahu kanan	2	2	2
4	Sakit di punggung atas			

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 4.8 Rekapitulasi Nilai Keluhan 3 Operator Proses *Building* Lapisan Atas Ban (Lanjutan).

5	Sakit di lengan atas kanan				
6	Sakit di lengan atas kiri				
7	Sakit di siku kanan				
8	Sakit di siku kiri				
9	Sakit di lengan bawah kanan				
10	Sakit di lengan bawah kiri				
11	Sakit di punggung bawah	3	4	4	11
12	Sakit di pergelangan tangan kanan	3	3	3	9
13	Sakit di pergelangan tangan kiri	3	3	3	9
14	Sakit di jari tangan kanan				
15	Sakit di jari tangan kiri				
16	Sakit di panggul				
17	Sakit di paha kanan	3	3	3	9
18	Sakit di paha kiri	3	3	3	9
19	Sakit di lutut kanan	3	3	3	9
20	Sakit di lutut kiri	3	3	3	9
21	Sakit di betis kanan	2	3	2	7
22	Sakit di betis kiri	2	3	2	7
23	Sakit di kaki bawah kanan				
24	Sakit di kaki bawah kiri				
Total					91

(Sumber: Pengolahan Data)

Dari Tabel 4.8 dapat terlihat bahwa total nilai yang didapatkan dari keluhan 3 operator pada proses *building* lapisan atas ban seberat 91. Dengan keluhan sakit terbesar terdapat pada keluhan sakit di punggung bawah, dengan total nilai 11, dan keluhan sakit pada pergelangan tangan kanan, pergelangan tangan kiri, paha kanan, paha kiri, lutut kanan, lutut kiri, dan betis kiri dengan total nilai 9. Menurut Tarwaka, dkk (2004), nilai keluhan seberat 91 memiliki tingkat resiko yang sangat tinggi, sehingga segera diperlukan tindakan untuk mengurangi keluhan pada operator.

#### 4.2.2 Batas Beban Kerja yang Direkomendasikan (*Recommended Weight Limit/RWL*) sebelum perbaikan

Ada 2 macam perhitungan *Recommended Weight Limit* (RWL) yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu metode analisis pekerjaan pengangkatan tunggal (*single task lifting job analysis*) dan analisis pekerjaan pengangkatan berulang (*multi task lifting job analysis*). Hal ini disebabkan oleh perbedaan ketinggian vertikal antara pekerjaan posisi awal dengan ketinggian vertikal pekerjaan posisi akhir.

##### 1. FIRWL Posisi Awal dan LI posisi awal(*origin*)

Untuk RWL pada posisi awal, perhitungan RWL menggunakan metode analisa pekerjaan pengangkatan berulang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ketinggian vertikal pekerjaan posisi awal yang berubah-ubah. Perbedaan ketinggian vertikal ( $v$ ) dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Dengan ketinggian vertikal 151,1 cm atau 60,44 inch, ketinggian horizontal 37,5 cm atau 25 inch, berat *material* 38,236 lbs, maka didapatkan nilai FIRWL sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}\text{FIRWL } origin &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \\ &= 51 \times \left(\frac{10}{H}\right) \times (1 - 0,0075|V - 30|) \times \left(0,82 + \frac{1,8}{D}\right) \times (1 - 0,0032 \times A) \times CM \\ &= 51 \times \left(\frac{10}{15}\right) \times (1 - 0,0075|60,44 - 30|) \times (0,908) \times (1 - 0,0032 \times 90) \times 1 \\ &= 16,96 \text{ lbs atau } 7,71 \text{ Kg.}\end{aligned}$$

$$\text{FILI } origin = \text{Berat } material / \text{RWL}$$

$$= 38,236 \text{ lbs} / 16,96 \text{ lbs}$$

$$= 2,25$$

Dari perhitungan di atas diperoleh FIRWL *origin* dan FILI *origin* untuk jarak terdekat dari tempat penyimpanan paling atas dan mesin seberat 16,96 lbs serta 2,25 untuk nilai FILI. Dengan cara yang sama, FIRWL dan FILI lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 RWL dan LI posisi awal sebelum perbaikan

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM		STRWL	FILI	
							FIRWL	FM		L/FIRWL	L/STRWL
1	51	0.667	0.77	0.908	0.71	1	16.96	0.75	12.722852	2.253976	3.005301
2	51	0.667	0.77	0.908	0.71	1	16.96	0.75	12.722852	2.253976	3.005301
3	51	0.667	0.79	0.918	0.71	1	17.52	0.75	13.1387919	2.196435	2.9285798
4	51	0.667	0.79	0.918	0.71	1	17.52	0.75	13.1387919	2.196435	2.9285798
5	51	0.667	0.8	0.932	0.71	1	18.14	0.75	13.6015645	2.130196	2.8402615
6	51	0.667	0.8	0.932	0.71	1	18.14	0.75	13.6015645	2.137475	2.8499663
7	51	0.667	0.82	0.949	0.71	1	18.84	0.75	14.1329089	2.064119	2.7521581
8	51	0.667	0.82	0.949	0.71	1	18.84	0.75	14.1329089	2.068789	2.7583847
9	51	0.667	0.84	0.973	0.71	1	19.69	0.75	14.7704815	1.969435	2.625913
10	51	0.667	0.84	0.973	0.71	1	19.69	0.75	14.7704815	1.954913	2.6065501
11	51	0.667	0.85	1.007	0.71	1	20.78	0.75	15.5856885	1.849485	2.4659802
12	51	0.667	0.85	1.007	0.71	1	20.78	0.75	15.5856885	1.845251	2.460334
13	51	0.667	0.87	1.061	0.71	1	22.31	0.75	16.7324168	1.713859	2.2851451
14	51	0.667	0.87	1.061	0.71	1	22.31	0.75	16.7324168	1.720762	2.2943488
15	51	0.667	0.89	1.158	0.71	1	24.82	0.75	18.6144739	1.552099	2.0694649
16	51	0.667	0.89	1.158	0.71	1	24.82	0.75	18.6144739	1.56894	2.0919205
17	51	0.667	0.9	1.39	0.71	1	30.32	0.75	22.7397497	1.280687	1.7075826
18	51	0.667	0.9	1.39	0.71	1	30.32	0.75	22.7397497	1.280687	1.7075826
19	51	0.667	0.92	2.62	0.71	1	58.19	0.75	43.6443006	0.661598	0.8821312
20	51	0.667	0.92	2.62	0.71	1	58.19	0.75	43.6443006	0.668403	0.8912046
21	51	0.667	0.93	2.372	0.71	1	53.61	0.75	40.2060776	0.714071	0.9520949
22	51	0.667	0.93	2.372	0.71	1	53.61	0.75	40.2060776	0.718175	0.9575667
23	51	0.667	0.95	1.362	0.71	1	31.32	0.75	23.4924846	1.240354	1.6538055
24	51	0.667	0.95	1.362	0.71	1	31.32	0.75	23.4924846	1.235438	1.6472502

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.9 RWL dan LI posisi awal sebelum perbaikan (Lanjutan)

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM	STRWL	FILI		STLI
									L/FIRWL	L/STRWL	
25	51	0.67	0.966	1.148467	0.712	1	26.8596019	20.1447	1.430922	1.9078962	
26	51	0.67	0.966	1.148467	0.712	1	26.8596019	20.1447	1.44157	1.9220935	
27	51	0.67	0.982	1.055602	0.712	1	25.1017094	18.82628	1.551289	2.068385	
28	51	0.67	0.982	1.055602	0.712	1	25.1017094	18.82628	1.534637	2.046182	
29	51	0.67	0.999	1.003673	0.712	1	24.260482	18.19536	1.576061	2.1014147	
30	51	0.67	0.999	1.003673	0.712	1	24.260482	18.19536	1.584222	2.1122966	
31	51	0.67	1.015	0.970502	0.712	1	23.8392649	17.87945	1.63344	2.1779195	
32	51	0.67	1.015	0.970502	0.712	1	23.8392649	17.87945	1.625134	2.1668453	
33	51	0.67	1.031	0.947479	0.712	1	23.6453055	17.73398	1.630091	2.1734547	
34	51	0.67	1.031	0.947479	0.712	1	23.6453055	17.73398	1.625439	2.1672519	
35	51	0.67	1.047	0.930565	0.712	1	23.5881476	17.69111	1.645233	2.1936441	
36	51	0.67	1.047	0.930565	0.712	1	23.5881476	17.69111	1.636839	2.182452	
37	51	0.67	1.063	0.917614	0.712	1	23.6197176	17.71479	1.619748	2.1596645	
38	51	0.67	1.063	0.917614	0.712	1	23.6197176	17.71479	1.631857	2.1758093	
39	51	0.67	0.772	0.908063	0.712	1	16.9638026	12.72285	2.290288	3.0537178	
40	51	0.67	0.772	0.908063	0.712	1	16.9638026	12.72285	2.269538	3.0260511	
41	51	0.67	0.788	0.918468	0.712	1	17.5183891	13.13879	2.183877	2.9118355	
42	51	0.67	0.788	0.918468	0.712	1	17.5183891	13.13879	2.197691	2.9302542	
43	51	0.67	0.804	0.931663	0.712	1	18.1354194	13.60156	2.122918	2.8305567	
44	51	0.67	0.804	0.931663	0.712	1	18.1354194	13.60156	2.12777	2.8370266	
45	51	0.67	0.82	2.371724	0.712	1	47.0972767	35.32296	0.824464	1.0992851	
46	51	0.67	0.82	2.371724	0.712	1	47.0972767	35.32296	0.817457	1.0899427	
47	51	0.67	0.837	1.362169	0.712	1	27.5839048	20.68793	1.395741	1.8609886	
48	51	0.67	0.837	1.362169	0.712	1	27.5839048	20.68793	1.402122	1.869496	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

## 2. RWL Posisi Akhir dan LI Posisi Akhir (*destination*)

Untuk RWL pada posisi akhir, perhitungan RWL menggunakan metode analisa pekerjaan pengangkatan tunggal. Hal ini disebabkan oleh ketinggian vertikal pekerjaan posisi akhir yang tidak berubah-ubah. Ketinggian vertikal ( $v$ ) dalam perhitungan metode analisis pekerjaan pengangkatan tunggal yang tidak berubah-ubah dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Dengan ketinggian vertikal 100 cm atau 40 inch, ketinggian horizontal 30 cm atau 12 inch, berat *material* 38,236 lbs, maka didapatkan nilai RWL sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{RWL}_{\text{destination}} &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 51 \times \left(\frac{10}{H}\right) \times (1 - 0,0075|V - 30|) \times \left(0,82 + \frac{1,8}{D}\right) \times (1 - 0,0032 \times A) \times FM \\ &\quad \times CM \\ &= 51 \times \left(\frac{10}{12}\right) \times (1 - 0,0075|40 - 30|) \times (0,91) \times (1 - 0,0032 \times 0) \times 0,75 \times 1 \\ &= 26,77 \text{ lbs atau } 12,17 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LI}_{\text{destination}} &= \text{Berat material rata-rata/RWL} \\ &= 38,236\text{lbs}/26,77 \text{ lbs} \\ &= 1,42 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh *RWL destination* dan *LI destination* untuk jarak terdekat dari tempat penyimpanan paling atas dan mesin seberat 26,77 lbs serta 1,42 untuk nilai LI. Dengan cara yang sama, RWL dan LI lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 RWL dan LI posisi akhir sebelum perbaikan

