

**ANALISIS PERBAIKAN *WORKSTATION* PADA *FINISH* PRODUK  
*INNER KARUNG* DENGAN MENGGUNAKAN METODE NIOSH  
*LIFTING EQUATION***

**SKRIPSI**  
**TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DEELA SUMAR DWI HAPSARI**  
**NIM. 135060701111119**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**MALANG**  
**2018**



**ANALISIS PERBAIKAN *WORKSTATION* PADA *FINISH* PRODUK  
*INNER* KARUNG DENGAN MENGGUNAKAN METODE NIOSH  
*LIFTING EQUATION***

**SKRIPSI**  
**TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DEELA SUMAR DWI HAPSARI**  
**NIM. 135060701111119**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**MALANG**  
**2018**



## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 11 Januari 2018

Mahasiswa



Deela Sumar Dwi Hapsari

NIM. 135060701111119

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS PERBAIKAN *WORKSTATION* PADA *FINISH* PRODUK  
*INNER KARUNG* DENGAN MENGGUNAKAN METODE NIOSH  
*LIFTING EQUATION***

**SKRIPSI**

**TEKNIK INDUSTRI**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**DEELA SUMAR DWI HAPSARI**

**NIM. 135060701111119**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada  
Tanggal 12 Januari 2018

**Dosen Pembimbing I**



**Sugiono, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 197801142005011001**

**Dosen Pembimbing II**



**Remba Yanuar Efranto, ST., MT.**  
**NIP. 198401162008121003**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Industri**



  
**Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D.**  
**NIP. 197411152006041002**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, berkat segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perbaikan *Workstation* pada *Finish* Produk *Inner* Karung dengan Menggunakan Metode NIOSH *Lifting Equation*”.

Selama menyusun skripsi ini, tentu banyak hambatan yang dialami. Tetapi berkat bimbingan, dukungan, arahan serta bantuan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat terselesaikan. Maka dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.
2. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan doa, dukungan material dan nasihat selama kuliah di Universitas Brawijaya Malang dan dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Keluarga besar penulis yang telah terus mendukung dan memberi semangat selama kuliah di Universitas Brawijaya Malang dan dalam menyelesaikan skripsi.
4. Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang telah membantu penulis dengan memberikan masukan-masukan dalam menyelesaikan skripsi.
5. Sugiono, ST., MT., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Remba Yanuar Efranto, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan saat mengerjakan penelitian skripsi ini.
6. Bapak Kieswo dan Mas Koko selaku pihak PT. Murni Mapan Makmur yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi dengan memberi banyak informasi.
7. Wifqi Azlia, ST., MT. dan Suluh Elman Swara, ST., MT. selaku dosen pengamat seminar proposal yang telah memberikan banyak saran mengenai skripsi ini.
8. Dewi Hardiningtyas, ST., MT., M.BA. dan Suluh Elman Swara, ST., MT. selaku dosen pengamat seminar hasil yang telah memberikan masukan dalam pengerjaan skripsi ini.
9. Rekan kuliah sekalian; Sephira, Lynda, Astrid, Siska, Sara, Farhan, Raka, dan Adam yang sudah banyak membantu saat perkuliahan dan dalam pengerjaan skripsi ini.
10. Hervinda, mbak Nia, Zulfikar, dan mbak Winda yang sedia kala membantu dan memberikan masukan kepada penulis ketika sedang kesusahan.
11. Mbak Us yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dan yang selalu ada ketika penulis membutuhkan bantuan.

12. Seluruh teman-teman Teknik Industri 2013 yang telah menemani dan membantu penulis dari maba sampai sekarang.
13. Segenap staff Jurusan Teknik Industri yang telah membantu selama penulis kuliah di Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari skripsi ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis senantiasa mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai tambahan informasi bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, Januari 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	xi
<b>SUMMARY</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Perumusan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Batasan Masalah .....	5
1.7 Asumsi Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terdahulu .....	7
2.2 Ergonomi .....	8
2.2.1 Klasifikasi Ergonomi.....	9
2.3 <i>Nordic Body Map</i> .....	9
2.4 <i>Workstation</i> .....	10
2.5 <i>Manual Material Handling</i> .....	11
2.6 <i>Musculoskeletal Disorder</i> .....	13
2.7 <i>NIOSH Lifting Equation</i> .....	14
2.7.1 <i>Recommended Weight Limit</i> .....	14
2.7.1.1 <i>Single Task</i> .....	15
2.7.1.2 <i>Multi Task</i> .....	19
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Metodologi Penelitian .....	21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian .....	21
3.3 Tahap Penelitian.....	21

3.4 Diagram Alir Penelitian .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Gambaran Umum Perusahaan .....	27
4.1.1 Profil Perusahaan.....	27
4.1.2 Tujuan Perusahaan .....	27
4.1.3 Struktur Organisasi.....	28
4.1.4 Proses Produksi .....	30
4.2 Pengumpulan Data.....	31
4.2.1 Alat dan Bahan .....	31
4.2.2 Data Tenaga Kerja.....	32
4.2.3 Data Variabel NIOSH <i>Lifting Equation</i> pada Aktivitas A.....	32
4.2.4 Data Variabel NIOSH <i>Lifting Equation</i> Pada Aktivitas B .....	34
4.2.5 Data Variabel NIOSH <i>Lifting Equation</i> Pada Aktivitas C.....	36
4.3 Pengolahan Data .....	38
4.3.1 Pengolahan Data pada Aktivitas A.....	38
4.3.2 Pengolahan Data pada Aktivitas B.....	40
4.3.3 Pengolahan Data pada Aktivitas C.....	42
4.4 Analisis Dan Pembahasan.....	46
4.4.1 Analisis pada Aktivitas A.....	46
4.4.2 Analisis pada Aktivitas B .....	47
4.4.3 Analisis pada Aktivitas C .....	48
4.5 Rekomendasi Perbaikan .....	49
4.5.1 Perhitungan <i>Lifting Index</i> pada Aktivitas A dengan Alat Bantu .....	54
4.5.2 Perhitungan <i>Lifting Index</i> pada Aktivitas B dengan Alat Bantu .....	56
4.5.3 Perhitungan <i>Lifting Index</i> pada Aktivitas C dengan Alat Bantu .....	57
4.5.4 Perhitungan Ketinggian yang Aman Tanpa Alat Bantu .....	59
4.5.5 Perhitungan Ketinggian yang Aman dengan Alat Bantu .....	60
4.6 Biaya Pembuatan .....	61
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	65
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	65
<b>LAMPIRAN</b> .....	

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 1.1	Hasil Kuisoner <i>Nordic Body Map</i> .....	3
Tabel 2.1	Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang sedang Dilakukan.....	8
Tabel 2.2	Batas Angkat dan Tindakan .....	12
Tabel 2.3	<i>Frequency Multiplier</i> .....	16
Tabel 2.4	Klasifikasi Kopling Tangan dengan Kopling Kontainer.....	16
Tabel 2.5	<i>Coupling Multiplier</i> .....	17
Tabel 2.6	<i>Asymetric Multiplier</i> .....	18
Tabel 4.1	Aktivitas <i>Manual Material Handling</i> yang Diteliti .....	31
Tabel 4.2	Data Tenaga Kerja .....	32
Tabel 4.3	Data Variabel NIOSH pada Aktivitas A .....	34
Tabel 4.4	Data Variabel NIOSH pada Aktivitas B .....	35
Tabel 4.5	Data Variabel NIOSH pada Aktivitas C .....	38
Tabel 4.6	Hasil Pengolahan Data pada Aktivitas A.....	40
Tabel 4.7	Hasil Pengolahan Data pada Aktivitas B .....	41
Tabel 4.8	Interpolasi FM Pada Aktivitas C.....	43
Tabel 4.9	Interpolasi FM <i>New Task</i> Pada Aktivitas C.....	43
Tabel 4.10	<i>Frequency rate</i> dan <i>frequency mulriplier</i> .....	44
Tabel 4.11	Hasil Pengolahan Data Operator 1 Pada Aktivitas C.....	44
Tabel 4.12	Hasil Perhitungan <i>Composite Lifting Index</i> pada 4 Operator .....	45
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan RWL dan LI pada Aktivitas A .....	46
Tabel 4.14	Hasil perhitungan RWL dan LI Pada Aktivitas B.....	47
Tabel 4.15	Hasil Perhitungan STRWL dan CLI pada Aktivitas C .....	48
Tabel 4.16	Dimensi <i>Lift Table</i> Berdasarkan Antropometri Orang Indonesia .....	53
Tabel 4.17	Data Variabel NIOSH dengan Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	55
Tabel 4.18	Hasil Pengolahan Data dengan Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	55
Tabel 4.19	Perbandingan Nilai RWL dan LI Sebelum dan Sesudah Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	55
Tabel 4.20	Data Variabel NIOSH dengan Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	56
Tabel 4.21	Hasil Pengolahan Data dengan Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	56
Tabel 4.22	Perbandingan Nilai RWL dan LI Sebelum dan Sesudah Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	56

Tabel 4.23	Data Variabel NIOSH dengan Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	57
Tabel 4.24	Hasil Pengolahan Data dengan Menggunakan <i>Lift Table</i> .....	58
Tabel 4.25	Perbandingan Nilai CLI Sebelum dan Sesudah Menggunakan <i>Lift Table</i> ...	59
Tabel 4.26	Hasil Pengolahan Data Ketinggian Tumpukan yang Aman .....	59
Tabel 4.27	Perbandingan Nilai CLI pada Ketinggian 11 Tumpukan dan Ketinggian 6 Tumpukan .....	60
Tabel 4.28	Hasil Pengolahan Data Ketinggian Tumpukan yang Aman .....	60
Tabel 4.29	Perbandingan Nilai CLI pada Ketinggian 11 Tumpukan dan Ketinggian 8 Tumpukan .....	61
Tabel 4.30	Rincian Biaya Pembuatan.....	62

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Aktifitas Penurunan <i>Inner</i> Karung..... 2
Gambar 2.1	28 Segmen Tubuh Pada Kuisisioner <i>Nordic Body Map</i> ..... 10
Gambar 2.2	Posisi Tangan (Horizontal & Vertikal) Saat Memindahkan Barang..... 17
Gambar 2.3	Posisi Asimetris yang Terbentuk pada Saat Memindahkan Barang ..... 18
Gambar 3.2	Diagram Alir Penelitian ..... 25
Gambar 4.1	Struktur Organisasi Perusahaan ..... 29
Gambar 4.2	Skema Proses Produksi <i>Inner</i> Karung ..... 30
Gambar 4.3	Penurunan Gulungan <i>Inner</i> Karung dari Mesin Produksi..... 32
Gambar 4.4	Penurunan Gulungan <i>Inner</i> Karung pada Origin ..... 33
Gambar 4.5	Penurunan Gulungan <i>Inner</i> Karung pada Destination ..... 33
Gambar 4.6	Pengangkatan Gulungan <i>Inner</i> Karung ke Mesin Pemotong..... 34
Gambar 4.7	Pengangkatan Gulungan <i>Inner</i> Karung pada Origin..... 34
Gambar 4.8	Pengangkatan Gulungan <i>Inner</i> Karung pada Destination..... 35
Gambar 4.9	Pemindahan <i>Inner</i> Karung dari Lantai Ke <i>Pallet</i> Pengumpulan..... 36
Gambar 4.10	Pemindahan <i>Inner</i> Karung dari Meja Ke <i>Pallet</i> Pengumpulan pada Origin ..... 36
Gambar 4.11	Pemindahan <i>Inner</i> Karung dari Meja Ke <i>Pallet</i> Pengumpulan pada Destination..... 37
Gambar 4.12	Desain Alat Bantu dalam Bentuk 3D..... 50
Gambar 4.13	Desain Alat Bantu dalam Bentuk 2D..... 50
Gambar 4.14	Penentuan Pembebanan Pada Alat..... 51
Gambar 4.15	Pengaturan <i>Mesh</i> ..... 51
Gambar 4.16	Hasil Simulasi <i>Von Mises Stress</i> ..... 52
Gambar 4.17	Hasil Simulasi <i>Safety Factor</i> ..... 53

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1	Kuisisioner <i>Nordic Body Map</i> ..... 67
Lampiran 2	Hasil Kuisisioner <i>Nordic Body Map</i> ..... 68
Lampiran 3	Data Variabel NIOSH Operator 2, 3, dan 4 pada Aktivitas C ..... 69
Lampiran 4	Hasil Pengolahan Data Operator 2,3, dan 4 pada Aktivitas C ..... 71
Lampiran 5	Hasil Pengolahan Data Operator 2,3, dan 4 pada Aktivitas C dengan Alat .... Bantu ..... 73
Lampiran 6	Hasil Pehitungan Tinggi Tumpukan yang Aman pada Aktivitas C Tanpa Alat Bantu ..... 75
Lampiran 7	Hasil Pehitungan Tinggi Tumpukan yang Aman Pada Aktivitas C dengan Alat Bantu ..... 76
Lampiran 8	Hasil Simulasi pada Ketinggian 0 cm dengan Berat Beban 150 kg..... 77
Lampiran 7	Hasil Simulasi pada Ketinggian 130 cm dengan Berat Beban 150 kg..... 78

Halaman ini sengaja dikosongkan

## RINGKASAN

**Deela Sumar Dwi Hapsari.** Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2018, Analisis Perbaikan *Workstation* Pada *Finish* Produk *Inner Karung* Dengan Menggunakan Metode NIOSH *Lifting Equation*. Dosen Pembimbing: Sugiono dan Remba Yanuar Efranto.