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM		STRWL	FILI		STLI	
							FIRWL	FM		L/FIRWL	L/STRWL	L/STRWL	L/STRWL
1	51	0.833	0.93	0.908	1	1	35.7	0.75	26.7736589	1.07109	1.4281201	1.4281201	
2	51	0.833	0.93	0.908	1	1	35.7	0.75	26.7736589	1.07109	1.4281201	1.4281201	
3	51	0.833	0.93	0.918	1	1	36.11	0.75	27.0804629	1.065658	1.4208767	1.4208767	
4	51	0.833	0.93	0.918	1	1	36.11	0.75	27.0804629	1.065658	1.4208767	1.4208767	
5	51	0.833	0.93	0.932	1	1	36.63	0.75	27.4694874	1.05477	1.4063604	1.4063604	
6	51	0.833	0.93	0.932	1	1	36.63	0.75	27.4694874	1.058374	1.4111658	1.4111658	
7	51	0.833	0.93	0.949	1	1	37.31	0.75	27.9788977	1.042643	1.3901906	1.3901906	
8	51	0.833	0.93	0.949	1	1	37.31	0.75	27.9788977	1.045002	1.3933358	1.3933358	
9	51	0.833	0.93	0.973	1	1	38.23	0.75	28.674804	1.014462	1.352616	1.352616	
10	51	0.833	0.93	0.973	1	1	38.23	0.75	28.674804	1.006982	1.3426421	1.3426421	
11	51	0.833	0.93	1.007	1	1	39.58	0.75	29.6825687	0.971126	1.294834	1.294834	
12	51	0.833	0.93	1.007	1	1	39.58	0.75	29.6825687	0.968902	1.2918693	1.2918693	
13	51	0.833	0.93	1.061	1	1	41.7	0.75	31.272358	0.917008	1.2226772	1.2226772	
14	51	0.833	0.93	1.061	1	1	41.7	0.75	31.272358	0.920701	1.2276017	1.2276017	
15	51	0.833	0.93	1.158	1	1	45.54	0.75	34.1531039	0.845941	1.1279209	1.1279209	
16	51	0.833	0.93	1.158	1	1	45.54	0.75	34.1531039	0.85512	1.1401599	1.1401599	
17	51	0.833	0.93	1.39	1	1	54.63	0.75	40.9720847	0.710789	0.9477184	0.9477184	
18	51	0.833	0.93	1.39	1	1	54.63	0.75	40.9720847	0.710789	0.9477184	0.9477184	
19	51	0.833	0.93	2.62	1	1	103	0.75	77.2490625	0.373791	0.4983879	0.4983879	
20	51	0.833	0.93	2.62	1	1	103	0.75	77.2490625	0.377636	0.5035142	0.5035142	
21	51	0.833	0.93	2.372	1	1	93.24	0.75	69.9288039	0.41056	0.5474139	0.5474139	
22	51	0.833	0.93	2.372	1	1	93.24	0.75	69.9288039	0.41292	0.55056	0.55056	
23	51	0.833	0.93	1.362	1	1	53.55	0.75	40.162692	0.725524	0.9673654	0.9673654	
24	51	0.833	0.93	1.362	1	1	53.55	0.75	40.162692	0.722648	0.963531	0.963531	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.10 RWL dan LI posisi akhir sebelum perbaikan (lanjutan)

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM		STRWL	FILI		STLI	
							FIRWL	FM		L/FIRWL	L/STRWL		
25	51	0.83	0.925	1.148467	1	1	45.149115	0.75	33.86184	0.851268	1.1350241		
26	51	0.83	0.925	1.148467	1	1	45.149115	0.75	33.86184	0.857603	1.1434702		
27	51	0.83	0.925	1.055602	1	1	41.4983573	0.75	31.12377	0.93835	1.2511339		
28	51	0.83	0.925	1.055602	1	1	41.4983573	0.75	31.12377	0.928278	1.2377036		
29	51	0.83	0.925	1.003673	1	1	39.4569133	0.75	29.59268	0.969057	1.2920761		
30	51	0.83	0.925	1.003673	1	1	39.4569133	0.75	29.59268	0.974075	1.2987669		
31	51	0.83	0.925	0.970502	1	1	38.152847	0.75	28.61464	1.020632	1.3608421		
32	51	0.83	0.925	0.970502	1	1	38.152847	0.75	28.61464	1.015442	1.3539226		
33	51	0.83	0.925	0.947479	1	1	37.2477585	0.75	27.93582	1.034801	1.379734		
34	51	0.83	0.925	0.947479	1	1	37.2477585	0.75	27.93582	1.031847	1.3757964		
35	51	0.83	0.925	0.930565	1	1	36.5828409	0.75	27.43713	1.060825	1.4144336		
36	51	0.83	0.925	0.930565	1	1	36.5828409	0.75	27.43713	1.055413	1.4072171		
37	51	0.83	0.925	0.917614	1	1	36.0736958	0.75	27.05527	1.060551	1.4140682		
38	51	0.83	0.925	0.917614	1	1	36.0736958	0.75	27.05527	1.068479	1.4246392		
39	51	0.83	0.925	0.908063	1	1	35.6982118	0.75	26.77366	1.088346	1.4511278		
40	51	0.83	0.925	0.908063	1	1	35.6982118	0.75	26.77366	1.078485	1.4379805		
41	51	0.83	0.925	0.918468	1	1	36.1072839	0.75	27.08046	1.059565	1.4127528		
42	51	0.83	0.925	0.918468	1	1	36.1072839	0.75	27.08046	1.066267	1.4216891		
43	51	0.83	0.925	0.931663	1	1	36.6259833	0.75	27.46949	1.051166	1.4015551		
44	51	0.83	0.925	0.931663	1	1	36.6259833	0.75	27.46949	1.053569	1.4047586		
45	51	0.83	0.925	2.371724	1	1	93.2384052	0.75	69.9288	0.416459	0.5552791		
46	51	0.83	0.925	2.371724	1	1	93.2384052	0.75	69.9288	0.41292	0.55056		
47	51	0.83	0.925	1.362169	1	1	53.550256	0.75	40.16269	0.718951	0.9586011		
48	51	0.83	0.925	1.362169	1	1	53.550256	0.75	40.16269	0.722237	0.9629833		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Untuk beban lapisan atas ban rata-rata seberat 17,5 kg atau 38,5 lbs didapat variasi nilai sebagai berikut:

- a. FIRWL posisi awal antara 16,96 lbs sampai 58,19 lbs atau 7,71 kg sampai 26,45 kg.
- b. RWL posisi akhir antara 12,72 lbs sampai 43,64 lbs atau 5,78 kg sampai 19,84 kg.
- c. FILI posisi awal antara 0,66 sampai dengan 2,29.
- d. LI posisi akhir antara 0,88 sampai 3,02.

Menurut Snook & Ciriello (1991) nilai LI adalah:

$LI > 1$  adalah buruk

$LI \leq 1$  adalah baik

Pada Tabel 4.9 nilai FILI posisi awal yang baik antara 0,88 sampai 0,95 dan pada Tabel 4.10 LI posisi akhir yang baik antara 0,37 sampai 0,96. Sedangkan nilai FILI posisi awal dan posisi akhir yang lain merupakan nilai LI yang jelek, sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk meningkatkan menjadi lebih baik.

#### 4.2.3 Perhitungan Persentil

Perhitungan persentil dilakukan untuk mendapatkan batas ukuran yang diperlukan. Persentil yang digunakan pada perancangan alat bantu ini yaitu persentil 5%, persentil 50% dan persentil 95%. Penentuan persentil ini ditentukan dengan maksud menunjukkan presentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut (Sritomo, 2000).

Untuk menghitung persentil, maka kita harus menghitung standar deviasi dan nilai rata-rata dari pengukuran data antropometri. Standar deviasi untuk jenis pengukuran lebar bahu dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan Standar Deviasi Untuk Jenis Pengukuran Lebar Bahu (cm)

NO	$X_i$	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	38	0,333	0,11
2	39	1,333	1,78
3	36	-1,67	2,78
Jumlah			4,67

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Maka perhitungan standar deviasinya sebagai berikut:

$$\sigma x = \sqrt{\frac{4,67}{3-1}}$$

$$\sigma x = 1,52$$

Setelah menghitung standar deviasi dapat dihitung persentil data. Perhitungan persentil data yang digunakan adalah P<sub>5</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>50</sub>, P<sub>90</sub> dan P<sub>95</sub>. Perhitungan persentil bawah (95%) untuk jenis pengukuran lebar bahu sebagai berikut:

$$P95\% = 37,67 + (1,645 \times 1,52)$$

$$P95\% = 40,17$$

Perhitungan persentil untuk semua jenis pengukuran antropometri dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Data Persentil Operator (cm)

NO	Dimensi	$\bar{X}$	$\sigma X$	P5	P50	P95
1	Lebar Bahu	37,67	1,529	35,15	37,67	40,18
2	Tinggi Siku Berdiri	100	2,647	95,65	100	104,35
3	Jarak Siku ke Jari	66,33	2,516	62,19	66,33	70,47
4	Panjang Telapak Tangan	15,67	0,577	14,6	15,67	16,62
5	Tinggi Popliteal	39,67	1,527	37,15	39,67	42,17

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berikut ini adalah perhitungan persentil yang akan digunakan pada perancangan desain alat bantu yaitu sebagai berikut:

1. Lebar bahu menggunakan persentil 95%.  
Persentil 95% = 40,18 cm.
2. Tinggi siku berdiri menggunakan persentil 50%.  
Persentil 50% = 100 cm.
3. Panjang Telapak Tangan menggunakan persentil 5%.

Persentil 5% = 14,6 cm.

4. Jarak dari siku ke ujung jari menggunakan persentil 95%.

Persentil 95% = 70,47 cm.

5. Tinggi Popliteal menggunakan persentil 50%.

Persentil 50% = 39,67 cm.

## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dalam bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan masalah. Masalah yang akan dibahas adalah penanganan pemindahan bahan secara *manual* pada proses *building* lapisan atas ban dengan memberikan usulan rancangan *material handling*. Analisis dan pembahasan akan dimulai dari:

#### 5.1 Analisis Kondisi Kerja Proses *Building* Lapisan Atas Ban

Pada proses *building* lapisan atas ban, operator mengangkat *material* lapisan atas ban di tempat penyimpanan menuju mesin *building*. Dimana ketinggian pada tempat penyimpanan memiliki ketinggian yang berbeda-beda. Berat *material* yang harus dipindahkan seberat 17,55 kg/unit atau 38,61 lbs/unit. Dalam 1 shift kerja operator harus memindahkan 48 unit lapisan atas ban dengan berat total *material* yang harus dipindahkan seberat 842,4 kg/shift atau 1.853,3 lbs/shift. Operator lebih cepat merasa lelah dikarenakan oleh aktivitas pemindahan bahan yang dilakukan secara terus menerus, sehingga operator tidak dapat melakukan pekerjaan secara optimal dan dapat mengganggu kesehatan. Hal ini disebabkan oleh aktivitas pemindahan bahan secara *manual*. Oleh karena itu diperlukan adanya rancangan alat bantu sehingga operator dapat melakukan pekerjaan secara optimal dan dapat mengurangi keluhan kerja.

Penyebab ketidaknyamanan pada pekerjaan pengangkatan dan pemindahan secara *manual* pada proses *building* lapisan atas ban dapat dilihat pada Gambar 5.1.





Gambar 5.1 Diagram *fishbone* penyebab ketidaknyamanan

(Sumber: Analisis Data)

Terdapat 3 faktor yang mengakibatkan ketidaknyamanan pada pekerjaan pemindahan bahan proses *building* lapisan atas ban. Ketiga faktor tersebut yaitu pada pekerja, alat, dan metode kerja. Pekerja melakukan pekerjaan dengan tidak optimal disebabkan oleh keluhan sakit pada tubuh, sehingga membuat pekerja malas-malasan dalam bekerja. Pada alat, aktivitas pengangkutan dan pemindahan bahan dilakukan secara *manual*. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya fasilitas alat bantu pada aktivitas pemindahan bahan lapisan atas ban.

Selain itu, proses pemindahan bahan yang rumit pada metode kerja disebabkan oleh pengambilan bahan lapisan atas ban di tempat penyimpanan di ketinggian yang berbeda-beda, dan dengan berbagai posisi kerja. Dan juga pemindahan bahan yang berat dan berulang juga merupakan salah satu penyebab permasalahan di metode kerja. Hal-hal tersebut harus dapat diatasi agar operator dapat melakukan pekerjaan secara optimal, sehingga dapat mengurangi keluhan kerja.

## 5.2 Analisis Keluhan Kerja

Berdasarkan pengumpulan dan pengolahan data keluhan kerja operator yang didapatkan dari hasil kuesioner *Nordic Body Map*, didapatkan hasil keluhan kerja terbesar hingga terkecil yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Keluhan Kerja Operator

NO	Jenis Keluhan	Operator			Total
		Agus	Syamsudin	Fadli	
1	Sakit di punggung bawah	3	4	4	11
2	Sakit di pergelangan tangan kanan	3	3	3	9
3	Sakit di pergelangan tangan kiri	3	3	3	9
4	Sakit di paha kanan	3	3	3	9
5	Sakit di paha kiri	3	3	3	9
6	Sakit di lutut kanan	3	3	3	9
7	Sakit di lutut kiri	3	3	3	9
8	Sakit di betis kanan	2	3	2	7
9	Sakit di betis kiri	2	3	2	7
10	Sakit di bahu kiri	2	2	2	6
11	Sakit di bahu kanan	2	2	2	6

(Sumber: Pengolahan Data)

Dari Tabel 5.1 didapatkan perolehan data sebagai berikut:

1. Punggung bawah

Dari hasil pengumpulan data didapat bahwa keluhan pada bagian punggung bawah mendapat skor terbesar yaitu sebesar 11. Dua dari tiga pekerja menjawab bahwa punggung bawah terasa sangat sakit, sedangkan operator lainnya menjawab punggung bawah sering terasa sakit. Hal ini disebabkan pengangkatan beban yang berat dan berulang dari tempat penyimpanan ke mesin *building*, dimana ketinggian di tempat penyimpanan memiliki ketinggian yang berbeda-beda.