Pada era globalisasi ini, penggunaan tenaga manusia dalam melakukan proses produksi masih ditemukan diperusahaan salah satunya pada PT. Murni Mapan Makmur, terutama dalam aktivitas *manual material handling* (MMH). Aktivitas *manual material handling* yang dilakukan yaitu menurunkan gulungan inner karung dari mesin produksi ke lantai, menaikkan gulungan inner karung dari lantai ke mesin pemotong dan memindahkan inner karung yang telah dikemas dari lantai ke *pallet* pengumpulan, dimana aktivitas *manual material handling* yang dilakukan dengan cara mengangkat beban, badan yang membungkuk, dan pemindahan yang dilakukan berulang-ulang sehingga memiliki risiko cedera. Setelah dilakukan wawancara terhadap 4 orang operator diperoleh keluhan rasa sakit pada segmen tubuh saat melakukan aktivitas *manual material handling* tersebut yaitu pada segmen pinggang.

Pada penelitian ini, dilakukan analisis dengan menggunakan metode NIOSH *Lifting Equation* untuk mengetahui apakah aktivitas pemindahan manual yang dilakukan memiliki risiko cedera atau tidak terhadap tubuh operator. Metode NIOSH *Lifting Equation* digunakan untuk mengetahui nilai *Recommended Weight Limit* (RWL), dimana nilai RWL berfungsi untuk memberikan rekomendasi batas berat beban yang aman untuk diangkat. Untuk mengetahui nilai *Single Task Recommended Weight Limit* (STRWL), nilai ini berfungsi untuk mengetahui berat beban yang direkomendasikan pada satu kali aktivitas pengangkatan dan juga untuk mengetahui nilai *Lifting Index* (LI) serta *Composite Lifting Index* (CLI), dimana kedua nilai tersebut menunjukkan apakah aktivitas *manual material handling* tersebut berpotensi menyebabkan cedera *musculoskeletal disorders* bagi pekerja atau tidak.

Berdasarkan nilai RWL dan LI diketahui bahwa aktivitas menurunkan gulungan inner karung dari mesin produksi ke lantai serta aktivitas menaikkan gulungan inner karung dari lantai ke mesin pemotong memiliki risiko terjadinya cedera pada tubuh operator. Hal ini dikarenakan nilai RWL yang dihasilkan lebih kecil dari berat beban aktual yang diangkat (75 kg) serta nilai LI > 1 pada origin maupun destination. Untuk aktivitas memindahkan inner karung yang telah dikemas dari lantai ke *pallet* pengumpulan, berdasarkan nilai STRWL dan CLI diketahui bahwa aktivitas ini terdapat risiko terjadinya cedera pada tubuh operator. Hal ini dikarenakan nilai STRWL yang dihasilkan tidak sesuai dengan berat beban aktual yang diangkat (12kg) serta nilai CLI > 1. Untuk itu, diperlukan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi risiko cedera pada tubuh operator yaitu desain alat bantu berupa *lift table*. Dengan alat bantu yang dirancang nilai LI dan CLI pada ketiga aktivitas MMH menjadi < 1 yang berarti bahwa alat bantu yang dirancang mampu untuk mengurangi risiko dari aktivitas MMH yang dilakukan.

**Kata Kunci:** *Inner karung, manual material handling (MMH), NIOSH Lifting Equation, workstation*

Halaman ini sengaja dikosongkan

## SUMMARY

**Deela Sumar Dwi Hapsari.** Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, in January 2018, Analysis of Workstation Repairs on Inner Bags Finish Product Using NIOSH Lifting Equation Method. Academic Supervisors: Sugiono and Remba Yanuar Efranto.

In this era of globalization, the use of human labor in the production process is still found in the company, one of them at PT. Murni Mapan Makmur, especially on manual material handling (MMH) activity. Manual material handling activity carried out by lowering the roll of inner bag from the production machine to the floor, lifting the roll of inner bag from the floor to the cutting machine and moving the inner sack that has been packed from the floor to the collection pallet, where manual material handling carried out by lifting the load, bending bodies, and repetitive moving that are at risk of injury. After an interview of 4 operators obtained a complaint of pain in the body segment when doing manual material handling activity is on the waist segment.

In this research, performed an analysis using the NIOSH Lifting Equation method to find out whether the manual activity performed has a risk of injury or not to the operator's body. The NIOSH Lifting Equation method has two types of work: single task on the activity of lowering the roll of inner bag from the production machine to the floor and lifting the roll of inner bag from the floor to the cutting machine and multi task on the activity of moving the inner sack that has been packed from the floor to the collection pallet. The NIOSH Lifting Equation method is used to determine the value of Recommended Weight Limit (RWL), where the RWL value serves to provide recommended weight-bearing weight limits for removal. To know the value of Single Task Recommended Weight Limit (STRWL), this value serves to know the weight of the recommended load on one lifting activity and also to know the value of Lifting Index (LI) and Composite Lifting Index (CLI), where both values indicate whether manual handling material handling potential to cause musculoskeletal disorders for workers or not.

Based on the RWL and LI values it is known that the activity of lowering the roll of inner bag from the production machine to the floor and lifting the roll of inner bag from the floor to the cutting machine has a risk of injury to the operator's body. This is because the resulting RWL value is smaller than the actual load weight raised (75 kg) and the value of  $LI > 1$  on the origin and destination. For the activity of moving inner sacks that have been packed from the floor to the collection pallet, based on STRWL and CLI values it is known that this activity is at risk of injury to the operator's body. This is because the value of STRWL generated does not match the actual load weight raised (12kg) and CLI value  $> 1$ . For that, it is necessary recommendation improvement to reduce the risk of injury in the operator body is the design of aids in the form of lift table. With a tool designed by the LI and CLI values in the three MMH activities to be  $< 1$  which means that the designed tools are able to reduce the risk of the MMH activity being performed.

**Keywords:** Inner bag, Manual material handling (MMH), NIOSH Lifting Equation, workstation

Halaman ini sengaja dikosongkan

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Untuk memberikan gambaran secara garis besar mengenai kerangka penelitian, maka akan dijelaskan beberapa hal melalui latar belakang, masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta asumsi-asumsinya.

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era globalisasi saat ini, penggunaan sumber daya manusia sebagai tenaga kerja dalam aktifitas produksi masih banyak digunakan, terutama pada pekerjaan yang bersifat manual seperti aktifitas perpindahan material atau sering disebut sebagai manual material handling (MMH). Menurut Wignjosoebroto (2003:17) *manual material handling* adalah sebuah aktivitas yang berhubungan dengan perpindahan beban secara manual dimana pekerja menggunakan gaya otot untuk melakukan aktivitas memindahkan material seperti mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, membawa, serta menggenggam objek. Penggunaan *manual material handling* banyak ditemukan pada aktivitas produksi di industri skala menengah ke bawah. Hal ini dikarenakan *manual material handling* cukup murah sehingga dapat mengurangi biaya produksi. Akan tetapi pergerakan yang terjadi pada saat melakukan aktivitas *manual material handling* dapat menyebabkan risiko cedera terhadap tubuh pekerja, salah satu risiko yang bisa dialami yaitu risiko *musculoskeletal disorder*.

*Musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal* merupakan masalah kesehatan yang sering dijumpai, bentuk cedera yang sering terjadi adalah MSDs pada bagian punggung atau *low backpain* yang mana disebabkan oleh *strain*, yaitu adanya gangguan otot karena trauma fisik tidak langsung seperti otot merenggang secara berlebihan (Levy dan Wegman, 2003:33). Faktor-faktor yang mempengaruhi *musculoskeletal disorder* antara lain otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, kesalahan postur tubuh pada saat mengangkat beban berat dan posisi duduk yang salah (Peter, 2011:26). Risiko selain *musculoskeletal disorder* yang diakibatkan oleh aktivitas pemindahan manual yaitu kelelahan saat bekerja yang mana memerlukan energi yang cukup besar untuk melakukan pekerjaan tersebut.

PT. Murni Mapan Makmur merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri plastik. Produk yang dihasilkan antara lain adalah inner karung, plastik

mulsa, kain terpal, tali tambang, kalsium karbonat, dan juga memproduksi bijih plastik yang siap digunakan dilakukan dalam 3 shift kerja dengan waktu 8 jam produksi setiap *shift*. Pada proses produksi inner karung, proses terbagi menjadi 3 proses. Proses pertama yaitu membuat inner karung dalam bentuk lembaran panjang yang kemudian menjadi gulungan. Lalu proses kedua memotong gulungan lembaran inner karung tersebut sesuai dengan ukuran karung dan proses ketiga yaitu mengumpulkan lembaran inner karung yang telah dipotong sebanyak 500 lembar dan dibungkus menjadi satu lalu dibawa ke palet yang telah disediakan. Dari proses pertama ke proses kedua terdapat aktivitas *manual material handling*, yaitu pekerja harus menurunkan gulungan lembaran inner karung dari mesin produksi setiap 2 jam sekali dan harus menaikkan gulungan lembaran inner karung ke mesin pemotong yang berjumlah 5 mesin setiap 1 jam sekali. Aktivitas *manual material handling* juga terjadi setelah proses ketiga yaitu pekerja harus mengangkat dan membawa 500 lembar inner karung yang telah dipotong dan dibungkus menjadi satu dari meja ke *pallet*. Berat dari gulungan lembaran inner karung tersebut sebesar 150 kg.



Gambar 1.1 Aktifitaspenurunan gulungan lembaran *inner* karung

Menurut peraturan menteri tenaga kerja transmigrasi dan koperasi NO.PER 01/MEN/1978 tentang kesehatan dan keselamatan dalam penebangan dan pengangkutan kayu, berat beban untuk aktivitas pengangkatan yang dilakukan secara terus-menerus yaitu sebesar 10-15 kg untuk pekerja laki-laki. Tentunya tidak bisa dipungkiri bahwa para pekerja tersebut merasakan keluhan rasa sakit pada tubuh mereka. Untuk mengetahui keluhan rasa sakit yang dirasakan pada tubuh pekerja, digunakan kuisisioner *Nordic body Map* (NBM) yang dijawab oleh 4 orang pekerja laki-laki. Kuisisioner ini mampu memetakan 28 segmen tubuh manusia sehingga dapat diketahui bagian-bagian mana saja dari otot pekerja yang mengalami keluhan (Corlet,1992). Terdapat 28 segmen tubuh yang akanmenjadi acuan dalam mengisi kuisisioner NBM. Berdasarkan hasil kuisisioner, diketahui

keluhan yang sering dirasakan oleh pekerja terjadi pada 8 segmen tubuh tersebut. Dimana keluhan rasa sakit yang paling sering dirasakan oleh pekerja terjadi pada segmen tubuh bagian pinggang dengan nilai rata-rata sebesar 3,00. Dimana hal tersebut berarti perlu dilakukan tindakan perbaikan dengan segera (Tarwaka, 2011). Hal tersebut dikarenakan, bagian pinggang yang berfungsi untuk menyangga berat beban tubuh manusia menahan berat beban tambahan yang melebihi batas yang ditentukan. Jika hal ini dibiarkan terlalu lama dapat mengganggu kesehatan para pekerja tersebut, maka diperlukan penanganan untuk mengurangi keluhan tersebut. Kuisisioner dan hasil kuisisioner secara keseluruhan terlampir.