2. Pergelangan tangan kanan dan kiri

Dari hasil pengumpulan data didapat tiga pekerja menjawab bahwa pergelangan tangan kanan dan kiri sering terasa sakit. Hal ini disebabkan aktivitas pengangkatan dan pemindahan bahan dilakukan dengan tangan atau dilakukan secara *manual*. Sehingga pergelangan tangan ikut bergerak secara terus menerus yang dapat menyebabkan pergelangan tangan terasa sakit.

3. Paha kanan dan paha kiri

Dari hasil pengumpulan data didapat tiga pekerja menjawab bahwa paha kanan dan kiri sering terasa sakit. Hal ini disebabkan pada aktivitas

pengangkatan beban paha ikut membantu menopang berat beban yang dapat menyebabkan paha terasa sakit.

4. Lutut kanan dan lutut kiri

Dari hasil pengumpulan data didapat tiga pekerja menjawab bahwa lutut kanan dan kiri sering terasa sakit. Hal ini disebabkan naik turunnya badan operator pada saat pengangkatan *material* lapisan atas ban sehingga lutut menjadi sakit.

5. Betis kanan dan betis kiri

Dari hasil pengumpulan data didapat dua dari tiga pekerja menjawab bahwa betis kanan dan kiri sering terasa sakit. Sedangkan operator lain menjawab betis kanan dan kiri terasa agak sakit. Hal ini disebabkan pada aktivitas pengangkatan beban betis kanan dan kiri menopang dalam mengangkat beban yang dapat menyebabkan betis terasa sakit.

6. Bahu kanan dan bahu kiri

Dari hasil pengumpulan data didapat tiga pekerja menjawab bahwa bahu kanan dan kiri terasa agak sakit. Hal ini disebabkan proses pengangkatan yang berat dan berulang serta, operator menaruh *material* di bahu pada saat aktivitas pemindahan bahan.

### 5.3 Analisis RWL Sebelum Perbaikan

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan nilai *RWL* untuk melihat apakah beban pengangkatan yang dilakukan oleh operator *building* lapisan atas ban direkomendasikan atau tidak. Perhitungan yang dilakukan pada posisi awal (*origin*) menggunakan metode *RWL* pekerjaan pengangkatan berulang (*multi task lifting job analysis*). Hal ini disebabkan perubahan jarak ketinggian vertikal setiap dilakukan pemindahan lapisan atas ban dari tempat penyimpanan ke mesin *building*. Sedangkan perhitungan yang dilakukan pada posisi akhir menggunakan metode *RWL* pekerjaan pengangkatan tunggal (*single task lifting job analysis*). Hal ini disebabkan jarak ketinggian vertikal yang terjadi selalu tetap setiap dilakukan pemindahan lapisan atas ban dari tempat penyimpanan ke mesin

*building*. Rekapitulasi perhitungan nilai RWL dan LI untuk posisi awal (*origin*) dan posisi akhir (*destination*) dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rekapitulasi perhitungan RWL dan LI posisi awal (*origin*) dan posisi akhir (*destination*)

NO	Origin				Destination				NO	Origin				Destination			
	H	V	FIRWL	FILI	H	V	RWL	LI		H	V	FIRWL	FILI	H	V	RWL	LI
1	15	60.44	16.964	2.254	12	40	26.774	1.4281	25	15	34.52	26.86	1.431	12	40	33.862	1.135
2	15	60.44	16.964	2.254	12	40	26.774	1.4281	26	15	34.52	26.86	1.442	12	40	33.862	1.143
3	15	58.28	17.518	2.1964	12	40	27.08	1.4209	27	15	32.36	25.1	1.551	12	40	31.124	1.251
4	15	58.28	17.518	2.1964	12	40	27.08	1.4209	28	15	32.36	25.1	1.535	12	40	31.124	1.238
5	15	56.12	18.135	2.1302	12	40	27.469	1.4064	29	15	30.2	24.26	1.576	12	40	29.593	1.292
6	15	56.12	18.135	2.1375	12	40	27.469	1.4112	30	15	30.2	24.26	1.584	12	40	29.593	1.299
7	15	53.96	18.844	2.0641	12	40	27.979	1.3902	31	15	28.04	23.84	1.633	12	40	28.615	1.361
8	15	53.96	18.844	2.0688	12	40	27.979	1.3933	32	15	28.04	23.84	1.625	12	40	28.615	1.354
9	15	51.8	19.694	1.9694	12	40	28.675	1.3526	33	15	25.88	23.65	1.63	12	40	27.936	1.38
10	15	51.8	19.694	1.9549	12	40	28.675	1.3426	34	15	25.88	23.65	1.625	12	40	27.936	1.376
11	15	49.64	20.781	1.8495	12	40	29.683	1.2948	35	15	23.72	23.59	1.645	12	40	27.437	1.414
12	15	49.64	20.781	1.8453	12	40	29.683	1.2919	36	15	23.72	23.59	1.637	12	40	27.437	1.407
13	15	47.48	22.31	1.7139	12	40	31.272	1.2227	37	15	21.56	23.62	1.62	12	40	27.055	1.414
14	15	47.48	22.31	1.7208	12	40	31.272	1.2276	38	15	21.56	23.62	1.632	12	40	27.055	1.425
15	15	45.32	24.819	1.5521	12	40	34.153	1.1279	39	15	60.44	16.96	2.29	12	40	26.774	1.451
16	15	45.32	24.819	1.5689	12	40	34.153	1.1402	40	15	60.44	16.96	2.27	12	40	26.774	1.438
17	15	43.16	30.32	1.2807	12	40	40.972	0.9477	41	15	58.28	17.52	2.184	12	40	27.08	1.413
18	15	43.16	30.32	1.2807	12	40	40.972	0.9477	42	15	58.28	17.52	2.198	12	40	27.08	1.422
19	15	41	58.192	0.6616	12	40	77.249	0.4984	43	15	56.12	18.14	2.123	12	40	27.469	1.402
20	15	41	58.192	0.6684	12	40	77.249	0.5035	44	15	56.12	18.14	2.128	12	40	27.469	1.405
21	15	38.84	53.608	0.7141	12	40	69.929	0.5474	45	15	53.96	47.1	0.824	12	40	69.929	0.555
22	15	38.84	53.608	0.7182	12	40	69.929	0.5506	46	15	53.96	47.1	0.817	12	40	69.929	0.551
23	15	36.68	31.323	1.2404	12	40	40.163	0.9674	47	15	51.8	27.58	1.396	12	40	40.163	0.959
24	15	36.68	31.323	1.2354	12	40	40.163	0.9635	48	15	51.8	27.58	1.402	12	40	40.163	0.963

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Untuk berat *material* lapisan atas ban 17,5 kg atau 38,61 lbs didapat variasi nilai sebagai berikut:

- a. FIRWL posisi awal antara 16,96 lbs sampai 58,19 lbs.
- b. RWL posisi akhir antara 26,77 lbs sampai 77,24 lbs.
- c. FILI posisi awal antara 2,29 sampai dengan 0,66.
- d. LI posisi akhir antara 1,42 sampai 0,5.
- e. Untuk lapisan atas ban pada posisi awal no 1 sampai 18 dan 23 sampai 44, dan 47 sampai 48 dengan nilai  $1,0 < \text{FILI} < 3,0$  menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut mengandung risiko pada timbulnya sakit punggung pada sebagian besar operator.
- f. Untuk lapisan atas ban pada posisi awal no 19 sampai 22, dan 45 sampai 46 dengan nilai  $\text{LI} < 1$ , menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut aman.
- g. Untuk lapisan atas ban pada posisi akhir no 1 sampai 16 dan 25 sampai 44 dengan nilai  $1,0 < \text{FILI} < 3,0$  menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut mengandung risiko pada timbulnya sakit punggung pada sebagian besar operator.
- h. Untuk lapisan atas ban pada posisi akhir no 17 sampai 24 dan 45 sampai 48 dengan nilai  $\text{LI} < 1$ , menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut aman.

Dari nilai yang diperoleh tersebut, dapat diketahui bahwa nilai  $\text{LI} > 1$  pada pemindahan *material* lapisan atas ban untuk proses *building* lapisan atas ban ini tidak aman, sehingga dibutuhkan alat bantu perpindahan untuk menopang berat beban *material* dan mengurangi pemindahan bahan yang berulang.

#### 5.4 Analisis Data Antropometri

Data antropometri dibutuhkan dalam perancangan desain produk yang sesuai dengan kebutuhan penggunaannya. Dalam hal ini data antropometri dibutuhkan untuk perancangan desain meja troli pada proses pemindahan bahan lapisan atas ban. Operator yang diukur untuk data antropometri berjumlah 3 orang pada proses *building* lapisan atas ban. Pengukuran antropometri dari operator

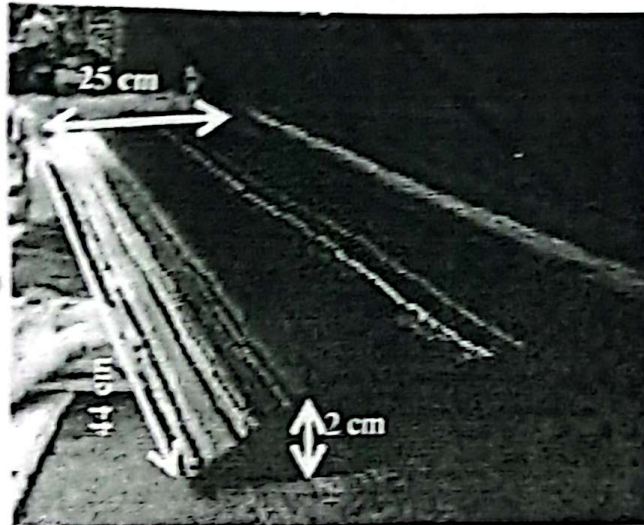
tangan, tinggi pinggang berdiri, dan tinggi popliteal. Untuk merancang produk sesuai dengan ukuran tubuh operator maka diperlukan perhitungan persentil.

Perhitungan persentil bertujuan untuk dapat memenuhi dua sasaran perancangan produk, yaitu dapat sesuai untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya dan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain (mayoritas dari populasi yang ada). Pemilihan persentil yang akan digunakan untuk perancangan desain meja troli menggunakan persentil sebagai berikut:

1. Lebar bahu menggunakan persentil 95%.  
Persentil 95% = 40,17 cm.
2. Tinggi siku berdiri menggunakan persentil 50%.  
Persentil 5% = 100 cm.
3. Panjang Telapak Tangan menggunakan persentil 5%.  
Persentil 5% = 14,67 cm.
4. Jarak dari siku ke ujung jari menggunakan persentil 95%.  
Persentil 95% = 69,67 cm.
5. Tinggi Popliteal menggunakan persentil 50%.  
Persentil 50% = 39,7 cm.

### **5.5 Usulan Perancangan *Material Handling***

Meja troli dirancang berdasarkan karakteristik produk. Karakteristik dari produk lapisan atas ban memiliki sifat mudah lengket, ukurannya memiliki panjang 44 cm atau 440 mm, lebar 25 cm atau 250 mm dan tinggi 2 cm atau 20 mm. Berat dari lapisan atas ban 17,55 kg atau 38,61 lbs dengan bentuk persegi panjang. Ukuran lapisan atas ban dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Lapisan Atas Ban (*Top Tread Tipe TL-98*)  
(Sumber: PT Bridgestone Tire Indonesia)

Usulan desain perancangan ban berjalan menggunakan data antropometri dari operator yang diukur sebagai berikut:

1. Tinggi dari Pegangan Meja Troli ke Lantai

Tinggi untuk meja troli disesuaikan dengan tinggi siku berdiri operator. Tinggi meja troli dipilih menggunakan tinggi siku berdiri dengan persentil 50% dikarenakan ukuran rata-rata dari operator yang akan menggunakan meja troli tersebut. Tinggi meja troli yang dipilih seberat 100 cm atau 1000 mm.

2. Lebar Meja Troli

Lebar dari meja troli disesuaikan dengan lebar bahu operator. Lebar meja troli yang dipilih menggunakan lebar bahu dengan persentil 95%. Lebar meja troli yang dipilih seberat 40,18 cm atau 40 cm atau 400 mm. Ukuran meja troli lebih besar dari lebar lapisan atas ban dikarenakan pada saat lapisan atas ban yang berada diatas meja troli tidak jatuh saat meja troli digunakan.

3. Panjang Meja Troli

Panjang meja troli disesuaikan dari panjang lapisan atas ban, panjang lapisan atas ban 44 cm sehingga meja troli harus melebihi panjang dari lapisan atas ban. Panjang untuk meja troli digunakan seberat 54 cm atau 540 mm. Ukuran

meja troli lebih besar dari panjang lapisan atas ban dikarenakan pada saat lapisan atas ban yang berada diatas meja troli tidak jatuh saat meja troli digunakan.

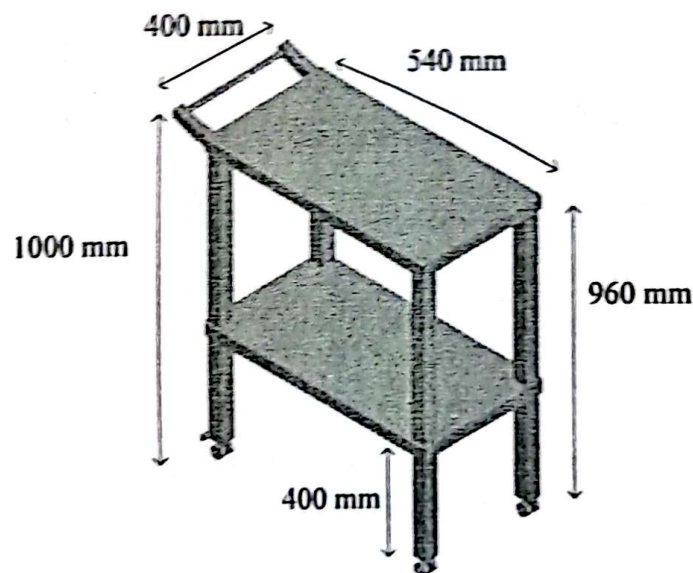
4. Tinggi dari Penampang Meja Troli Ke Lantai

Tinggi dari penampang meja troli ke lantai disesuaikan dengan tinggi siku berdiri operator. Tinggi meja troli dipilih menggunakan tinggi siku berdiri dengan persentil 5%. Tinggi dari penampang meja troli ke lantai yang dipilih seberat 95,65 cm atau 96 cm atau 960 mm.

5. Tinggi Meja Troli dari Penampang Kedua dengan Permukaan Lantai

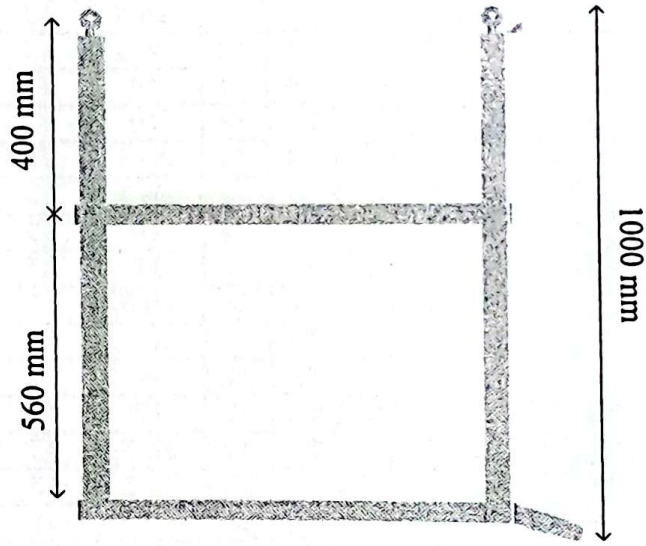
Tinggi meja troli dari penampang kedua dengan permukaan lantai pada meja troli disesuaikan dengan tinggi popliteal. Tinggi dari penampang kedua menggunakan persentil 50%. Tinggi dari penampang meja troli ke lantai yang dipilih seberat 39,67 cm atau 40 cm atau 400 mm.

Usulan desain perancangan meja troli pada proses pemindahan *material* lapisan atas ban dapat dilihat pada Gambar 5.3, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5.

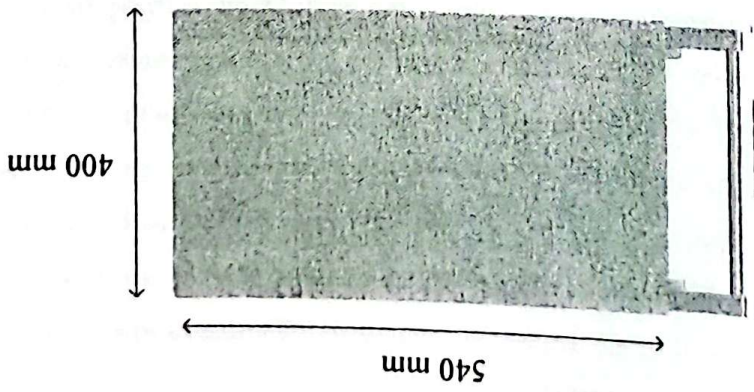


Gambar 5.3 Desain Usulan Meja Troli  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Gambar 5.5 Tampak Depan Meja Troli  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 5.4 Tampak Atas Meja Troli  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



## 5.6 Analisis Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan yang dilakukan adalah menggunakan alat bantu berupa meja troli pada saat aktivitas pemindahan bahan. Pada kondisi awal pemindahan bahan dilakukan secara *manual*, sedangkan usulan perbaikan menggunakan alat bantu sehingga dapat mengurangi pemindahan bahan yang berulang. Setelah adanya alat bantu, ketinggian vertikal pada posisi awal pun dapat berubah. Pada kondisi sebelum perbaikan ketinggian vertikal (v) pada kondisi awal seberat 151,1 cm atau 60,44 inch. Setelah adanya alat bantu ketinggian vertikal pada kondisi awal berubah menjadi 98 cm atau 39,2 inch. Perubahan ketinggian vertikal pada posisi awal dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Jarak Horizontal (h) dan Ketinggian Vertikal (v) Posisi Awal dan Posisi Akhir (*inch*)

NO	Origin		Destination		NO	Origin		Destination	
	H	V	H	V		H	V	H	V
1	15	39.2	12	40	25	15	39.2	12	40
2	15	39.2	12	40	26	15	39.2	12	40
3	15	16	12	40	27	15	16	12	40
4	15	16	12	40	28	15	16	12	40
5	15	39.2	12	40	29	15	39.2	12	40
6	15	39.2	12	40	30	15	39.2	12	40
7	15	16	12	40	31	15	16	12	40
8	15	16	12	40	32	15	16	12	40
9	15	39.2	12	40	33	15	39.2	12	40
10	15	39.2	12	40	34	15	39.2	12	40
11	15	16	12	40	35	15	16	12	40
12	15	16	12	40	36	15	16	12	40
13	15	39.2	12	40	37	15	39.2	12	40
14	15	39.2	12	40	38	15	39.2	12	40
15	15	16	12	40	39	15	16	12	40
16	15	16	12	40	40	15	16	12	40
17	15	39.2	12	40	41	15	39.2	12	40
18	15	39.2	12	40	42	15	39.2	12	40
19	15	16	12	40	43	15	16	12	40
20	15	16	12	40	44	15	16	12	40
21	15	39.2	12	40	45	15	39.2	12	40
22	15	39.2	12	40	46	15	39.2	12	40
23	15	16	12	40	47	15	16	12	40
24	15	16	12	40	48	15	16	12	40

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 5.6 Rekapitulasi FIRWL, FILI, RWL, LI, Sebelum dan Setelah Perbaikan Posisi Awal dan Posisi Akhir.

NO	FIRWL		FILI		RWL		LI		FIRWL		FILI		RWL		LI		
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	
1	16.9638	69.1906	2.25398	0.55262	26.7737	78.4481	1.42812	0.487405	25	26.8596	69.19058	1.43092	0.55548	33.8618	78.4481	1.13502	0.48993
2	16.9638	69.1906	2.25398	0.55262	26.7737	78.4481	1.42812	0.487405	26	26.8596	69.19058	1.44157	0.55961	33.8618	78.4481	1.14347	0.49357
3	17.5184	23.9411	2.19643	1.60719	27.0805	22.87	1.420877	1.682463	27	25.1017	23.94111	1.55129	1.62649	31.1238	22.87	1.25113	1.70266
4	17.5184	23.9411	2.19643	1.60719	27.0805	22.87	1.420877	1.682463	28	25.1017	23.94111	1.53464	1.60903	31.1238	22.87	1.2377	1.68439
5	18.1354	69.1906	2.1302	0.55834	27.4695	78.4481	1.40636	0.492453	29	24.2605	69.19058	1.57606	0.55262	29.5927	78.4481	1.29208	0.48741
6	18.1354	69.1906	2.13747	0.56025	27.4695	78.4481	1.411166	0.494136	30	24.2605	69.19058	1.58422	0.55548	29.5927	78.4481	1.29877	0.48993
7	18.8439	23.9411	2.06412	1.62465	27.9789	22.87	1.390191	1.70074	31	23.8393	23.94111	1.63344	1.62649	28.6146	22.87	1.36084	1.70266
8	18.8439	23.9411	2.06879	1.62833	27.9789	22.87	1.393336	1.704588	32	23.8393	23.94111	1.62513	1.61822	28.6146	22.87	1.35392	1.69401
9	19.694	69.1906	1.96943	0.56057	28.6748	78.4481	1.352616	0.494416	33	23.6453	69.19058	1.63009	0.55707	27.9358	78.4481	1.37973	0.49133
10	19.694	69.1906	1.95491	0.55643	28.6748	78.4481	1.342642	0.49077	34	23.6453	69.19058	1.62544	0.55548	27.9358	78.4481	1.3758	0.48993
11	20.7809	23.9411	1.84949	1.60536	29.6826	22.87	1.294834	1.680539	35	23.5881	23.94111	1.64523	1.62098	27.4371	22.87	1.41443	1.69689
12	20.7809	23.9411	1.84525	1.60168	29.6826	22.87	1.291869	1.676691	36	23.5881	23.94111	1.63684	1.61271	27.4371	22.87	1.40722	1.68823
13	22.3099	69.1906	1.71386	0.55262	31.2724	78.4481	1.222677	0.487405	37	23.6197	69.19058	1.61975	0.55294	27.0553	78.4481	1.41407	0.48769
14	22.3099	69.1906	1.72076	0.55484	31.2724	78.4481	1.227602	0.489368	38	23.6197	69.19058	1.63186	0.55707	27.0553	78.4481	1.42464	0.49133
15	24.8193	23.9411	1.5521	1.60903	34.1531	22.87	1.127921	1.684387	39	16.9638	23.94111	2.29029	1.62282	26.7737	22.87	1.45113	1.69882
16	24.8193	23.9411	1.56894	1.62649	34.1531	22.87	1.14016	1.702664	40	16.9638	23.94111	2.26954	1.60811	26.7737	22.87	1.43798	1.68342
17	30.3197	69.1906	1.28069	0.5612	40.9721	78.4481	0.947718	0.494977	41	17.5184	69.19058	2.18388	0.55294	27.0805	78.4481	1.41275	0.48769
18	30.3197	69.1906	1.28069	0.5612	40.9721	78.4481	0.947718	0.494977	42	17.5184	69.19058	2.19769	0.55643	27.0805	78.4481	1.42169	0.49077
19	58.1924	23.9411	0.6616	1.60811	77.2491	22.87	0.498388	1.683425	43	18.1354	23.94111	2.12292	1.60811	27.4695	22.87	1.40156	1.68342
20	58.1924	23.9411	0.6684	1.62465	77.2491	22.87	0.503514	1.70074	44	18.1354	23.94111	2.12777	1.61179	27.4695	22.87	1.40476	1.68727
21	53.6081	69.1906	0.71407	0.55325	69.9288	78.4481	0.547414	0.487966	45	47.0973	69.19058	0.82446	0.5612	69.9288	78.4481	0.55528	0.49498
22	53.6081	69.1906	0.71818	0.55643	69.9288	78.4481	0.55056	0.49077	46	47.0973	69.19058	0.81746	0.55643	69.9288	78.4481	0.55056	0.49077
23	31.3233	23.9411	1.24035	1.62282	40.1627	22.87	0.967365	1.698816	47	27.5839	23.94111	1.39574	1.60811	40.1627	22.87	0.9386	1.68342
24	31.3233	23.9411	1.23544	1.61638	40.1627	22.87	0.963531	1.692082	48	27.5839	23.94111	1.40212	1.61546	40.1627	22.87	0.96298	1.69112

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Dari hasil rekapitulasi FIRWL, FILI, RWL, dan LI pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 di atas, dapat terlihat terjadi peningkatan nilai. Hal ini disebabkan adanya alat bantu berupa meja troli, sehingga terjadi penurunan nilai ketinggian vertikal ( $v$ ) pada posisi awal (*origin*) setelah perbaikan. Ketinggian posisi awal sebelum perbaikan 151,1 cm atau 60,44 inch turun menjadi 98 cm atau 38,2 inch setelah adanya alat bantu meja troli. Penurunan nilai  $v$  berpengaruh terhadap hasil FIRWL, FILI, RWL, dan LI sebelum perbaikan. Variasi nilai FILI dan LI pada posisi awal dan posisi akhir setelah perbaikan yaitu sebagai berikut:

- a. Untuk lapisan atas ban pada posisi awal no 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 47, dan 48 dengan nilai  $1,0 < \text{FILI} < 3,0$  menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut mengandung risiko pada timbulnya sakit punggung pada sebagian besar operator.
- b. Untuk lapisan atas ban pada posisi awal no 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, dan 46 dengan nilai  $\text{LI} < 1$ , menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut aman.
- c. Untuk lapisan atas ban pada posisi akhir no 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 47, dan 48 dengan nilai  $1,0 < \text{LI} < 3,0$  menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut mengandung risiko pada timbulnya sakit punggung pada sebagian besar operator.
- d. Untuk lapisan atas ban pada posisi akhir no 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, dan 46 dengan nilai  $\text{LI} < 1$ , menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut aman.