Tabel 1.1

Hasil Kuisisioner *Nordic Body Map*

No	Segmen Tubuh	Rata-Rata
1	Sakit pada lengan atas kiri	2,20
2	Sakit pada punggung	2,40
3	Sakit pada lengan atas kanan	2,40
4	Sakit pada pinggang	3,00
5	Sakit pada tangan kiri	2,20
6	Sakit pada tangan kanan	2,20
7	Sakit pada lutut kanan	2,20
8	Sakit pada lutut kiri	2,20

Untuk mengetahui apakah aktivitas *manual material handling* yang dilakukan dapat menimbulkan risiko cedera atau tidak, maka metode yang sesuai adalah NIOSH *Lifting Equation*. Metode NIOSH *Lifting Equation* digunakan untuk mengetahui nilai *Recommended Weight Limit* (RWL), dimana nilai RWL berfungsi untuk memberikan rekomendasi batas berat beban yang aman untuk diangkat. Lalu untuk mengetahui nilai *Single Task Recommended Weight Limit* (STRWL), nilai ini berfungsi untuk mengetahui berat beban yang direkomendasikan pada satu kali aktivitas pengangkatan dan juga untuk mengetahui nilai *Lifting Index* (LI) serta *Composite Lifting Index* (CLI), dimana kedua nilai tersebut menunjukkan apakah aktivitas *manual material handling* tersebut berpotensi menyebabkan cedera *musculoskeletal disorders* bagi pekerja atau tidak. Semakin tinggi nilai LI dan CLI yang didapatkan maka semakin tinggi pula risiko terjadinya *musculoskeletal disorders* pada pekerja. Setelah mengetahui nilai LI dan CLI, nantinya akan dilakukan perencanaan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi risiko kerja pada tubuh pekerja.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, identifikasi masalah dalam

penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat aktifitas pemindahan beban seberat 150 kg secara berulang dan manual, sehingga aktivitas ini dapat berisiko terjadinya cedera kerja.
2. Dari hasil kuisisioner *Nordic body map* (NBM) yang diberikan kepada pekerja, menunjukkan bahwa pekerja paling banyak mengalami keluhan sangat sakit pada bagian pinggang sehingga aktivitas *manual material handling* tersebut berpotensi menyebabkan cedera.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dijelaskan diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Apakah terdapat potensi risiko cedera kerja pada aktifitas *manual material handling* pada proses penurunan, pengangkatan gulungan lembaran *inner* karung dan pemindahan *inner* karung yang telah dikemas dengan menggunakan NIOSH *Lifting Equation*?
2. Apakah rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk mengurangi risiko cedera kerja pada pekerja saat melakukan aktivitas *manual material handling*?

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas dapat disimpulkan tujuan penelitian sebagai berikut.

1. Untuk menganalisis potensi risiko cedera kerja pada aktifitas *Manual Material Handling* pada proses pembuatan *inner* karung dengan menggunakan NIOSH *Lifting Equation*.
2. Untuk memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat mengurangi risiko cedera kerja pada pekerja saat melakukan aktivitas *manual material handling* pada proses pembuatan *inner* karung.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan hasil analisa potensi cedera pada aktivitas pemindahan secara manual di PT. Mumi Mapan Makmur.
2. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi risiko cedera kerja pada pekerja saat melakukan aktivitas *manual material handling* di PT. Mumi Mapan

Makmur pada proses pembuatan inner karung.

### **1.6 Batasan Masalah**

Setelah melakukan perumusan masalah, untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan permasalahan yang ada, maka pada penelitian ini batasan masalah yang digunakan sebagai berikut.

1. Penelitian ini difokuskan pada aktifitas *Manual Material Handling*.
2. Penelitian ini hanya dilakukan terhadap tiga aktifitas *manual material handling* yang terjadi pada aktivitas pemindahan produk *inner* karung, khususnya aktivitas pemindahan *inner* karung dari mesin pada proses pertama ke mesin yang ada pada proses kedua serta pemindahan 500 lembar inner karung yang telah dipotong dari meja ke palet.

### **1.7 Asumsi Penelitian**

Adapun asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Proses produksi di PT. Murni Mapan Makmur berjalan normal atau tidak terjadi pembahan selama penelitian.
2. Pekerja yang diamati adalah pekerja dalam kondisi sehat dan tidak perlu penyesuaian diri dalam bekerja.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam penelitian ini yang akan dilaksanakan diperlukan dasar-dasar argumentasi ilmiah yang berhubungan dengan konsep-konsep yang diperlukan dalam penelitian dan akan dipakai dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar argumentasi atau teori yang digunakan dalam penelitian.

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini antara lain:

1. Umami (2014) membahas tentang evaluasi aktivitas pengangkatan botol yang sudah terisi air pada bagian produksi di CV. GMS dengan menggunakan metode NIOSH *Equation*. Dari hasil perhitungan didapatkan nilai LI sebesar 3, yang berarti aktivitas pengangkatan botol tersebut dapat menimbulkan cedera. Oleh karena itu rekomendasi yang diberikan adalah menambahkan bangku dan jalur penggelindingan pada akhir ban berjalan. Untuk mengirimkan botol air ke bagian berikutnya, pekerja dapat menggulingkannya ke bangku dan mendorongnya ke jalur yang telah disediakan.
2. Shahu (2016) membahas tentang persamaan pengangkutan menurut NIOSH pada aktivitas pengangkutan manual beserta aplikasinya. Dari penelitian ini diketahui bahwasanya NIOSH *Lifting Equation* sangat berguna dalam menganalisis *musculoskeletal disorder* pada aktivitas pengangkutan manual. Dari hasil studi kasus yang diteliti menunjukkan hasil perhitungan  $LI > 1$ , yang berarti bahwa maka pengangkutan secara manual tersebut dapat menyebabkan *cederamusculoskeletal disorder*, dan beban maksimum yang boleh diangkat yaitu sebesar 15 kg.
3. Mutmainah (2016) membahas tentang aktivitas *manual material handling* pada proses pembuatan tahu beserta rekomendasinya. Pada penelitian ini menggunakan metode NIOSH *Lifting Equation* dengan dua tipe pekerjaan yaitu *single task* dan *multi task*. Diketahui bahwa pada dua dari tiga aktifitas pengangkutan manual yang ada pada proses pembuatan tahu berisiko menyebabkan cedera pada pekerja. Untuk aktifitas pertama (H1) merupakan aktifitas tanpa memutar tubuh lebih aman dengan  $LI < 1$ , sedangkan pada aktifitas kedua (H2) didapatkan bahwa aktivitas memiliki  $LI > 1$  sehingga berbahaya, serta pada aktifitas ketiga (H3)  $CLI > 3$  yang berarti bahwa aktivitas tersebut sangat berbahaya. Oleh karena itu rekomendasi yang diberikan yaitu

alat bantu berupa troli, SOP, dan stasuin kerja.

Tabel 2.1

Penelitian Terdahulu dan Penelitian yang Sedang Dilakukan

Peneliti	Metode yang Digunakan	Objek Amatan	Hasil Penelitian
Umami (2014)	NIOSH <i>Equation Single Task</i>	BULOG Sub Depot Logistic Wil III Surakarta	Dari hasil perhitungan konsumsi energi, kegiatan ini termasuk kegiatan yang ringan, tetapi beban angkat yang direkomendasikan dengan tingkat <i>Lifting Index</i> (LI) > 1, maka berpotensi dapat menyebabkan MSDs
Shashu(2016)	NIOSH <i>Equation Single Task</i> dan <i>Maximum Acceptable Weight Limit</i> (MAWL)	Pekerja konstruksi	Penelitian ini menunjukkan LI > 1. Maka aktivitas pengangkatan tersebut dapat menimbulkan terjadinya MSDs dan beban maksimum yang boleh diangkat yaitu sebesar 15 kg
Mutmainah (2016)	NIOSH <i>Lifting Equation Single Task</i> dan <i>Multi Task</i>	Aktivitas MMH di industri tahu	Penelitian ini menunjukkan dari ketiga aktifitas MMH, untuk H1 diketahui aktifitas tanpa memutar tubuh lebih aman (H11) dengan LI < 1, pada H2 didapatkan bahwa ketiga aktivitas memiliki LI > 1, sehingga berbahaya, serta pada H3 CLI > 3 sehingga sangat berbahaya. Rekomendasi yang diberikan yaitu berupa troli, SOP, dan stasuin kerja
Penelitian ini (2018)	NIOSH <i>Lifting Equation</i>	Aktivitas MMH di PT. Mumi Mapan Makmur	Penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga aktivitas MMH berisiko cedera bagi tubuh operator yang dapat dilihat dari nilai LI>1 untuk aktivitas A dan B serta nilai CLI>1 untuk aktivitas C. Rekomendasi yang diberikan yaitu desain alat bantu berupa <i>Lift Table</i>

## 2.2 Ergonomi

Istilah ergonomi mulai dikenal pada tahun 1949. Dimana ergonomi sendiri berasal dari bahasa latin yaitu *Ergon* yang berarti kerja dan *Nomos* yang berarti hukum alam atau prinsip, dan dapat didefinisikan sebagai studi mengenai aspek-aspek manusia dalam lingkungannya ditinjau dari segi anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan perancangan atau desain (Nurmianto, 2005). Sasaran dari penelitian ergonomi adalah manusia pada saat bekerja dalam lingkungannya. Dimana tujuan utama dari ergonomi yaitu upaya untuk memperbaiki kinerja manusia seperti menambahkan kecepatan dan ketepatan (*accuracy*), meningkatkan keselamatan kerja, mengurangi energi kerja yang berlebihan serta mengurangi kelelahan. Ergonomi sendiri dapat dipelajari secara khusus untuk mempelajari keterbatasan dan kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi, fasilitas kerja, produk buatan dan lingkungan kerja serta untuk

mendapatkan pengetahuan mengenai permasalahan-permasalahan interaksi manusia dengan lingkungan kerjanya, mengurangi kecelakaan kerja, efisiensi proses produksi dan meningkatkan produktifitas produksi. Tanpa ergonomi maka ketidaknyamanan dalam bekerja akan terasa, kecelakaan kerja yang tinggi, biaya tinggi, kurangnya efisiensi kerja dan daya kerja yang rendah.

### 2.2.1 Klasifikasi Ergonomi

Menurut *International Ergonomics Association*, ergonomi diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

#### 1. Ergonomi fisik

Ergonomi fisik merupakan klasifikasi dari ergonomi mengenai anatomi manusia, antropometri, karakteristik fisiologis, dan biomekanik. Kajian dalam ergonomi fisik ini meliputi pengukuran postur kerja, *material handling*, *repetitive movement* yang berkaitan dengan *musculoskeletal*, tata letak ruang kerja, dan keselamatan kesehatan kerja.

#### 2. Ergonomi kognitif

Ergonomi kognitif ini berkaitan dengan proses mental pekerja seperti persepsi, memori, penalaran, serta respon motorik yang mempengaruhi interaksi antara manusia dan elemen lainnya. Kajian dalam ergonomi kognitif meliputi beban kerja, mental, pengambilan keputusan, kinerja, keterampilan, interaksi manusia dengan alat, stress kerja dan pelatihan.

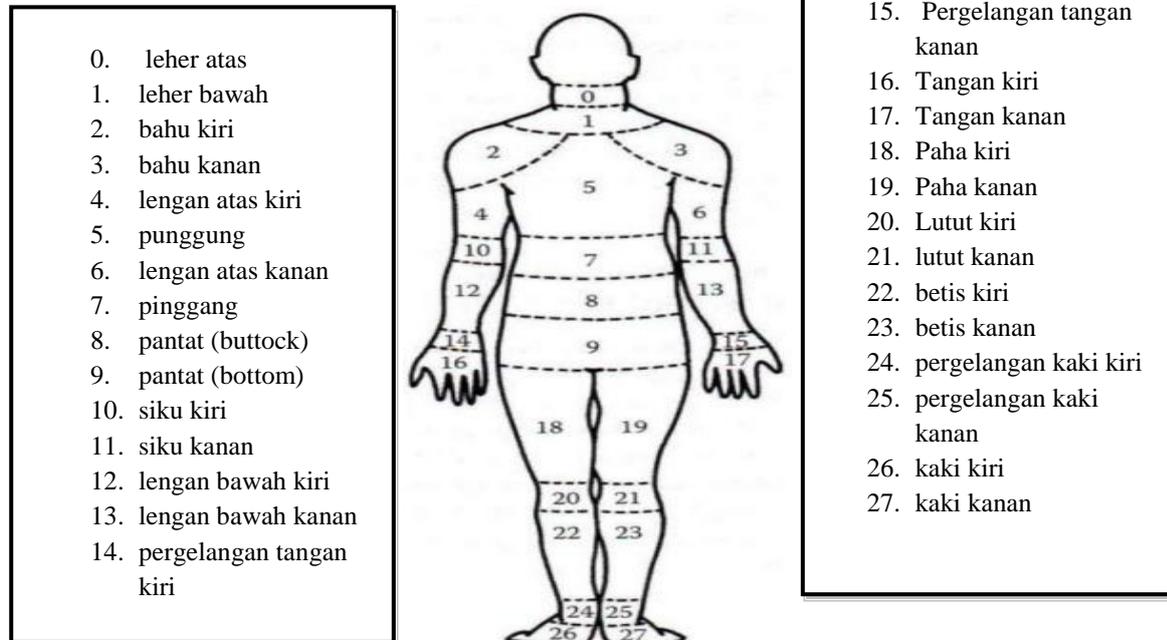
#### 3. Ergonomi organisasi

Ergonomi organisasi ini berkaitan dengan optimasi sistem sosioteknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan, desain kerja, *design* waktu kerja, kerja sama tim, *design* partisipatif ergonomi masyarakat, kerja kooperatif paradigma kerja baru, budaya organisasi serta manajemen mutu dari organisasi.

### 2.3 Nordic Body Map (NBM)

*Nordic Body Map* (NBM) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui ketidaknyamanan pada tubuh pekerja. Kuisioner ini mampu memetakan 28 segmen tubuh manusia sehingga dapat diketahui bagian-bagian mana saja dari otot pekerja yang mengalami keluhan (Corlet, 1992). Dalam mengisi kuisioner ini, keluhan yang dirasakan terbagi menjadi 4 yaitu tidak terasa sakit, sedikit sakit, sakit, dan sangat sakit. Pada kuisioner NBM, digunakan skala likert untuk menggambarkan keluhan tersebut. Dimana

skala likert tersebut dimulai dari angka 1 untuk keluhan tidak terasa sakit, 2 keluhan sedikit sakit, 3 sangat sakit dan 4 untuk keluhan sangat sakit. Menurut Tarwaka (2011) untuk skala 1 tindakan yang belum diperlukan adanya tindakan perbaikan, untuk skala 2 mungkin diperlukan tindakan dikemudian hari, untuk skala 3 diperlukan tindakan segera, dan untuk skala 4 diperlukan menyeluruh segera.



Gambar 2.1 28 Segmen tubuh pada kuisioner *Nordic Body Map*

## 2.4 Workstation

Stasiun kerja merupakan salah satu komponen yang harus diperhatikan berkenaan dengan upaya peningkatan produktivitas kerja. Kondisi kerja yang tidak memperhatikan kenyamanan, kepuasan, keselamatan dan kesehatan kerja tentunya akan sangat berpengaruh terhadap produktivitas kerja manusia. Dalam perancangan atau redesain stasiun kerja itu sendiri harus diperhatikan peranan dan fungsi pokok dari komponen-komponen sistem kerja yang terlibat yaitu manusia, mesin atau peralatan dan lingkungan fisik kerja. Berkaitan dengan perancangan stasiun kerja dalam industri, maka ada beberapa aspek ergonomis yang harus dipertimbangkan sebagai berikut.

### 1. Sikap dan posisi kerja

pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan sikap atau posisi kerja sangat penting. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan sikap dan posisi tertentu yang kadang-kadang cenderung untuk tidak mengenakan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada sikap dan posisi kerja yang tidak nyaman dan terkadang harus berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Hal ini tentu saja akan mengakibatkan

pekerja cepat lelah, membuat banyak kesalahan atau menderita cacat tubuh.

## 2. Antropometri dan dimensi ruang kerja

Data antropometri ini akan sangat bermanfaat dalam perencanaan peralatan kerja atau fasilitas-fasilitas kerja (termasuk disini perencanaan ruang kerja) yang sesuai dengan dimensi tubuh operator. Persyaratan ergonomis mensyaratkan agar peralatan dan fasilitas kerja sesuai dengan orang yang menggunakannya, khususnya menyangkut dimensi ukuran tubuh. Dalam menentukan ukuran maksimum atau minimum biasanya digunakan data antropometri antara 5-th dan 95-th *percentile*.

## 3. Efisiensi ekonomi gerakan dan pengaturan fasilitas kerja

Perancangan sistem kerja haruslah memperhatikan prosedur-prosedur dalam membuat gerakan kerja sehingga dapat memperbaiki efisiensi dan mengurangi kelelahan kerja. Pertimbangan mengenai prinsip-prinsip ekonomi gerakan dilakukan selama tahap perancangan sistem kerja dari suatu industri, karena hal ini akan mempermudah modifikasijika diperlukan terhadap *hardware*, prosedur kerja.

### 2.5 *Manual Material Handling*

Menurut Wignjosoebroto (2003) *Manual Material Handling* adalah sebuah aktivitas yang berhubungan dengan pemindahan beban secara manual dimana pekerja menggunakan gaya otot untuk melakukan aktivitas pemindahan material seperti mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, membawa, dan menggenggam objek. Definisi lain dari pemindahan beban secara manual menurut *American Material Handling Society (AHMS)* adalah material handling disebut sebagai seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pengepakan (*packaging*), penyimpanan (*storing*), dan pengawasan (*controlling*) dari material dengan segala bentuknya. Menurut Bridger (1995) kegiatan *manual material handling* dikelompokkan menjadi lima yaitu mengangkat (*lifting*) atau menurunkan (*lowering*), mendorong (*push*) atau menarik (*pull*), membawa (*carrying*), dan menahan (*holding*). Jika tidak dilakukan secara ergonomis aktivitas pemindahan bahan secara manual dapat berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja seperti nyeri punggung (*back injury*). Beberapa parameter yang harus diperhatikan untuk mengurangi timbulnya nyeri punggung (Nurmianto, 2005) antara lain:

1. Beban yang harus diangkat.
2. Perbandingan antara berat beban dan orangnya.
3. Jarak horizontal dari beban terhadap orangnya.
4. Ukuran beban yang diangkat (beban yang berdimensi besar akan mempunyai jarak CG

(*center of gravity*) yang lebih jauh dari tubuh, dan bisa mengganggu jarak pandangannya).

Untuk membuat suasana kerja menjadi nyaman, aman dan sehat, di perlukan adanya batasan angkat beban untuk pekerja, berikut merupakan batasan beban yang boleh diangkat (Nurmianto, 2005):

1. Batasan angkat secara legal (*legal limitations*)

Beberapa batasan angkat secara legal dari beberapa Negara. Batasan angkat ini dikeluarkan *National Occupational Health And Safety Commission* beserta dengan tindakan yang harus dilakukan sesuai dengan batas angkatnya.

Tabel 2.2

Batasan Angkat dan Tindakan

Level	Batas Angkat (Kg)	Tindakan
1	= 16	Tidak diperlukan tindakan khusus
2	16-25	- Tidak diperlukan alat dalam mengangkat - Ditekankan pada metode angkat
3	25-34	- Tidak diperlukan alat dalam mengangkat - Dipilih <i>job redesign</i>
4	34	- Harus dibantu dengan peralatan

Sumber: Nurmianto (2005)

2. Batasan angkat dengan menggunakan *biomechanical limitations*

Nilai dari analisa biomekanika adalah tentang postur atau posisi aktivitas kerja, ukuran beban dan ukuran manusia yang di evaluasi. Sedangkan kriteria keselamatan kerja adalah dasar pada beban (*copresion load*) pada *invertabraldisk* antara lumbar nomor lima dan schrum nomor satu.

3. Batasan angkat secara fisiologi (*physiological limitations*)

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 aktivitas yang berulang akan meningkatkan resiko rasa nyeri pada tulang belakang karena akumulasi dari asam laktat yang menumpuk secara berlebihan.

4. Batasan angkat secara psiko-fisik (*psycho-physical limitations*)

Metode ini berdasarkan pada sejumlah eskperimen yang berbahaya untuk mendapatkan berat pada berbagai keadaan dan ketinggian yang berbeda. Ada tiga kategori posisi angkat yang didapat yaitu:

- a. Dari permukaan lantai ke ketinggian genggam tangan (*knuckle height*)
- b. Dari ketinggian genggam tangan (*knuckle height*) ke ketinggian bahu (*shoulder*

*height*)

c. Dari ketinggian bahu (*shoulder height*) ke maksimum jangkauan tangan (*vertical*)

Batasan angkat ini dapat membantu untuk meringankan atau mengurangi keluhan kesehatan pada tubuh pekerja seperti rasa nyeri dan ngilu/tausakit pada tulang belakang. Disamping itu juga dapat mengurangi ketidaknyamanan kerja pada tulang belakang bagi pekerja yang memiliki beban kerja yang tinggi atau bagi pekerja kasar.

## 2.6 *Musculoskeletal Disorder*(MSDs)

*Musculoskeletal Disorder* (MSDs) adalah cedera pada sistem syaraf atau jaringan seperti otot, tendon, ligamen, tulang sendi, tulang rawan ataupun pembuluh darah. Keluhan *musculoskeletal* adalah keluhan pada bagian otot *Musculoskeletal* yang dirasakan oleh seseorang dari keluhan ringan hingga keluhan yang terasa sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen, dan tendon. Hal inilah yang menyebabkan rasa sakit, keluhan ini disebut keluhan *musculoskeletal disorders* (MSDs) atau cedera pada sistem *musculoskeletal* (Humantech, 2003 dalam (Zulfiqor,2010)). Adanya gangguan pada *musculoskeletal* dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti sikap kerja yang salah saat bekerja atau fasilitas kerja yang tidak ergonomis.

Sikap tubuh yang buruk (tidak fisiologis) sewaktu bekerja dan berlangsung lama menyebabkan adanya beban pada sistem *musculoskeletal* dan berefek negatif pada kesehatan, disamping itu pekerja tidak mampu mengerahkan kemampuannya secara optimal (Manuaba, 1992). Berikut merupakan beberapa macam sikap kerja.

### 1. Sikap kerja berdiri

Sikap kerja berdiri merupakan sikap kerja yang posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki. Bekerja dengan posisi berdiri terus menerus sangat mungkin akan terjadi penumpukan darah dan berbagai cairan tubuh pada kaki dan hal ini akan bertambah bila berbagai bentuk dan ukuran sepatu yang tidak sesuai. Sikap kerja berdiri dapat menimbulkan keluhan subjektif dan juga kelelahan bila sikap kerja ini tidak dilakukan bergantian dengan sikap kerja duduk.

### 2. Sikap kerja membungkuk

Sikap kerja membungkuk merupakan salah satu sikap kerja yang tidak nyaman untuk diterapkan dalam pekerjaan. Pada posisi ini, kestabilan tubuh menjadi tidak terjaga. Pada saat membungkuk, tulang punggung akan bergerak ke sisi depan tubuh dan sisi depan *invertebratal disk* pada bagian lumbar mengalami penekanan. Saat itu juga

terjadi perenggangan atau pelenturan pada bagian ligamen sisi belakang dari *invertebratal disk*, sehingga pekerja mengalami keluhan rasa sakit pada bagian punggung bawah (*low back pain*) bila dilakukan secara berulang dan dalam jangka waktu yang lama.

### 3. Pengangkatan beban

Aktifitas pengangkatan beban menjadi penyebab terbesar terjadinya kecelakaan kerja pada bagian punggung. Pengangkatan beban akan mempengaruhi tulang belakang pada bagian lumbar. Di bagian ini, terjadi penekanan L5/S1 (lempeng yang berada pada lumbar ke-5 dan *sacral* ke-1). Penekanan yang terjadi pada daerah tersebut, mempunyai batas tertentu untuk menahan tekanan. Bila pengangkatan yang dilakukan melebihi kemampuan tubuh, maka akan terjadi *disk hemiation* dikarenakan lapisan pembungkus pada *invertebratal disk* di bagian L5/S1 pecah.

## 2.7 NIOSH *Lifting Equation*

NIOSH *lifting Equation* merupakan suatu cara untuk memberikan rekomendasi beban yang dapat diangkat secara aman oleh pekerja dengan menggunakan beberapa variabel pekerjaan (Waters, 1994). Salah satunya variabel yang digunakan adalah vertikal dan horizontal. NIOSH telah melakukan beberapa analisis terhadap faktor-faktor yang berpengaruh terhadap biomekanika, yaitu:

1. Berat benda yang dipindahkan, hal ini ditentukan oleh pembebanan langsung.
2. Posisi pembebanan dengan mengacu pada tubuh serta dipengaruhi oleh:
  - a. Jarak horizontal beban yang dipindahkan dari titik berat tubuh.
  - b. Jarak vertikal beban yang dipindahkan dari lantai.
  - c. Sudut pemindahan beban dari posisi sagital (posisi pengangkatan tepat didapan tubuh).
3. Frekuensi pemindahan dicatat sebagai rata-rata pemindahan/menit untuk pemindahan berfrekuensi tinggi.
4. Periode (durasi) total waktu yang diberlakukan selama pemindahan.