Dari nilai yang diperoleh tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat 24 *material* yang memiliki nilai  $\text{LI} < 1$ . Hal ini disebabkan adanya alat bantu meja troli untuk mengurangi pemindahan bahan yang berulang. Selain itu, dengan adanya meja troli operator tidak lagi melakukan pemindahan bahan secara *manual*. Sehingga diharapkan dapat memperbaiki kerja, memberikan rasa aman dan nyaman, dan operator dapat bekerja secara optimal.

Untuk RWL setelah perbaikan pada posisi awal, perhitungan RWL menggunakan metode analisis pekerjaan pengangkatan berulang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ketinggian vertikal pekerjaan posisi awal yang berubah-ubah, dan pemindahan benda dilakukan di banyak titik. Perbedaan ketinggian vertikal (v) dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Dengan ketinggian vertikal 98 cm atau 39,2 inch, ketinggian horizontal 37,5 cm atau 25 inch, berat *material* 17,55 kg atau 38,61 lbs, maka didapatkan nilai FIRWL sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{FIRWL } origin &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{H}\right) \times (1 - 0,0075|V - 30|) \times \left(0,82 + \frac{1,8}{D}\right) \times (1 - 0,0032 \times A) \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{15}\right) \times (1 - 0,0075|39,2 - 30|) \times (3,07) \times (1 - 0,0032 \times 90) \times 0,65 \times 1 \\
 &= 69,191 \text{ lbs atau } 31,45 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FILI } origin &= \text{Berat } material \text{ rata-rata} / \text{FIRWL} \\
 &= 38,23 \text{ lbs} / 69,191 \text{ lbs} \\
 &= 0,55
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh FIRWL *origin* dan FILI *origin* untuk jarak terdekat dari meja troli penampang paling atas dan mesin seberat 69,191 lbs serta 0,55 untuk nilai FILI. Dengan cara yang sama, FIRWL dan FILI lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 FIRWL dan FILI Posisi Awal Setelah Perbaikan

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM	STRWL	FILI		STLI		New Task No	F
									L/FIRWL	L/STRWL	L/FIRWL	L/STRWL		
1	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	1	2	
2	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	2	2	
3	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	3	2	
4	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	4	2	
5	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	5	2	
6	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	6	2	
7	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	7	2	
8	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	8	2	
9	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	9	2	
10	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	10	2	
11	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	11	2	
12	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	12	2	
13	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	13	2	
14	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	14	2	
15	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	15	2	
16	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	16	2	
17	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	17	2	
18	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	18	2	
19	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	19	2	
20	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	20	2	
21	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	21	2	
22	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	44.9739	0.6995172	0.85849838	0.85849838	22	2	
23	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	23	2	
24	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	14.7836	2.128029	2.6116719	2.6116719	24	2	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 5.4 FIRWL dan FILI Posisi Awal Setelah Perbaikan (Lanjutan)

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM	STRWL	FILI		STLI		New Task No	F
									L/FIRWL	L/STRWL	L/FIRWL	L/STRWL		
25	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.65	44.9739	0.6995172	0.85849838	25	2	
26	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	26	2	
27	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	27	2	
28	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	28	2	
29	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	29	2	
30	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	30	2	
31	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	31	2	
32	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	32	2	
33	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	33	2	
34	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	34	2	
35	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	35	2	
36	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	36	2	
37	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	37	2	
38	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	38	2	
39	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	39	2	
40	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	40	2	
41	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	41	2	
42	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	42	2	
43	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	43	2	
44	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	44	2	
45	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	45	2	
46	51	0.66667	0.931	3.07	0.712	1	69.191	0.75	51.8929	0.6995172	0.74403193	46	2	
47	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	47	2	
48	51	0.66667	1.105	0.895	0.712	0.95	22.744	0.75	17.058	2.128029	2.26344898	48	2	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Untuk RWL pada posisi akhir, perhitungan RWL menggunakan metode analisis pekerjaan pengangkatan tunggal. Hal ini disebabkan oleh ketinggian vertikal pekerjaan posisi akhir yang tidak berubah-ubah, dan pemindahan bahan hanya di satu titik. Ketinggian vertikal (v) dalam perhitungan metode analisis pekerjaan pengangkatan tunggal yang tidak berubah-ubah dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Dengan ketinggian vertikal 100 cm atau 40 inch, ketinggian horizontal 30 cm atau 12 inch, berat material 17,55 kg atau 38,61 lbs, maka didapatkan nilai RWL sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{RWL destination} &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{H}\right) \times (1 - 0,0075|V - 30|) \times \left(0,82 + \frac{1,8}{D}\right) \times (1 - 0,0032 \times A) \times FM \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{12}\right) \times (1 - 0,0075|40 - 30|) \times (3,07) \times (1 - 0,0032 \times 0) \times 0,65 \times 1 \\
 &= 78,44 \text{ lbs atau } 35,65 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\text{LI destination} = \text{Berat material rata-rata/RWL}$$

$$= 38.61 \text{ lbs}/78,44 \text{ lbs}$$

$$= 0,49$$

Dari perhitungan di atas diperoleh RWL *destination* dan LI *destination* untuk jarak terdekat dari meja troli penampang paling atas dan mesin seberat 78,44 lbs serta 0,49 untuk nilai FILI. Dengan cara yang sama, FIRWL dan FILI lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.4. Rekapitulasi nilai RWL dan LI posisi awal dan akhir setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

Tabel 5.5 FIRWL dan FILI Posisi Akhir Setelah Perbaikan

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM	RWL	LI	NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM	RWL	LI
1	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.487	25	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4899
2	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.487	26	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4936
3	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.682	27	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.7027
4	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.682	28	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6844
5	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.492	29	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4874
6	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.494	30	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4899
7	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.701	31	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.7027
8	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.705	32	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.694
9	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.494	33	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4913
10	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.491	34	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4899
11	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.681	35	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6969
12	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.677	36	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6832
13	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.487	37	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4877
14	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.489	38	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4913
15	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.684	39	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6988
16	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.703	40	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6834
17	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.495	41	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4877
18	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.495	42	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4908
19	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.683	43	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6834
20	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.701	44	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6873
21	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.488	45	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.495
22	51	0.8333	0.925	3.07	1	1	0.65	78.448	0.491	46	51	0.833	0.925	3.07	1	1	0.65	78.4481	0.4908
23	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.699	47	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6834
24	51	0.8333	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.692	48	51	0.833	0.925	0.895	1	1	0.65	22.87	1.6911

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 5.6 Rekapitulasi FIRWL, FILI, RWL, LI, Sebelum dan Setelah Perbaikan Posisi Awal dan Posisi Akhir.

NO	FIRWL		FILI		RWL		LI		NO	FIRWL		FILI		RWL		LI	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	16.9638	69.1906	2.25398	0.55262	26.7737	78.4481	1.42812	0.487405	25	26.8596	69.19058	1.43092	0.55548	33.8618	78.4481	1.13502	0.48993
2	16.9638	69.1906	2.25398	0.55262	26.7737	78.4481	1.42812	0.487405	26	26.8596	69.19058	1.44157	0.55961	33.8618	78.4481	1.14347	0.49357
3	17.5184	23.9411	2.19643	1.60719	27.0805	22.87	1.420877	1.682463	27	25.1017	23.94111	1.55129	1.62649	31.1238	22.87	1.25113	1.70266
4	17.5184	23.9411	2.19643	1.60719	27.0805	22.87	1.420877	1.682463	28	25.1017	23.94111	1.53464	1.60903	31.1238	22.87	1.2377	1.68439
5	18.1354	69.1906	2.1302	0.55834	27.4695	78.4481	1.40636	0.492453	29	24.2605	69.19058	1.57606	0.55262	29.5927	78.4481	1.29208	0.48741
6	18.1354	69.1906	2.13747	0.56025	27.4695	78.4481	1.411166	0.494136	30	24.2605	69.19058	1.58422	0.55548	29.5927	78.4481	1.29877	0.48993
7	18.8439	23.9411	2.06412	1.62465	27.9789	22.87	1.390191	1.70074	31	23.8393	23.94111	1.63344	1.62649	28.6146	22.87	1.36084	1.70266
8	18.8439	23.9411	2.06879	1.62833	27.9789	22.87	1.393336	1.704588	32	23.8393	23.94111	1.62513	1.61822	28.6146	22.87	1.35392	1.69401
9	19.694	69.1906	1.96943	0.56057	28.6748	78.4481	1.352616	0.494416	33	23.6453	69.19058	1.63009	0.55707	27.9358	78.4481	1.37973	0.49133
10	19.694	69.1906	1.95491	0.55643	28.6748	78.4481	1.342642	0.49077	34	23.6453	69.19058	1.62544	0.55548	27.9358	78.4481	1.3758	0.48993
11	20.7809	23.9411	1.84949	1.60536	29.6826	22.87	1.294834	1.680539	35	23.5881	23.94111	1.64523	1.62098	27.4371	22.87	1.41443	1.69659
12	20.7809	23.9411	1.84525	1.60168	29.6826	22.87	1.291869	1.676691	36	23.5881	23.94111	1.63684	1.61271	27.4371	22.87	1.40722	1.68823
13	22.3099	69.1906	1.71386	0.55262	31.2724	78.4481	1.222677	0.487405	37	23.6197	69.19058	1.61975	0.55294	27.0553	78.4481	1.41407	0.48769
14	22.3099	69.1906	1.72076	0.55484	31.2724	78.4481	1.227602	0.489368	38	23.6197	69.19058	1.63186	0.55707	27.0553	78.4481	1.42464	0.49133
15	24.8193	23.9411	1.5521	1.60903	34.1531	22.87	1.127921	1.684387	39	16.9638	23.94111	2.29029	1.62282	26.7737	22.87	1.45113	1.69832
16	24.8193	23.9411	1.56894	1.62649	34.1531	22.87	1.14016	1.702664	40	16.9638	23.94111	2.26954	1.60811	26.7737	22.87	1.43798	1.68342
17	30.3197	69.1906	1.28069	0.5612	40.9721	78.4481	0.947718	0.494977	41	17.5184	69.19058	2.18388	0.55294	27.0805	78.4481	1.41275	0.48769
18	30.3197	69.1906	1.28069	0.5612	40.9721	78.4481	0.947718	0.494977	42	17.5184	69.19058	2.19769	0.55643	27.0805	78.4481	1.42169	0.49077
19	58.1924	23.9411	0.6616	1.60811	77.2491	22.87	0.498388	1.683425	43	18.1354	23.94111	2.12292	1.60811	27.4695	22.87	1.40156	1.68342
20	58.1924	23.9411	0.6684	1.62465	77.2491	22.87	0.503514	1.70074	44	18.1354	23.94111	2.12777	1.61179	27.4695	22.87	1.40476	1.68727
21	53.6081	69.1906	0.71407	0.55325	69.9288	78.4481	0.547414	0.487966	45	47.0973	69.19058	0.82446	0.5612	69.9288	78.4481	0.55528	0.49498
22	53.6081	69.1906	0.71818	0.55643	69.9288	78.4481	0.55056	0.49077	46	47.0973	69.19058	0.81746	0.55643	69.9288	78.4481	0.55056	0.49077
23	31.3233	23.9411	1.24035	1.62282	40.1627	22.87	0.967365	1.698816	47	27.5839	23.94111	1.39574	1.60811	40.1627	22.87	0.9386	1.68342
24	31.3233	23.9411	1.23544	1.61638	40.1627	22.87	0.963531	1.692082	48	27.5839	23.94111	1.40212	1.61546	40.1627	22.87	0.96298	1.69112