### 2.7.1 *Recommended Weight Limit (RWL)*

*Recommended Weight Limit* merupakan rekomendasi batas beban yang dapat diangkat oleh manusia tanpa menyebabkan cedera meskipun pekerjaan tersebut dilakukan secara *repetitive* dan dalam jangka waktu yang cukup lama (Waters, 1994). RWL ini ditetapkan oleh NIOSH pada 1991 di Amerika Serikat. Persamaan niosh berlaku pada keadaan:

1. Beban yang diberikan adalah beban statis, tidak ada penambahan ataupun pengurangan beban di tengah-tengah pekerjaan.
2. Beban diangkat dengan menggunakan kedua tangan.
3. Pengangkatan atau penurunan benda dilakukan dalam waktu maksimal 8 jam.
4. Pengangkatan atau penurunan benda tidak boleh dilakukan saat duduk atau berlutut.
5. Tempat kerja tidak sempit.

Persamaan untuk menentukan batas beban yang direkomendasikan untuk diangkat seorang pekerja bergantung dari kondisi pengangkatan yang dilakukan. Kondisi yang dimaksud merupakan *single task* dan *multi task*.

### 2.7.1.1 Single Task

Pekerjaan pemindahan secara manual (*Single Task*) adalah pekerjaan pemindahan dimana pekerjaan pemindahan tersebut tidak berulang dan jarak perpindahannya tidak berubah-ubah baik secara vertikal maupun horizontal (Waters, 1994). Persamaan yang digunakan untuk perhitungan beban yang direkomendasikan untuk jenis pemindahan *single task* sebagai berikut.

$$RWL = LC \times HM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (2-1)$$

Sumber: Waters (1994)

Keterangan:

1. LC = konstanta pembebanan = 23 kg
2. DM = faktor pengali perpindahan DM

$$DM = 0,82 + (4,5/D) \quad (2-2)$$

Sumber: Waters (1994)

Untuk perhitungan faktor pengali jarak, langkah awal yaitu mengetahui *vertical travel distance* yang dapat didefinisikan jarak perpindahan benda secara vertikal dari pengangkatan original (awal) ke pengangkatan destination (akhir).

3. HM = faktor pengali horizontal

$$HM = 25 / H \quad (2-3)$$

Sumber: Waters (1994)

Untuk perhitungan faktor pengali horizontal, langkah awalnya yaitu mengetahui *horizontal location* yang diukur dari titik tengah garis yang menghubungkan tulang pergelangan kaki bagian dalam ke titik proyeksi dimana beban diangkat.

4. FM = faktor pengali frekuensi (*Frequency Multiplier*). Variabel yang digunakan untuk perhitungan pengali frekuensi adalah *Lifting Frequency* yang merupakan angka rata-rata dari pengangkatan permenitnya. Jika frekuensi pengangkatan kurang dilakukan

kurang dari 5 menit maka  $F = 0,2$  lift/menit.

Tabel 2.3  
*Frequency Multiplier*

Frequency lift/min (F)	Work duration					
	<1 hour		>1 but<2hour		> 2 but< 8 hour	
	V<75 cm	V>75 cm	V<75 cm	V>75 cm	V<75 cm	V>75 Cm
<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	0,74	0,74
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	0,31	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: Waters (1994)

5. CM = faktor pengali kopling (*Handle*)

Untuk menentukan nilai pengali kopling yaitu menentukan klasifikasi dari kopling.

Klasifikasi kopling pengakatan sebagai berikut.

Tabel 2.4  
Klasifikasi Tangan dengan Kopling Kontainer

<i>Good</i>	<i>Fair</i>	<i>Poor</i>
kontainer atau box dengan <i>design handle</i> berbentuk <i>cylindrical</i> yang memiliki diameter 1,9-3,8 cm, panjang 11,5 cm, jarak ruang 5 cm, dan permukaan yang halus namun tidak licin	Tidak memiliki <i>design handle</i> yang optimal namun tangan dapat meraih <i>handle</i> dengan mudah, permukaan yang tidak licin	Box tidak memiliki pegangan, sulit dipegang (licin,taham), berisi barang yang tidak stabil (pecah tumpah jatuh)
Untuk Benda yang tidak biasa, pekerja harus bisa menggenggam objek dengan nyaman tanpa menyebabkan postur tubuh yang aneh	kontainer atau box tidak memiliki pegangan, pekerja dapat memegang benda dengan membentuktangan sudut 90° dibawah kontainer/box	Memerlukan sarung tangan untuk mengangkatnya. Karena bentuknya yang keras dan kaku

Sumber: Waters (1994)

Penentuan nilai kopling dilakukan berdasarkan klasifikasi kopling pada tabel diatas.

Setiap klasifikasi tersebut memiliki penjelasan, sehingga lebih mudah dalam

menentukan kopling tersebut termasuk ke dalam klasifikasi yang mana dan mempermudah dalam menentukan nilai pengali kopling. Nilai kopling yang termasuk klasifikasi *good* dengan ketinggian benda dari lantai pada saat diangkat kurang dari 75 cm ( $V < 75$  cm) bernilai 1,00, dan untuk ketinggian benda pada saat diangkat lebih atau sama dengan 75 cm ( $V > 75$  cm) maka nilai pengali kopling sebesar 1,00. Begitu juga dengan penentuan nilai kopling untuk klasifikasi *fair* dan *poor*. Untuk nilai pengali kopling, dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5  
*Coupling Multiplier*

Tipe <i>coupling</i>	CM	
	$V < 75$ CM	$V > 75$ CM
<i>Good</i>	1,00	1,00
<i>Fair</i>	0,95	1,00
<i>Poor</i>	0,90	0,90

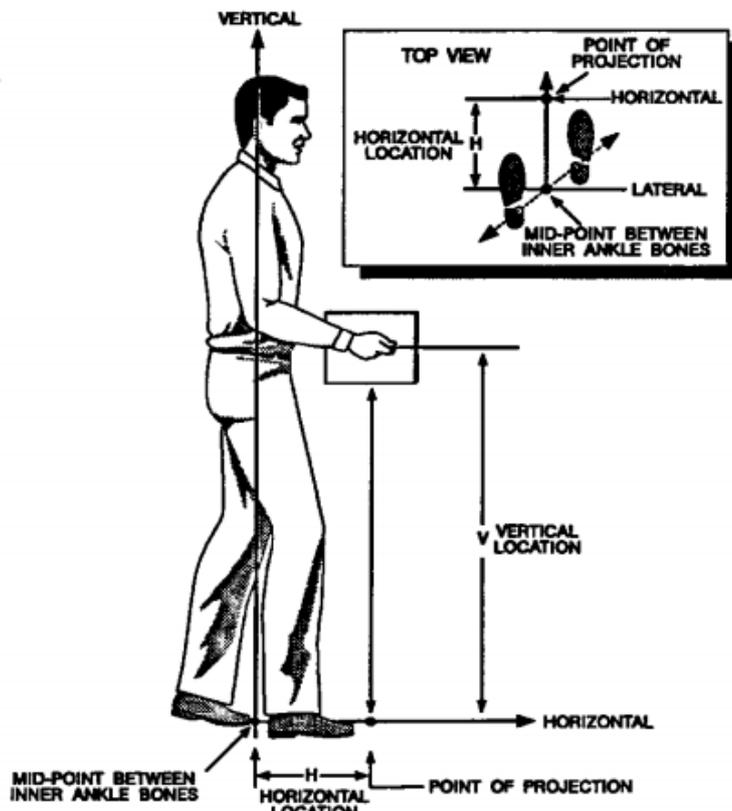
Sumber: Waters (1994)

6. VM = faktor pengali vertikal VM

$$VM = 1 - 0,003|V - 75$$

(2-4)

Sumber: Waters (1994)



Gambar 2.2 Posisi tangan (horizontal & vertikal) pada saat memindahkan barang

Sumber: Waters (1994)

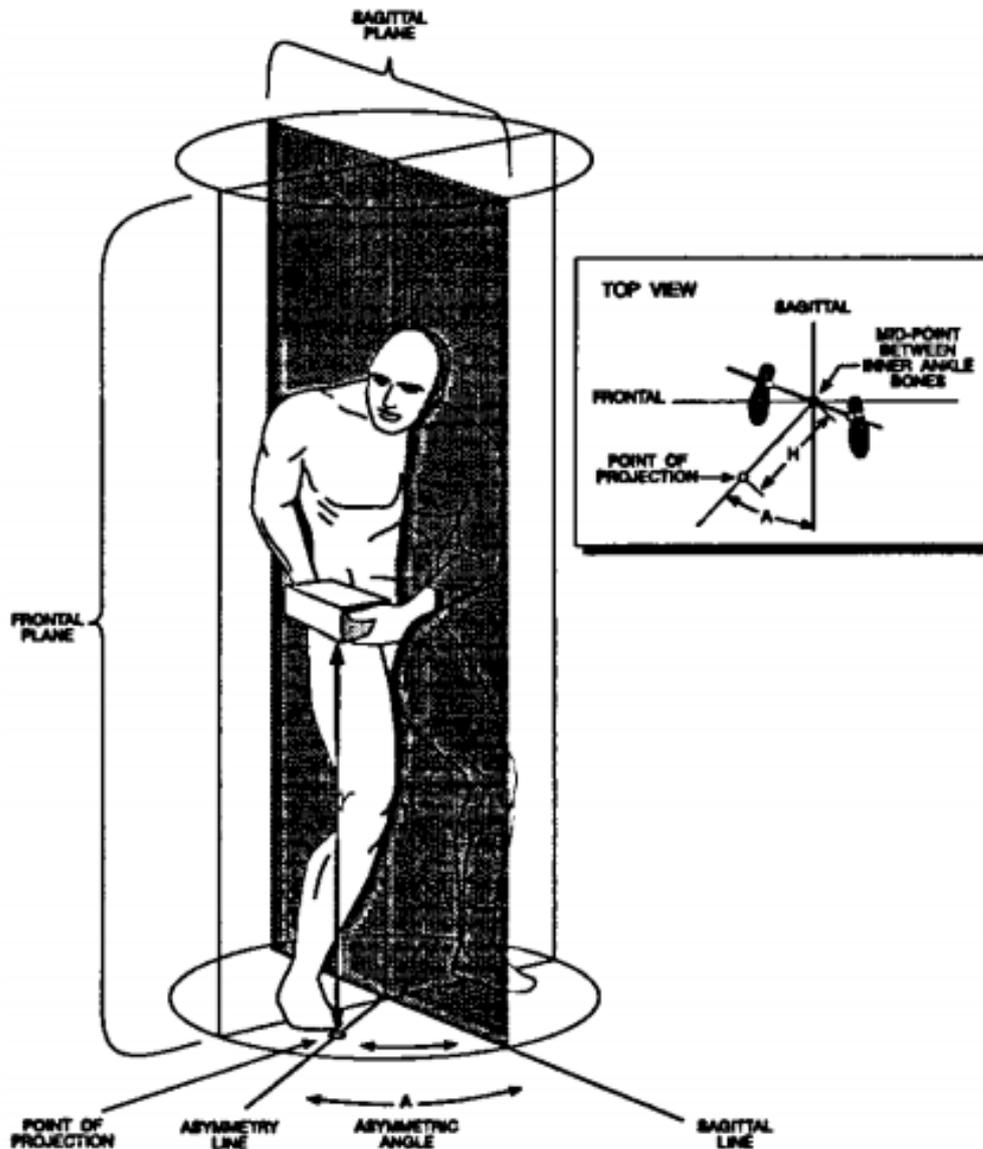
7. AM = faktor pengali *asymmetric*

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

(2-5)

Sumber: Waters (1994)

Untuk perhitungan faktor pengali asimetrik, langkah awalnya yaitu mengetahui *asymmetric angel*. *Asymmetric angel* merupakan sudut antara garis *asymmetry* dan garis tengah sagital.



Gambar 2.3 Posisi asimetris yang terbentuk pada saat memindahkan barang  
Sumber: Waters (1994)

Dari Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa sudut *asymmetric* diukur dari perputaran tubuh dari posisi awal tubuh ke posisi akhir. Dimana perputaran yang terjadi hanya pada bagian tubuh atas saja dan tidak diikuti dengan dengan bagian tubuh bawah.

Tabel 2.6  
*Asymmetric Multiplier*

A deg	AM
0	1
15	0,95
30	0,9
45	0,86
60	0,81

A deg	AM
75	0,76
90	0,71
105	0,66
120	0,62
135	0,57
>135	0

Sumber: Waters (1994)

Setelah mengetahui nilai-nilai variabel diatas maka perhitungan RWL dapat dilakukan. Setelah melakukan perhitungan RWL, maka selanjutnya melakukan perhitungan *Lifting Index* (LI). Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah aktivitas pengangkatan tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang atau tidak. Jika hasil perhitungan  $LI < 1$  maka hal tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan tersebut tidak mengandung resiko cedera tulang belakang, namun jika hasil perhitungan  $LI > 1$  maka aktivitas pengangkatan tersebut mengandung resiko cedera tulang belakang. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan *Lifting index* sebagai berikut.

$$LI = \frac{\text{Load Weight (L)}}{\text{Recommend ed Weight Limit (RWL)}} \quad (2-6)$$

Sumber: Waters (1994)

### 2.7.1.2 Multi Task

Pekerjaan pemindahan secara manual (*Multi Task*) adalah pekerjaan pemindahan dimanapekerjaan pemindahan tersebut dilakukan secara berulang dan jarak pengangkatannya berubah-ubah baik secara vertikal maupun horizontal (Waters, 1994). Perhitungan yang digunakan dalam *multi task* sebagai berikut.