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Dari hasil rekapitulasi FIRWL, FILI, RWL, dan LI pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 di atas, dapat terlihat terjadi peningkatan nilai. Hal ini disebabkan adanya alat bantu berupa meja troli, sehingga terjadi penurunan nilai ketinggian vertikal ( $v$ ) pada posisi awal (*origin*) setelah perbaikan. Ketinggian posisi awal sebelum perbaikan 151,1 cm atau 60,44 inch turun menjadi 98 cm atau 38,2 inch setelah adanya alat bantu meja troli. Penurunan nilai  $v$  berpengaruh terhadap hasil FIRWL, FILI, RWL, dan LI sebelum perbaikan. Variasi nilai FILI dan LI pada posisi awal dan posisi akhir setelah perbaikan yaitu sebagai berikut:

- a. Untuk lapisan atas ban pada posisi awal no 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 47, dan 48 dengan nilai  $1,0 < \text{FILI} < 3,0$  menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut mengandung risiko pada timbulnya sakit punggung pada sebagian besar operator.
- b. Untuk lapisan atas ban pada posisi awal no 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, dan 46 dengan nilai  $\text{LI} < 1$ , menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut aman.
- c. Untuk lapisan atas ban pada posisi akhir no 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 39, 40, 43, 44, 47, dan 48 dengan nilai  $1,0 < \text{LI} < 3,0$  menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut mengandung risiko pada timbulnya sakit punggung pada sebagian besar operator.
- d. Untuk lapisan atas ban pada posisi akhir no 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 37, 38, 41, 42, 45, dan 46 dengan nilai  $\text{LI} < 1$ , menandakan bahwa pekerjaan yang dilakukan tersebut aman.

Dari nilai yang diperoleh tersebut, dapat diketahui bahwa terdapat 24 *material* yang memiliki nilai  $\text{LI} < 1$ . Hal ini disebabkan adanya alat bantu meja troli untuk mengurangi pemindahan bahan yang berulang. Selain itu, dengan adanya meja troli operator tidak lagi melakukan pemindahan bahan secara *manual*. Sehingga diharapkan dapat memperbaiki kerja, memberikan rasa aman dan nyaman, dan operator dapat bekerja secara optimal.

### 5.7 Analisis Usulan Perbaikan Dari *Daisha* ke Mesin *Building*

Usulan perbaikan yang dilakukan dengan menggunakan meja troli mengubah kegiatan pemindahan bahan. Pemindahan bahan kondisi awal dilakukan dari *daisha* (tempat penyimpanan) menuju mesin *building* lapisan atas ban. Pemindahan bahan kondisi usulan dilakukan dari *daisha* menuju meja troli, dan meja troli menuju mesin *building* lapisan atas ban. ketinggian vertikal pada kondisi awal dari *daisha* menuju meja troli yaitu, 151,1 cm atau 60,44 inch dan 98 cm atau 39,2 inch. Perubahan ketinggian vertikal pada posisi awal dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Perubahan Ketinggian Vertikal Pada Posisi Awal

NO	Object Weight (lbs)	Hand Action (inch)				Vertical Distance D	NO	Object Weight (lbs)	Hand Action (inch)				Vertical Distance D
		Origin		Destination					Origin		Destination		
		H	V	H	V				H	V	H	V	
1	38.236	15	60.44	12	39.2	21.24	25	38.434	15	34.52	12	39.2	5.48
2	38.236	15	60.44	12	39.2	21.24	26	38.72	15	34.52	12	39.2	5.48
3	38.478	15	58.28	12	16	42.28	27	38.94	15	32.36	12	16	7.64
4	38.478	15	58.28	12	16	42.28	28	38.522	15	32.36	12	16	7.64
5	38.632	15	56.12	12	39.2	16.92	29	38.236	15	30.2	12	39.2	9.8
6	38.764	15	56.12	12	39.2	16.92	30	38.434	15	30.2	12	39.2	9.8
7	38.896	15	53.96	12	16	37.96	31	38.94	15	28.04	12	16	11.96
8	38.984	15	53.96	12	16	37.96	32	38.742	15	28.04	12	16	11.96
9	38.786	15	51.8	12	39.2	12.6	33	38.544	15	25.88	12	39.2	14.12
10	38.5	15	51.8	12	39.2	12.6	34	38.434	15	25.88	12	39.2	14.12
11	38.434	15	49.64	12	16	33.64	35	38.808	15	23.72	12	16	16.28
12	38.346	15	49.64	12	16	33.64	36	38.61	15	23.72	12	16	16.28
13	38.236	15	47.48	12	39.2	8.28	37	38.258	15	21.56	12	39.2	18.44
14	38.39	15	47.48	12	39.2	8.28	38	38.544	15	21.56	12	39.2	18.44
15	38.522	15	45.32	12	16	29.32	39	38.852	15	60.44	12	16	44.44
16	38.94	15	45.32	12	16	29.32	40	38.5	15	60.44	12	16	44.44
17	38.83	15	43.16	12	39.2	3.96	41	38.258	15	58.28	12	39.2	19.08
18	38.83	15	43.16	12	39.2	3.96	42	38.5	15	58.28	12	39.2	19.08
19	38.5	15	41	12	16	25	43	38.5	15	56.12	12	16	40.12
20	38.896	15	41	12	16	25	44	38.588	15	56.12	12	16	40.12
21	38.28	15	38.84	12	39.2	1.16	45	38.83	15	53.96	12	39.2	1.16
22	38.5	15	38.84	12	39.2	1.16	46	38.5	15	53.96	12	39.2	1.16
23	38.852	15	36.68	12	16	3.32	47	38.5	15	51.8	12	16	3.32
24	38.698	15	36.68	12	16	3.32	48	38.676	15	51.8	12	16	3.32

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Untuk RWL pada posisi awal, perhitungan RWL menggunakan metode analisis pekerjaan pengangkatan berulang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ketinggian vertikal pekerjaan posisi awal yang berubah-ubah, dan pemindahan bahan ke banyak titik. Perbedaan ketinggian vertikal (v) dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Dengan ketinggian vertikal 60,44 inch, ketinggian horizontal 15 inch, berat *material* 17,55 kg atau 38,61 lbs, maka didapatkan nilai FIRWL sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{FIRWL } origin &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{H}\right) \times (1 - 0,0075|V - 30|) \times \left(0,82 + \frac{1,8}{D}\right) \times (1 - 0,0032 \times A) \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{15}\right) \times (1 - 0,0075|60,44 - 30|) \times (0,9) \times (1 - 0,0032 \times 90) \times 0,45 \times 1 \\
 &= 16,9 \text{ lbs atau } 7,68 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FILI } origin &= \text{Berat } material \text{ rata-rata} / \text{FIRWL} \\
 &= 38,23 \text{ lbs} / 16,9 \text{ lbs} \\
 &= 2,2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh FIRWL *origin* dan FILI *origin* untuk jarak terdekat dari *daisha* dan meja troli penampang paling atas seberat 16,9 lbs serta 2,2 untuk nilai FILI. Dengan cara yang sama, FIRWL dan FILI lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 FIRWL dan FILI Posisi Awal dari Daisha ke Meja Troli

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM	STRWL	FILI		STLI	
									L/FIRWL	L/STRWL	L/FIRWL	L/STRWL
1	51	0.7	0.7717	0.905	0.712	1	16.9018	7.60583	2.262239	2.262239	5.0271978	5.0271978
2	51	0.7	0.7717	0.905	0.712	1	16.9018	7.60583	2.262239	2.262239	5.0271978	5.0271978
3	51	0.7	0.7879	0.863	0.712	1	16.4523	7.40352	2.338764	2.338764	5.197254	5.197254
4	51	0.7	0.7879	0.863	0.712	1	16.4523	7.40352	2.338764	2.338764	5.197254	5.197254
5	51	0.7	0.8041	0.926	0.712	1	18.0326	8.11469	2.142336	2.142336	4.7607474	4.7607474
6	51	0.7	0.8041	0.926	0.712	1	18.0326	8.11469	2.149656	2.149656	4.7770142	4.7770142
7	51	0.7	0.8203	0.867	0.712	1	17.225	7.75127	2.258108	2.258108	5.0180179	5.0180179
8	51	0.7	0.8203	0.867	0.712	1	17.225	7.75127	2.263217	2.263217	5.0293709	5.0293709
9	51	0.7	0.8365	0.963	0.712	1	19.4978	8.77403	1.989245	1.989245	4.4205445	4.4205445
10	51	0.7	0.8365	0.963	0.712	1	19.4978	8.77403	1.974577	1.974577	4.3879483	4.3879483
11	51	0.7	0.8527	0.874	0.712	1	18.0311	8.11399	2.131541	2.131541	4.7367574	4.7367574
12	51	0.7	0.8527	0.874	0.712	1	18.0311	8.11399	2.126666	2.126666	4.725912	4.725912
13	51	0.7	0.8689	1.037	0.712	1	21.8208	9.81937	1.75227	1.75227	3.8939344	3.8939344
14	51	0.7	0.8689	1.037	0.712	1	21.8208	9.81937	1.759328	1.759328	3.9096177	3.9096177
15	51	0.7	0.8851	0.881	0.712	1	18.8851	8.49831	2.039805	2.039805	4.5329005	4.5329005
16	51	0.7	0.8851	0.881	0.712	1	18.8851	8.49831	2.061939	2.061939	4.5820867	4.5820867
17	51	0.7	0.9013	1.275	0.712	1	27.8089	12.514	1.396316	1.396316	3.1029249	3.1029249
18	51	0.7	0.9013	1.275	0.712	1	27.8089	12.514	1.396316	1.396316	3.1029249	3.1029249
19	51	0.7	0.9175	0.892	0.712	1	19.8121	8.91543	1.94326	1.94326	4.3183554	4.3183554
20	51	0.7	0.9175	0.892	0.712	1	19.8121	8.91543	1.963248	1.963248	4.3627727	4.3627727
21	51	0.7	0.9337	2.372	0.712	1	53.6081	24.1236	0.714071	0.714071	1.5868248	1.5868248
22	51	0.7	0.9337	2.372	0.712	1	53.6081	24.1236	0.718175	0.718175	1.5959445	1.5959445
23	51	0.7	0.9499	1.362	0.712	1	31.3233	14.0955	1.240354	1.240354	2.7563425	2.7563425
24	51	0.7	0.9499	1.362	0.712	1	31.3233	14.0955	1.235438	1.235438	2.745417	2.745417

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 5.8 FIRWL dan FILI Posisi Awal dari Daisha ke Meja Troli (Lanjutan)

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM	STRWL	FILI		STLI
									L/FIRWL	L/STRWL	
25	51	0.66667	0.9661	1.14847	0.712	1	26.8596	12.0868	1.43092218	3.179827058	
26	51	0.66667	0.9661	1.14847	0.712	1	26.8596	12.0868	1.44157014	3.203489194	
27	51	0.66667	0.9823	1.0556	0.712	1	25.1017	11.2958	1.55128877	3.447308383	
28	51	0.66667	0.9823	1.0556	0.712	1	25.1017	11.2958	1.53463652	3.410303378	
29	51	0.66667	0.9985	1.00367	0.712	1	24.2605	10.9172	1.57606102	3.5023357828	
30	51	0.66667	0.9985	1.00367	0.712	1	24.2605	10.9172	1.58422244	3.520494318	
31	51	0.66667	1.0147	0.9705	0.712	1	23.8393	10.7277	1.63343963	3.629865844	
32	51	0.66667	1.0147	0.9705	0.712	1	23.8393	10.7277	1.625134	3.611408899	
33	51	0.66667	1.0309	0.94748	0.712	1	23.6453	10.6404	1.63009101	3.622424467	
34	51	0.66667	1.0309	0.94748	0.712	1	23.6453	10.6404	1.62543892	3.612086498	
35	51	0.66667	1.0471	0.93057	0.712	1	23.5881	10.6147	1.64523305	3.656073449	
36	51	0.66667	1.0471	0.93057	0.712	1	23.5881	10.6147	1.63683901	3.637420013	
37	51	0.66667	1.0633	0.91761	0.712	1	23.6197	10.6289	1.61974841	3.599440915	
38	51	0.66667	1.0633	0.91761	0.712	1	23.6197	10.6289	1.63185694	3.626348754	
39	51	0.66667	0.7717	0.8605	0.712	1	16.0753	7.23391	2.41686866	5.370819245	
40	51	0.66667	0.7717	0.8605	0.712	1	16.0753	7.23391	2.39497178	5.322159501	
41	51	0.66667	0.7879	0.91434	0.712	1	17.4396	7.84784	2.19373776	4.874972809	
42	51	0.66667	0.7879	0.91434	0.712	1	17.4396	7.84784	2.2076142	4.905809325	
43	51	0.66667	0.8041	0.86487	0.712	1	16.8352	7.57583	2.28687924	5.0819533864	
44	51	0.66667	0.8041	0.86487	0.712	1	16.8352	7.57583	2.29210639	5.0933569759	
45	51	0.66667	0.8203	2.37172	0.712	1	47.0973	21.1938	0.82446381	1.832141791	
46	51	0.66667	0.8203	2.37172	0.712	1	47.0973	21.1938	0.81745703	1.81657118	
47	51	0.66667	0.8365	1.36217	0.712	1	27.5839	12.4128	1.39574148	3.101647728	
48	51	0.66667	0.8365	1.36217	0.712	1	27.5839	12.4128	1.40212201	3.115826689	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Untuk RWL pada posisi akhir, perhitungan RWL menggunakan metode analisis pekerjaan pengangkatan berulang. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ketinggian vertikal pekerjaan posisi awal yang berubah-ubah dan pemindahan bahan ke banyak titik. Perbedaan ketinggian vertikal ( $v$ ) dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Dengan ketinggian vertikal 39,2 inch, ketinggian horizontal 15 inch, berat *material* 17,55 kg atau 38,61 lbs, maka didapatkan nilai FIRWL sebagai berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{FIRWL } \textit{origin} &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{H}\right) \times (1 - 0,0075|V - 30|) \times \left(0,82 + \frac{1,0}{D}\right) \times (1 - 0,0032 \times A) \times CM \\
 &= 51 \times \left(\frac{10}{15}\right) \times (1 - 0,0075|39,2 - 30|) \times (0,9) \times (1 - 0,0032 \times 0) \times 0,45 \times 1 \\
 &= 35,79 \text{ lbs atau } 16,27 \text{ kg.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{FILI } \textit{origin} &= \text{Berat } \textit{material} \text{ rata-rata} / \text{FIRWL} \\
 &= 38,23 \text{ lbs} / 35,79 \text{ lbs} \\
 &= 1,06
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diperoleh FIRWL *origin* dan FILI *origin* untuk jarak terdekat dari *dalsha* dan meja troli penampung paling atas seberat 35,79 lbs serta 1,06 untuk nilai FILI. Dengan cara yang sama, FIRWL dan FILI lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.9. Rekapitulasi nilai RWL dan LI posisi awal dan akhir untuk semua kegiatan pemindahan bahan dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.9 FIRWL dan FILI Posisi Akhir dari *Daisiha* ke Meja Troli

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM	STRWL	FILI		STLI	
									L/FIRWL		L/STRWL	
1	51	0.8	0.931	0.905	1	1	35.7985	16.1093	1.0680886		2.37353025	
2	51	0.8	0.931	0.905	1	1	35.7985	16.1093	1.0680886		2.37353025	
3	51	0.8	1.105	0.863	1	1	40.5086	18.2289	0.9498724		2.11082752	
4	51	0.8	1.105	0.863	1	1	40.5086	18.2289	0.9498724		2.11082752	
5	51	0.8	0.931	0.926	1	1	36.6547	16.4946	1.0539452		2.34210036	
6	51	0.8	0.931	0.926	1	1	36.6547	16.4946	1.0575463		2.35010298	
7	51	0.8	1.105	0.867	1	1	40.7361	18.3313	0.954828		2.12183995	
8	51	0.8	1.105	0.867	1	1	40.7361	18.3313	0.9569882		2.12664049	
9	51	0.8	0.931	0.963	1	1	38.0979	17.144	1.0180627		2.26236155	
10	51	0.8	0.931	0.963	1	1	38.0979	17.144	1.0105557		2.24567936	
11	51	0.8	1.105	0.874	1	1	41.0221	18.4599	0.9369095		2.08202103	
12	51	0.8	1.105	0.874	1	1	41.0221	18.4599	0.9347643		2.07725395	
13	51	0.8	0.931	1.037	1	1	41.047	18.4711	0.931518		2.07003994	
14	51	0.8	0.931	1.037	1	1	41.047	18.4711	0.9352698		2.07837727	
15	51	0.8	1.105	0.881	1	1	41.3924	18.6266	0.9306551		2.06812234	
16	51	0.8	1.105	0.881	1	1	41.3924	18.6266	0.9407535		2.09056342	
17	51	0.8	0.931	1.275	1	1	50.4306	22.6938	0.7699694		1.71104305	
18	51	0.8	0.931	1.275	1	1	50.4306	22.6938	0.7699694		1.71104305	
19	51	0.8	1.105	0.892	1	1	41.8906	18.8507	0.9190617		2.04235933	
20	51	0.8	1.105	0.892	1	1	41.8906	18.8507	0.9285149		2.06336645	
21	51	0.8	0.931	2.372	1	1	93.8432	42.2294	0.4079145		0.90647667	
22	51	0.8	0.931	2.372	1	1	93.8432	42.2294	0.4102588		0.91168631	
23	51	0.8	1.105	1.362	1	1	63.9708	28.7869	0.6073392		1.34964257	
24	51	0.8	1.105	1.362	1	1	63.9708	28.7869	0.6049318		1.34429291	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 5.9 FIRWL dan FILI Posisi Akhir dari *Daisha* ke Meja Troli (Lanjutan)

NO	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL X FM	STRWL	FILI		STLI	
									L/FIRWL	L/STRWL	L/FIRWL	L/STRWL
25	51	0.83333	0.931	1.14847	1	1	45.442	20.4489	0.84578192	1.879515373		
26	51	0.83333	0.931	1.14847	1	1	45.442	20.4489	0.85207566	1.893501464		
27	51	0.83333	1.105	1.0556	1	1	49.5737	22.3082	0.78549694	1.745548749		
28	51	0.83333	1.105	1.0556	1	1	49.5737	22.3082	0.77706505	1.72681122		
29	51	0.83333	0.931	1.00367	1	1	39.7129	17.8708	0.96281179	2.139581745		
30	51	0.83333	0.931	1.00367	1	1	39.7129	17.8708	0.96779758	2.1506661282		
31	51	0.83333	1.105	0.9705	1	1	45.5772	20.5097	0.85437484	1.898610758		
32	51	0.83333	1.105	0.9705	1	1	45.5772	20.5097	0.85003056	1.888956805		
33	51	0.83333	0.931	0.94748	1	1	37.4894	16.8702	1.02813156	2.284736805		
34	51	0.83333	0.931	0.94748	1	1	37.4894	16.8702	1.0251974	2.278216437		
35	51	0.83333	1.105	0.93057	1	1	43.7017	19.6657	0.88802111	1.973380235		
36	51	0.83333	1.105	0.93057	1	1	43.7017	19.6657	0.88349039	1.963311969		
37	51	0.83333	0.931	0.91761	1	1	36.3077	16.3385	1.05371625	2.341591659		
38	51	0.83333	0.931	0.91761	1	1	36.3077	16.3385	1.06159337	2.35909637		
39	51	0.83333	1.105	0.8605	1	1	40.4114	18.1851	0.96141137	2.136469707		
40	51	0.83333	1.105	0.8605	1	1	40.4114	18.1851	0.95270096	2.117113243		
41	51	0.83333	0.931	0.91434	1	1	36.1781	16.2802	1.05748962	2.349976925		
42	51	0.83333	0.931	0.91434	1	1	36.1781	16.2802	1.06417874	2.364841644		
43	51	0.83333	1.105	0.86487	1	1	40.6162	18.2773	0.94789667	2.10643704		
44	51	0.83333	1.105	0.86487	1	1	40.6162	18.2773	0.95006329	2.111251753		
45	51	0.83333	0.931	2.37172	1	1	93.8432	42.2294	0.41377534	0.919500759		
46	51	0.83333	0.931	2.37172	1	1	93.8432	42.2294	0.41025884	0.911686305		
47	51	0.83333	1.105	1.36217	1	1	63.9708	28.7869	0.60183665	1.337414782		
48	51	0.83333	1.105	1.36217	1	1	63.9708	28.7869	0.60458791	1.343528678		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 5.10 Rekapitulasi FIRWL dan FILI Posisi Awal dan Akhir Untuk Semua Kegiatan.

NO	Daisha ke Mesin Building (inch)				Daisha ke Meja Troli (inch)				Meja Troli ke Mesin Building (inch)			
	Awal		Akhir		Awal		Akhir		Awal		Akhir	
	FIRWL	FILI	RWL	LI	FIRWL	FILI	FIRWL	FILI	FIRWL	FILI	RWL	LI
1	16.9638	2.254	26.774	1.42812	16.902	2.2622	35.799	1.06809	69.1906	0.5526	78.4481	0.4874051
2	16.9638	2.254	26.774	1.42812	16.902	2.2622	35.799	1.06809	69.1906	0.5526	78.4481	0.4874051
3	17.51839	2.196	27.08	1.42088	16.452	2.3388	40.509	0.94987	23.9411	1.6072	22.87	1.6824627
4	17.51839	2.196	27.08	1.42088	16.452	2.3388	40.509	0.94987	23.9411	1.6072	22.87	1.6824627
5	18.13542	2.13	27.469	1.40636	18.033	2.1423	36.655	1.05395	69.1906	0.5583	78.4481	0.492453
6	18.13542	2.137	27.469	1.41117	18.033	2.1497	36.655	1.05755	69.1906	0.5602	78.4481	0.4941357
7	18.84388	2.064	27.979	1.39019	17.225	2.2581	40.736	0.95483	23.9411	1.6247	22.87	1.7007398
8	18.84388	2.069	27.979	1.39334	17.225	2.2632	40.736	0.95699	23.9411	1.6283	22.87	1.7045877
9	19.69398	1.969	28.675	1.35262	19.498	1.9892	38.098	1.01806	69.1906	0.5606	78.4481	0.4944161
10	19.69398	1.955	28.675	1.34264	19.498	1.9746	38.098	1.01056	69.1906	0.5564	78.4481	0.4907704
11	20.78092	1.849	29.683	1.29483	18.031	2.1315	41.022	0.93691	23.9411	1.6054	22.87	1.6805388
12	20.78092	1.845	29.683	1.29187	18.031	2.1267	41.022	0.93476	23.9411	1.6017	22.87	1.6766909
13	22.30989	1.714	31.272	1.22268	21.821	1.7523	41.047	0.93152	69.1906	0.5526	78.4481	0.4874051
14	22.30989	1.721	31.272	1.2276	21.821	1.7593	41.047	0.93527	69.1906	0.5548	78.4481	0.4893682
15	24.8193	1.552	34.153	1.12792	18.885	2.0398	41.392	0.93066	23.9411	1.609	22.87	1.6843866
16	24.8193	1.569	34.153	1.14016	18.885	2.0619	41.392	0.94075	23.9411	1.6265	22.87	1.7026638
17	30.31967	1.281	40.972	0.94772	27.809	1.3963	50.431	0.76997	69.1906	0.5612	78.4481	0.494977
18	30.31967	1.281	40.972	0.94772	27.809	1.3963	50.431	0.76997	69.1906	0.5612	78.4481	0.494977
19	58.1924	0.662	77.249	0.49839	19.812	1.9433	41.891	0.91906	23.9411	1.6081	22.87	1.6834246
20	58.1924	0.668	77.249	0.50351	19.812	1.9632	41.891	0.92851	23.9411	1.6247	22.87	1.7007398
21	53.6081	0.714	69.929	0.54741	53.608	0.7141	93.843	0.40791	69.1906	0.5533	78.4481	0.487966
22	53.6081	0.718	69.929	0.55056	53.608	0.7182	93.843	0.41026	69.1906	0.5564	78.4481	0.4907704
23	31.32331	1.24	40.163	0.96737	31.323	1.2404	63.971	0.60734	23.9411	1.6228	22.87	1.6988159
24	31.32331	1.235	40.163	0.96353	31.323	1.2354	63.971	0.60493	23.9411	1.6164	22.87	1.6920822