#### 1. FIRWL (*Frequency Independent Recommended Weight Limit*)

FIRWL adalah frekuensi pengangkatan yang direkomendasikan dalam sekali tugas. FIRWL menggambarkan gaya tekan serta kekuatan otot yang diperlukan dalam sekali tugas.

$$\text{FIRWL} = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM \quad (2-7)$$

Sumber: Waters (1994)

#### 2. STRWL (*Single Task Recommended Weight Limit*)

STRWL adalah batas beban yang direkomendasikan dalam satu kali tugas pengangkatan.

$$\text{STRWL} = \text{FIRWL} \times FM \quad (2-8)$$

Sumber: Waters (1994)

#### 3. FILI (*Frequency Independent Lifting Index*)

FILI adalah frekuensi ketegangan otot pada setiap pengangkatan beban.

$$FILI=L/FIRWL \quad (2-9)$$

Sumber: Waters (1994)

4. *STLI (Single Task Lifting Index)*

STLI adalah nilai relatif ketegangan otot pada satu kali pengangkatan.

$$STLI = L/STRWL \quad (2-10)$$

Sumber: Waters (1994)

5. *CLI (Composite Lifting Index)*

$$CLI= STLI_1 + \sum_1^n FILI \quad (2-11)$$

Sumber: Waters (1994)

Dimana:

$$FILI_2 = \{FILI_2 \times (\frac{1}{FM_{1,2}} - \frac{1}{FM_1})\} \quad (2-12)$$

Sumber: Waters (1994)

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metodologi yang digunakan untuk penelitian, tempat dan waktu penelitian, juga tahapan-tahapan yang akan dilakukan pada penelitian agar proses penelitian dapat terarah, terstruktur dan sistematis.

### **3.1 Metodologi Penelitian**

Dalam Penelitian ini digunakan metode penelitian deskriptif. Hal ini dikarenakan peneliti akan melakukan deskripsi dan analisa permasalahan dari keadaan nyata objek penelitian sehingga didapatkan solusi permasalahan berupa rekomendasi perbaikan. Objek yang akan dievaluasi adalah aktivitas *manual material handling* pada PT. Murni Mapan Makmur.

### **3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada PT. Murni Mapan Makmur di Pasuruan Jawa Timur pada bulan Maret 2017 sampai Januari 2018.

### **3.3 Tahapan penelitian**

Dalam penelitian ini, terdapat tahapan penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut.

#### **1. Studi lapangan**

Pada metode ini, pengumpulan data dilakukan dengan mengamati secara langsung pada objek yang akan diteliti. Studi lapangan ini dilakukan agar mendapat data aktual mengenai kondisi perusahaan, seperti proses pembuatan, jumlah pekerja, jam kerjapekerja dan jam istirahat.

#### **2. Studi literatur**

Metode ini bersumber pada buku-buku yang terkait dan jurnal yang diperoleh baik dari media cetak maupun media internet yang sesuai dengan objek yang diteliti berupa teori mengenai manual material handling dengan pendekatan biomekanika menurut NIOSH *Lifting Equation*. Kegiatan ini dilakukan dengan membaca literatur serta sumber informasi lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

#### **3. Identifikasi masalah**

Identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui, menganalisa dan memahami masalah dalam perusahaan agar dapat menghasilkan solusi perbaikan terkait masalah yang ada di perusahaan dengan bantuan metode NIOSH *Lifting Equation*.

4. Perumusan masalah

Perumusan masalah ini dilakukan setelah melakukan identifikasi masalah. Hal ini dilakukan untuk menunjukkan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini.

5. Penetapan tujuan penelitian

Penetapan tujuan penelitian ditentukan berdasarkan rumusan masalah yang telah dideskripsikan. Tujuan penelitian ini nantinya akan digunakan sebagai tolak ukur tingkat keberhasilan penelitian.

6. Pengumpulan data

Pengumpulan data merupakan tahapan mencatat seluruh informasi yang dibutuhkan dalam penelitian ini, data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut.

a. Data primer

Data ini diperoleh secara langsung dari tempat objek penelitian penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data keluhan pekerja yang diperoleh dari kuisisioner *Nordic Body Map*, frekuensi pengangkatan, *coupling* dan posisi pengangkatan (*hand location* secara vertikal & horizontal).

b. Data sekunder

Data ini telah tersedia di perusahaan yang berhubungan dengan objek penelitian yang dilakukan. Data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: gambaran umum perusahaan, jumlah pekerja, berat beban yang diangkat, proses produksi, dan jam kerja.

Sedangkan metode pengumpulan data sebagai berikut.

1) Observasi

Observasi merupakan metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung suatu kegiatan yang sedang dilakukan terhadap objek penelitian. Observasi yang telah dilakukan yaitu mengamati posisi pengangkatan dan kopling.

2) Wawancara

Wawancara merupakan metode pengumpulan data dengan cara berkomunikasi langsung dengan pihak-pihak yang berhubungan langsung dengan objek yang diteliti. Pihak yang diwawancarai antara lain kepala bagian produksi dan operator. Pertanyaan yang diajukan terkait mengenai

kuisisioner *Nordic BodyMap*, berat beban yang diangkat, jam kerja, proses produksi, dan frekuensi pengangkatan.

### 3) Dokumentasi Perusahaan

Dokumentasi perusahaan merupakan metode pengumpulan data yang berasal dari arsip, dokumen, atau catatan yang dimiliki perusahaan. Dokumen ini digunakan sebagai pelengkap atau penunjang dalam penelitian. Data yang diperoleh yaitu gambaran umum perusahaan, dan jumlah pekerja.

## 7. Pengolahan data

Berikut merupakan tahapan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini.

### a. Perhitungan faktor pengali

Faktor pengali adalah komponen utama untuk mengetahui nilai RWL. Berikut merupakan faktor pengali yaitu:

- 1) *Horizontal Multiplier* (HM), untuk mendapatkan nilai faktor pengali HM, akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus nomor (2-3).
- 2) *Vertical Multiplier* (VM), untuk mendapatkan nilai faktor pengali VM, akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus nomor (2-4).
- 3) *Distance Multiplier* (DM), untuk mendapatkan nilai faktor pengali DM, akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus nomor (2-2).
- 4) *Asymetric Multiplier* (AM), untuk mendapatkan nilai faktor pengali HM, akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus nomor (2-5).
- 5) *Frequency Multiplier* (FM), dimana nilai faktor pengali FM akan didapatkan dari lama waktu bekerja dan jumlah pengangkatan setiap menitnya.
- 6) *Coupling Multiplier* (CM), untuk mendapatkan nilai faktor pengali CM, akan dilakukan observasi terhadap kenyamanan dan kemudahan dari beban yang diangkat.

### b. Perhitungan RWL(*Recommended Weight Limit*)

Perhitungan RWL berdasarkan jenis pemindahan yang dilakukan yaitu *single task* dan *multi task*.

- 1) *Single task* karena aktifitas pemindahan yang dilakukan tidak memiliki jarak yang berubah-ubah atau selalu tetap. Langkah yang digunakan dalam *single task* sebagai berikut.
  - a) Perhitungan RWL dilakukan dengan menggunakan rumus nomor (2-1).
  - b) Perhitungan LI (*Lifting Index*) dilakukan dengan menggunakan rumus nomor (2-6). Perhitungan LI dilakukan untuk mengetahui pengangkatan

yang dilakukan mengandung risiko cedera tulang belakang atau tidak. Jika  $LI < 1$ , maka aktivitas tersebut mengandung risiko cedera tulang belakang.

2) *Multi task* karena aktifitas pemindahan yang dilakukan memiliki jarak pemindahan yang berubah-ubah atau tidak tetap. Langkah yang digunakan dalam *multi task* sebagai berikut.

- a) Perhitungan *Frequency Independent Recommended Weight Limit* (FIRWL) dilakukan dengan menggunakan rumus nomor (2-7).
- b) Perhitungan *Single Task Recommended Weight Limit* (STRWL) dilakukan dengan menggunakan rumus nomor (2-8).
- c) Perhitungan *Frequency Independent Lifting Index* (FILI) dilakukan dengan menggunakan rumus nomor (2-9).
- d) Perhitungan *Single Task Lifting Index* (STLI) dilakukan dengan menggunakan rumus nomor (2-10).
- e) Perhitungan *Composite Lifting Index* (CLI) dilakukan dengan menggunakan rumus nomor (2-11). Jika  $CLI > 1$  maka pekerjaan berisiko mengakibatkan kecelakaan kerja pada bagian punggung atau dapat menyebabkan *muscoluskeletal disorder*.

#### 8. Analisa dan pembahasan

Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan, akan dilakukan analisa untuk mengetahui aktivitas pengangkatan tersebut berisiko atau tidak.

#### 9. Rekomendasi perbaikan

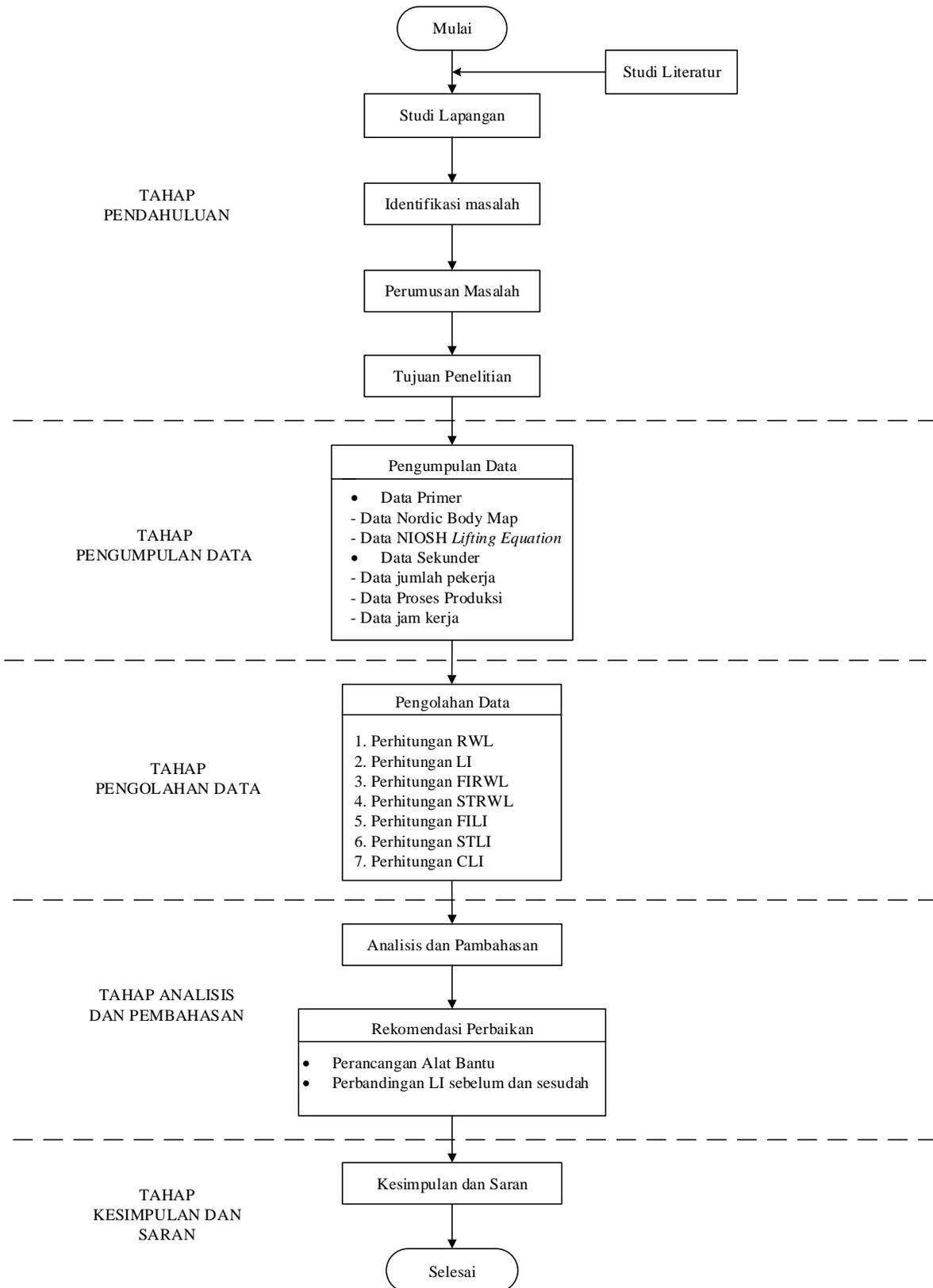
Usulan perbaikan yang diberikan berupa rancangan alat bantu yang dapat meringankan aktivitas *manual meterial handling*. Usulan perbaikan yang akan digunakan adalah usulan perbaikkan yang mampu mengurangi cedera pada tubuh pekerja.