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

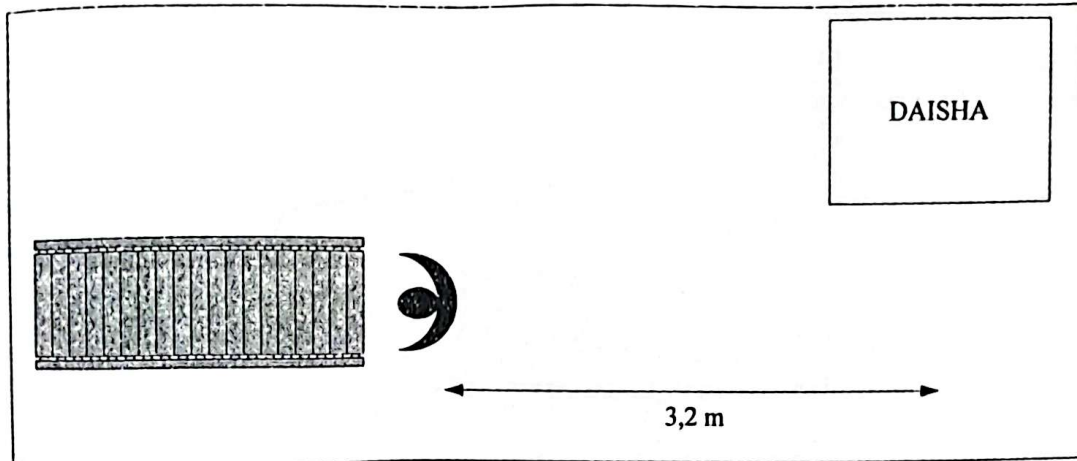
Tabel 5.10 Rekapitulasi FIRWL dan FILI Posisi Awal dan Akhir Untuk Semua Kegiatan (Lanjutan)

NO	Daisha ke Mesin Building (inch)			Daisha ke Meja Troli (inch)			Meja Troli ke Mesin Building (inch)					
	Awal		Akhir	Awal		Akhir	Awal		Akhir			
	FIRWL	FILI	RWL	FIRWL	FILI	FIRWL	FIRWL	FILI	RWL	LI		
25	26.8596	1.431	33.862	1.13502	26.86	1.4309	45.442	0.84578	69.1906	0.5555	78.4481	0.489929
26	26.8596	1.442	33.862	1.14347	26.86	1.4416	45.442	0.85208	69.1906	0.5596	78.4481	0.4935748
27	25.10171	1.551	31.124	1.25113	25.102	1.5513	49.574	0.7855	23.9411	1.6265	22.87	1.7026638
28	25.10171	1.535	31.124	1.2377	25.102	1.5346	49.574	0.77707	23.9411	1.609	22.87	1.6843866
29	24.26048	1.576	29.593	1.29208	24.26	1.5761	39.713	0.96281	69.1906	0.5526	78.4481	0.4874051
30	24.26048	1.584	29.593	1.29877	24.26	1.5842	39.713	0.9678	69.1906	0.5555	78.4481	0.489929
31	23.83926	1.633	28.615	1.36084	23.839	1.6334	45.577	0.85437	23.9411	1.6265	22.87	1.7026638
32	23.83926	1.625	28.615	1.35392	23.839	1.6251	45.577	0.85003	23.9411	1.6182	22.87	1.6940061
33	23.64531	1.63	27.936	1.37973	23.645	1.6301	37.489	1.02813	69.1906	0.5571	78.4481	0.4913313
34	23.64531	1.625	27.936	1.3758	23.645	1.6254	37.489	1.0252	69.1906	0.5555	78.4481	0.489929
35	23.58815	1.645	27.437	1.41443	23.588	1.6452	43.702	0.88802	23.9411	1.621	22.87	1.696892
36	23.58815	1.637	27.437	1.40722	23.588	1.6368	43.702	0.88349	23.9411	1.6127	22.87	1.6882344
37	23.61972	1.62	27.055	1.41407	23.62	1.6197	36.308	1.05372	69.1906	0.5529	78.4481	0.4876855
38	23.61972	1.632	27.055	1.42464	23.62	1.6319	36.308	1.06159	69.1906	0.5571	78.4481	0.4913313
39	16.9638	2.29	26.774	1.45113	16.075	2.4169	40.411	0.96141	23.9411	1.6228	22.87	1.6988159
40	16.9638	2.27	26.774	1.43798	16.075	2.395	40.411	0.9527	23.9411	1.6081	22.87	1.6834246
41	17.51839	2.184	27.08	1.41275	17.44	2.1937	36.178	1.05749	69.1906	0.5529	78.4481	0.4876855
42	17.51839	2.198	27.08	1.42169	17.44	2.2076	36.178	1.06418	69.1906	0.5564	78.4481	0.4907704
43	18.13542	2.123	27.469	1.40156	16.835	2.2869	40.616	0.9479	23.9411	1.6081	22.87	1.6834246
44	18.13542	2.128	27.469	1.40476	16.835	2.2921	40.616	0.95006	23.9411	1.6118	22.87	1.6872724
45	47.09728	0.824	69.929	0.55528	47.097	0.8245	93.843	0.41378	69.1906	0.5612	78.4481	0.4949777
46	47.09728	0.817	69.929	0.55056	47.097	0.8175	93.843	0.41026	69.1906	0.5564	78.4481	0.4907704
47	27.5839	1.396	40.163	0.9586	27.584	1.3957	63.971	0.60184	23.9411	1.6081	22.87	1.6834246
48	27.5839	1.402	40.163	0.96298	27.584	1.4021	63.971	0.60459	23.9411	1.6155	22.87	1.6911203

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

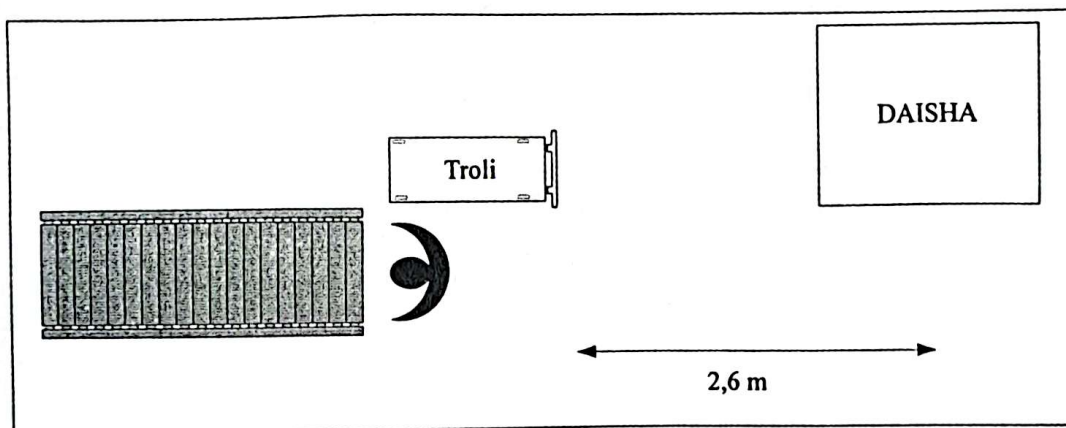
### 5.8 Usulan Perbaikan *Layout*

Usulan perbaikan yang diberikan untuk posisi akhir (*destination*) ialah dengan cara menambah fasilitas alat bantu yaitu meja troli. Perbaikan *layout* yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7.



Gambar 5.6 *Layout* Proses *Building* Lapisan Atas Ban (Sebelum Perbaikan).

(Sumber: PT Bridgestone Tire Indonesia)



Gambar 5.7 *Layout* Proses *Building* Lapisan Atas Ban (Usulan Perbaikan).

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Aktivitas pemindahan bahan (sebelum perbaikan) pada proses *building* lapisan atas ban dilakukan secara *manual*. Hal tersebut disebabkan oleh beratnya *material* yang harus dipindahkan dan tidak ada alat bantu untuk mempermudah kerja operator dalam pemindahan bahan, sehingga operator melakukan pemindahan bahan secara berulang. Aktivitas ini membuat operator mengeluhkan sakit pada beberapa bagian tubuh. Dengan adanya desain alat bantu, aktivitas pemindahan bahan dapat berkurang. Aktivitas pemindahan bahan yang pada kondisi awal dilakukan secara *manual* dan berulang, yaitu sebanyak 2 kali pemindahan/proses. Dengan adanya alat bantu, operator dapat memindahkan 4 *material* lapisan atas ban dalam satu kali proses produksi. Sehingga operator dapat bekerja secara optimal, dan memberikan rasa aman dan nyaman terhadap kinerja operator.
2. Sebelum perbaikan, nilai FIRWL posisi awal antara 16,99 lbs (7,72 kg) sampai 58,19 lbs (26,45kg); RWL posisi akhir antara 12,72 lbs (5,78 kg) sampai dengan 43,64 lbs (19,84 kg); FILI posisi awal 2,29 sampai dengan 0,66; dan LI posisi akhir 3,02 sampai dengan 0,88. Setelah perbaikan nilai FIRWL posisi awal 23,94 lbs (10,88 kg) sampai dengan 69,19 lbs (31,45 kg); RWL posisi akhir 22,87 lbs (10,39 kg) sampai dengan 78,44 lbs (35,65 kg); FILI posisi awal 0,55 sampai dengan 1,6; dan LI posisi akhir 0,48 sampai dengan 1,7. Pada kondisi sebelum perbaikan, terdapat 4 nilai FILI < 1 dan 4 nilai LI < 1. Sedangkan setelah perbaikan, terdapat 24 nilai FILI < 1 dan 24 nilai LI < 1.



3. Untuk perbaikan dalam pemindahan bahan dibuat alat bantu berupa meja troli yang memiliki dua meja penampang. Meja troli tersebut memiliki ukuran tinggi 100 cm, lebar 40 cm, dan panjang 54 cm.

## 6.2 Saran

Berdasarkan penelitian tugas akhir yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan untuk perbaikan perusahaan adalah sebagai berikut:

- 1 APD (Alat Pelindung Diri) yang telah diberikan oleh perusahaan sudah baik, namun ada baiknya menambah fasilitas tersebut agar operator dapat bekerja secara optimal. Penambahan APD tersebut berupa *body harness* dan *ear plug* agar operator merasa nyaman dan aman pada saat melakukan pekerjaannya.
- 2 Agar dapat memenuhi permintaan pelanggan, sebaiknya pemindahan bahan dari tempat penyimpanan ke mesin *building* akan lebih efektif dan efisien bila menggunakan meja troli seperti yang telah dirancang dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Madyana., 1996. *Analisa Perancangan Kerja*, Jilid 1. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya.
- A Step By Step Guide To The NIOSH Lifting Equation (Single Task)*. Ergonomic Plus, Think Prevention Pdf. [www.ergo-plus.com](http://www.ergo-plus.com). Diakses tanggal 10 Mei 2015.
- Ciriello., Snook, S.H. 1983, *A Study of Size, Distance, Height, and Frequency Effects on Manual Handling Tasks*, *Human Factors*, Pages 473-483.
- Mc Cormick., Ernest, James., Sanders, Mark S. 1982. *Human Factors in Engineering and Design*. Mc Graw-Hill Book Company.
- Muslimah, Etika. 2006. *Analisis Manual Material Handling Menggunakan NIOSH Equation*, *Jurnal Teknologi Industri*, Vol. 5 No. 2 Halaman 53 – 60.
- Niebel, Benjamin W., Freivalds, Andris. 2003. *Methods, standards and Work design*, 11<sup>th</sup>. McGraw-Hill. New York.
- NIOSH. 1981. *Work Practices Guide for Manual Lifting*, US Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health. Cincinnati, OH.
- Nurmianto, Eko. 1996. *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widya, Surabaya.
- Prasetyo, Hendro. 2010. *Analisis Sikap Kerja Operator Pengisian Botol Lithos dengan Menggunakan Metode RWL*, *Jurnal Seminar Nasional Mesin dan Industri*.
- Sari, Emelia. 2011. *Analisis dan Perancangan Ulang Leaf Trollys Yang Memenuhi Kaidah-Kaidah Ergonomi*, *Jurnal TI* Vol.1 No. 1.
- Sutalaksana, Iftikar Z., Anggawisastra, Ruhana., dan Tjakraatmadja. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja, Laboratorium Tata Cara Kerja & Ergonomi*, Departemen Teknik Industri – ITB.

- Tarwaka., Bakri, Solichul H.A., dan Sudiajeng, Lilik. 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*, Uniba Press, Surakarta.
- Thomas R Waters., Vern Putz, Anderson., Arun, Garg. 1994. *Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Task*. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 1995. *Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu*, Institut Teknologi Sepuluh November, PT Guna Widya, Surabaya.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 2000. *Perancangan Tata Letak Pabrik dan Pindahan Bahan*, PT Guna Widya, Jakarta.