#### 10. Kesimpulan dan saran

Dari hasil pengolahan dan analisa data kemudian dilakukan penarikan kesimpulan dan pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dari penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan mengenai data yang telah dikumpulkan dan selanjutnya dilakukan pengolahan berdasarkan metode penelitian yang sudah ditentukan, kemudian menginterpretasi data untuk mendapatkan hasil analisis dan pembahasan dari metode yang digunakan dalam penelitian ini.

#### **4.1 Gambaran Umum Perusahaan**

Pada bagian ini dijabarkan mengenai gambaran PT. Murni Mapan Makmur secara umum, meliputi profil singkat perusahaan, tujuan, dan struktur organisasi perusahaan.

##### **4.1.1 Profil Perusahaan**

PT. Murni Mapan Makmur terletak pada kecamatan Purwosari, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur yang merupakan dataran rendah dengan ketinggian 41 meter di atas permukaan laut. PT. Murni Mapan Makmur merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri plastik. Produksi utama perusahaan ini berupa *inner* karung dan mulsa pertanian.

PT. Murni Mapan Makmur memproduksi barang berdasarkan permintaan pasar dan penggunaannya. Produk yang dihasilkan oleh PT. Murni Mapan Makmur tidak memiliki merek tertentu, karena produk yang dihasilkan dijual kembali kepada berbagai produsen lain sehingga nantinya ditambahkan label sendiri tergantung dari produsen tersebut.

Awalnya perusahaan ini merupakan perusahaan keluarga yang memiliki perizinan hukum berupa perusahaan perseorangan. Setelah berjalan beberapa tahun, perusahaan ini mengalami beberapa perubahan dikarenakan berbagai kendala yang mengharuskan perusahaan menjadi perusahaan perseroan terbatas tepatnya pada tanggal 23 September 1988. Selanjutnya perusahaan tersebut disahkan oleh Direktur Jendral Hukum dan Perundang-undangan sebagai mana tertera pada surat Keputusan Menteri Kehakiman Republik Indonesia pada tanggal 22 Januari 1990.

##### **4.1.2 Tujuan Perusahaan**

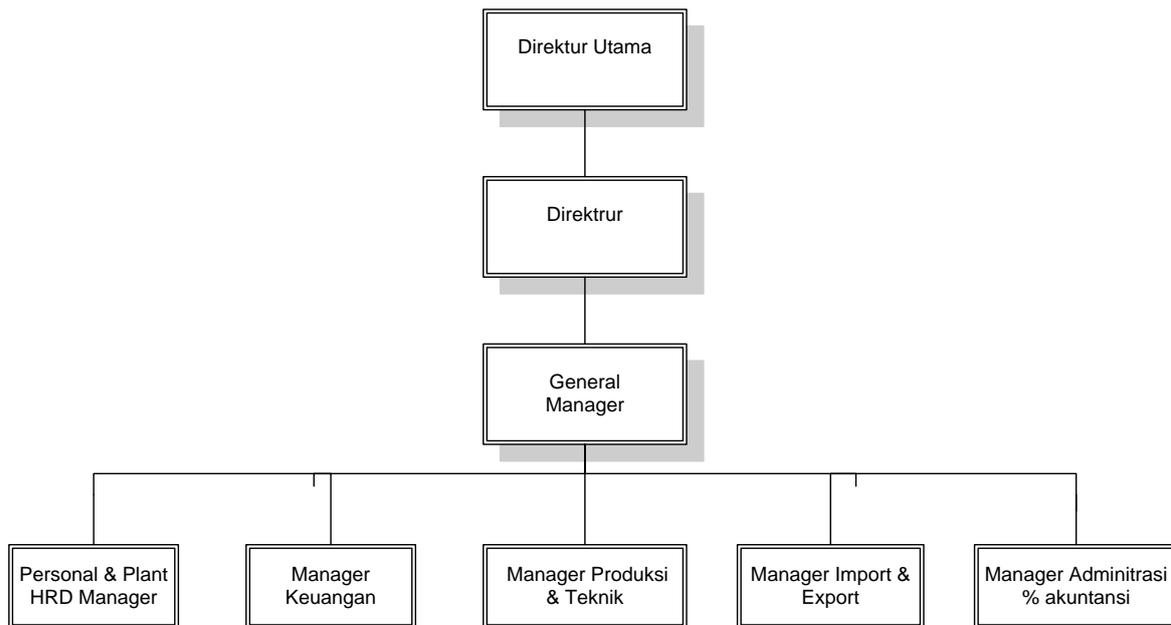
Dalam menjalankan usahanya, tujuan yang ingin dicapai oleh PT. Murni Mapan Makmur hingga sampai saat ini adalah sebagai berikut.

1. Menjalankan usaha perindustrian dari berbagai barang-barang dari plastik serta memperdagangkan hasilnya.
2. Menjalankan usaha dalam bidang pertanian dan perkebunan.
3. Menjalankan perdagangan umum dalam arti kata seluas-luasnya termasuk impor dan ekspor, dagang interinsulir dan pertokoan, baik untuk perhitungan sendiri ataupun orang lain atas dasar komisi atau amanat.
4. Mengusahakan biro bangunan dengan menerima, merencanakan serta melaksanakan pembangunan berbagai rupa bangunan termasuk rumah-rumah, gedung-gedung, jalanan-jalanan, jembatan-jembatan, proyek irigasi serta mengerjakan pekerjaan pemeliharaan bangunan (*maintenance*) serta bertindak sebagai instalatur air dan listrik atau singkatnya bertindak sebagai pemborong pada umumnya (*general contractor*).
5. Bertindak sebagai *leverancier*, *grossier*, *pragenan*, atau perwakilan dari badan-badan atau perusahaan-perusahaan lainnya.

#### **4.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan**

PT. Murni Mapan Makmur terdiri dari lima departemen kerja, yaitu departemen personal & *plant* HRD, keuangan, produksi, *export import*, dan administrasi & keuangan. Pada penelitian ini, objek penelitiannya adalah departemen produksi, yang mana departemen produksi merupakan departemen yang bertanggung jawab terhadap seluruh kegiatan produksi. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data primer maupun sekunder pada departemen produksi.

Gambar 4.1 menunjukkan struktur organisasi dari PT. Murni Mapan Makmur. Dari kelima departemen yang dimiliki, terdapat satu orang yang bertanggung jawab menjadi seorang manajer. Satu manajer dengan manajer lainnya mempunyai tugas masing-masing dan saling berkoordinasi dalam perusahaan.



Gambar 4.1 Struktur organisasi perusahaan

Uraian pembagian tugas dari masing-masing departemen sebagai berikut.

1. Manajer Personalia dan *Plant* HRD bertugas merencanakan dan mengatur segala hal yang berhubungan dengan sumber daya manusia, seperti merekrut karyawan baru, memberikan training, mengadakan konseling, memberhentikan karyawan dan lain-lain dengan tujuan memberikan kesejahteraan pada karyawan yang nantinya meningkatkan produktivitas perusahaan.
2. Manajer Keuangan bertugas merencanakan dan mengatur segala hal yang berhubungan dengan dana atau keuangan, seperti menetapkan struktur keuangan perusahaan, mengalokasikan dana untuk memperoleh tingkat efisiensi yang optimal dan mengendalikan keuangan perusahaan.
3. Manajer Produksi bertugas merencanakan, mengkoordinasikan dan mengontrol serta memastikan jalannya proses produksi, menentukan target dan mengusahakan target tersebut dapat dicapai.
4. Manajer Ekspor Impor bertugas merencanakan, mengkoordinasikan dan mengendalikan kegiatan pengiriman barang, pemuatan barang, dan bongkar barang, serta mengawasi dan menerima laporan jalannya proses ekspor atau impor yang terjadi.
5. Manajer Administrasi dan Akuntansi bertugas merencanakan strategi akunting perusahaan sesuai strategi bisnis, mengontrol dan mengevaluasi pencatatan neraca laba-rugi secara tepat dan akurat, serta mengevaluasi dan menganalisa implementasi sistem akunting untuk memberi masukan terhadap sistem keuangan dan strategi bisnis.

#### 4.1.4 Proses Produksi

Pada subbab ini dijelaskan mengenai proses produksi *inner* karung. Dimana proses produksi *inner* karung terbagi menjadi 5 proses yaitu *mixing*, pelelehan, penggulangan, pemotongan, dan pengemasan. Berikut skema proses produksi *inner* karung.



Gambar 4.2 Skema proses produksi *inner* karung

##### 1. Tahap *Mixing*

Pada tahap ini dilakukan pencampuran bahan baku seperti 100 kg biji plastik dan 25 kg kalsium (CFN). Proses *mixing* ini menggunakan mesin *mixer* dan berlangsung setiap dua jam sekali.

##### 2. Tahap Pelelehan

Pada tahap pelelehan ini bahan baku yang telah tercampur dipanaskan dengan mesin *screw* dengan suhu berkisar 100<sup>0</sup>C hingga 200<sup>0</sup>C hingga bahan baku tersebut meleleh. Setelah dipanaskan proses berikutnya adalah pendinginan, yang dimana bahan tersebut didinginkan sampai dengan suhu ruangan. Dan hasilnya berbentuk silinder yang didalamnya terdapat udara, oleh karena itu hasil tersebut akan dijepit menggunakan nip roll sehingga berbentuk lembaran.

##### 3. Tahap Penggulangan

*Inner* karung yang telah ditarik oleh *niproll* langsung di gulung hingga menjadi gulungan dengan berat 150 kg. Gulungan *inner* karung tersebut lalu dipindahkan ke mesin pemotong untuk proses selanjutnya.

##### 4. Tahap Pemotongan

Pada tahap pemotongan ini, *inner* karung yang masih berupa gulungan di potong sesuai dengan ukuran dari karungnya. Dimana *inner* karung tersebut melewati proses pembentukan *seal* lalu dipotong sesuai dengan spesifikasi karungnya.

##### 5. Tahap Pengemasan

Pada tahap ini, *inner* karung yang telah di potong tersebut akan kumpulkan sebanyak 500 lembar lalu dikemas menjadi satu dan dipindahkan ke *pallet* tempat pengumpulan *inner* karung yang telah dikemas.

Pada proses produksi tersebut, aktivitas *manual metrial handling* terjadi pada saat penurunan gulungan lembaran *inner* karung dari mesin produksi, pengangkatan lembaran

*inner* karung ke atas mesin pemotongan dan memindahkan *inner* karung yang telah dikemas ke *pallet* pengumpulan.

Tabel 4.1

Aktivitas *Manual Material Handling* yang Diteliti

Aktivitas	Keterangan
A	<i>Manual material handling</i> berupa aktivitas menurunkan gulungan <i>inner</i> karung dari mesin produksi tanpa memutar tubuh yang dilakukan oleh dua orang operator.
B	<i>Manual material handling</i> berupa aktivitas mengangkat <i>inner</i> karung ke mesin pemotong tanpa memutar tubuh yang dilakukan oleh dua orang operator.
C	<i>Manual material handling</i> berupa aktivitas pemindahan <i>inner</i> karung yang telah dikemas dari lantai ke <i>pallet</i> pengumpulan tanpa memutar tubuh yang dilakukan oleh satu orang operator.

## 4.2 Pengumpulan Data

Pada subbab ini dijelaskan mengenai pengumpulan data pada penelitian ini yaitu data alat dan bahan, dan data variabel NIOSH *Lifting Equation* pada setiap aktivitas *manual material handling*.

### 4.2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur jarak *origin* dan *destination* secara horizontal dan vertikal.

2. Kamera

Kamera digunakan untuk mendokumentasikan observasi yang dilakukan dilapangan pada saat pekerja melakukan aktivitas seperti mengangkat serta memindahkan dan aktivitas proses produksi lainnya.

3. *Stopwatch*

*Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu aktivitas *manual material handling* yang terjadi pada proses produksi. Pada penelitian ini digunakan *stopwatch* digital yang terdapat pada *handphone*.

4. *Worksheet*

*Worksheet* digunakan untuk mencatat semua nilai dari variabel NIOSH yang didapatkan dari hasil pengukuran yang dilakukan di lapangan.

#### 4.2.2 Data Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang diukur dalam penelitian ini berjumlah 4 orang dengan jenis kelamin laki-laki. Dimana pada 4 orang tenaga kerja tersebut dilakukan pengukuran variabel NIOSH yang digunakan untuk menghitung berat beban yang direkomendasi dan analisis mengenai aktivitas *manual material handling* yang dilakukan. Berikut merupakan data dari keempat tenaga kerja tersebut.

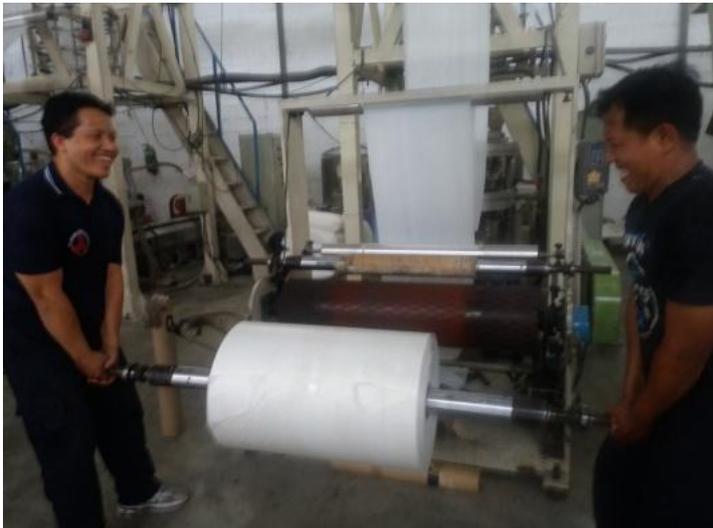
Tabel 4.2

Data Tenaga Kerja

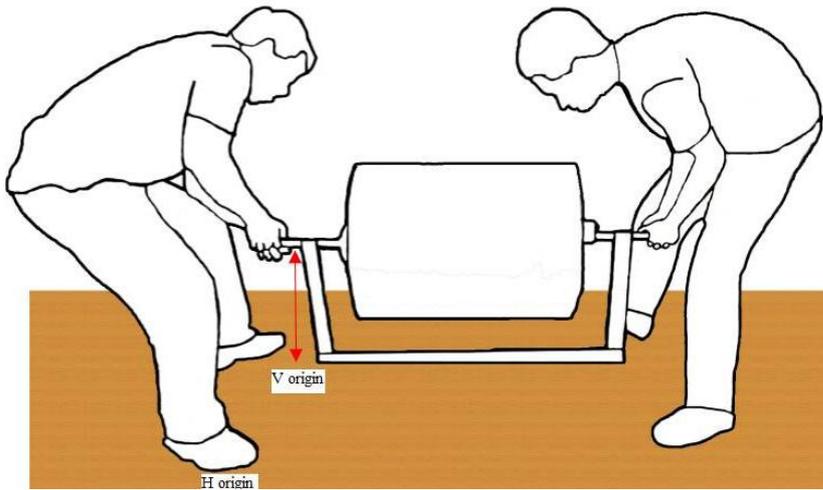
Tenaga kerja	Berat badan (kg)	Tinggi (cm)	Usia (tahun)
Operator 1	81	168	45
Operator 2	75	172	45
Operator 3	60	167	35
Operator 4	66	167	44

#### 4.2.3 Data Variabel NIOSH *Lifting Equation* pada Aktivitas A

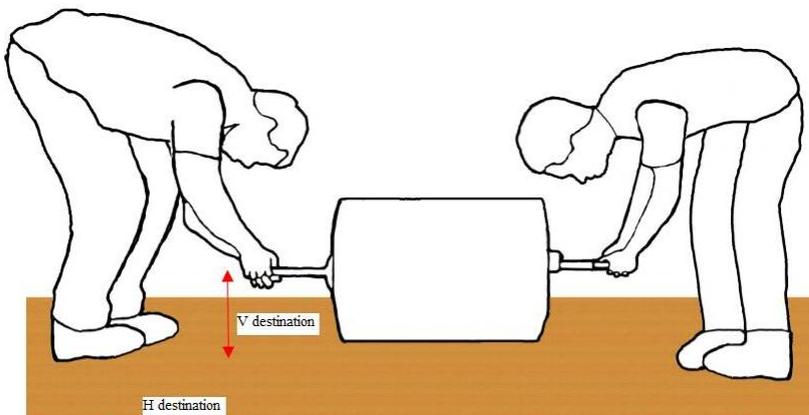
Aktivitas *manual material handling* yang dilakukan yaitu menurunkan gulungan *inner* karung dari mesin produksi. Posisi tubuh operator saat melakukan penurunan yaitu berada disamping beban yang diturunkan ke lantai.



Gambar 4.3 Penurunan gulungan *inner* karung dari mesin produksi



Gambar 4.4 Penurunan gulungan *inner* karung pada *origin*



Gambar 4.5 Penurunan gulungan *inner* karung pada *destination*

Data variabel NIOSH pada aktivitas A yaitu aktivitas menurunkan gulungan *inner* karung dari mesin produksi tanpa memutar tubuh dicatat pada Tabel 4.3 dengan berat beban yang diangkat seberat 75 kg. Nilai (V) yang merupakan jarak vertikal dari lantai ke pusat massa beban pada posisi awal (*origin*) sebesar 78 cm dan nilai (V) pada posisi akhir (*destination*) yaitu sebesar 24 cm. Sedangkan nilai (H) yang merupakan jarak horizontal dari pusat massa tubuh operator ke pusat massa beban pada saat posisi awal (*origin*) dan posisi akhir (*destination*) yaitu berkisar 27 – 31 cm. Aktivitas menurunkan gulungan *inner* karung dilakukan tanpa harus memutar tubuh operator sehingga nilai *asymmetric angle* bernilai  $0^\circ$  dan frekuensi pekerjaan penurunan *inner* karung dilakukan 1 kali penurunan dalam waktu 2 jam. Dikarenakan penurunan yang dilakukan kurang dari 1 kali dalam 5 menit maka nilai  $F = 0,2$  lift/menit. Sedangkan pada *object coupling* diklasifikasikan sebagai tipe *fair* karena memiliki permukaan yang tidak licin namun tangan dapat meraih *handle* dengan mudah.

Tabel 4.3  
Data Variabel NIOSH pada Aktivitas A

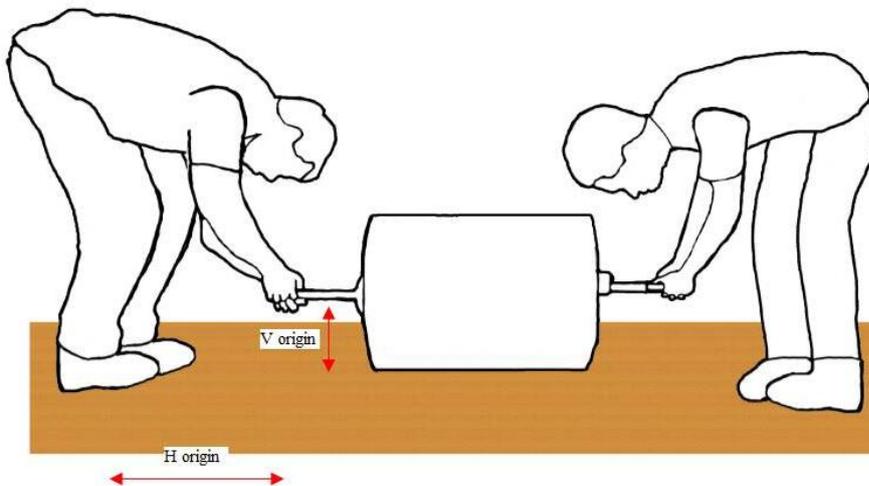
operator	object weight (kg)	hand location (cm)				vertical distance (cm)	asymtric angle (degrees)		frequency rate lift/mint	duration hours	objecting coupling
		Origin		Destinatoin			origin	Destination			
		L	H	V	H		V	D	A	A	
op1	75	27	78	30	24	54	0	0	0,2	< 1	fair
op2	75	29	78	31	24	54	0	0	0,2	< 1	fair
op3	75	28,9	78	31	24	54	0	0	0,2	< 1	fair
op4	75	28	78	30,2	24	54	0	0	0,2	< 1	fair

#### 4.2.4 Data Variabel NIOSH *Lifting Equation* pada Aktivitas B

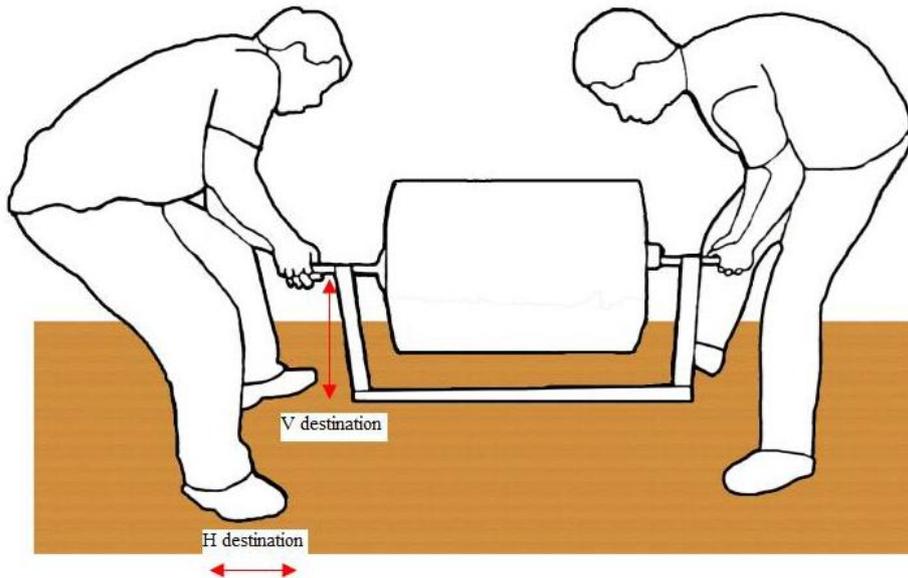
Aktivitas *manual material handling* yang dilakukan yaitu menaikkan gulungan *inner* karung dari lantai ke mesin pemotong. Posisi tubuh operator saat melakukan penurunan yaitu berada disamping beban yang dinaikkan.



Gambar 4.6 Pengangkatan gulungan *inner* karung ke mesin pemotong



Gambar 4.7 Pengangkatan gulungan *inner* karung pada *origin*



Gambar 4.8 Pengangkatan gulungan *inner* karung pada *destination*

Data variabel NIOSH pada aktivitas B yaitu aktivitas mengangkat *inner* karung ke mesin pemotong tanpa memutar tubuh terdapat pada Tabel 4.4 dengan berat beban yang diangkat seberat 150 kg, Nilai (V) yang merupakan jarak vertikal dari lantai ke pusat massa beban pada posisi awal (*origin*) sebesar 24 cm dan nilai (V) pada posisi akhir (*destination*) yaitu sebesar 43 cm. Sedangkan nilai (H) yang merupakan jarak horizontal dari pusat massa tubuh operator ke pusat massa beban pada saat posisi awal (*origin*) dan posisi akhir (*destination*) yaitu berkisar 28 – 32 cm. Aktivitas menaikkan gulungan *inner* karung dilakukan tanpa harus memutar tubuh operator sehingga nilai *asymetric angle* bernilai  $0^\circ$  dan frekuensi pekerjaan penurunan *inner* karung dilakukan 1 kali pengangkatan dalam waktu 1 jam. Dikarenakan pengangkatan yang dilakukan kurang dari 1 kali dalam waktu 5 menit maka nilai  $F = 0,2$  lift/menit. Sedangkan pada *object coupling* diklasifikasikan sebagai tipe *fair* karena permukaan *handle* yang tidak licin namun tangan dapat meraih *handle* dengan mudah.

Tabel 4.4

Data Variabel NIOSH pada Aktivitas B

operator	object weight (kg)	hand location (cm)				vertical distance (cm)	asymtric angle (degrees)		frequency rate lift/mint	duration hours	objecting coupling
		Origin		destination			origin	destination			
		H	V	H	V		A	A			
op1	75	31	24	28	43	19	0	0	0,2	< 1	fair
op2	75	30	24	29	43	19	0	0	0,2	< 1	fair
op3	75	31,5	24	28,5	43	19	0	0	0,2	< 1	fair
op4	75	32	24	29	43	19	0	0	0,2	< 1	fair

#### 4.2.5 Data Variabel NIOSH *Lifting Equation* pada Aktivitas C

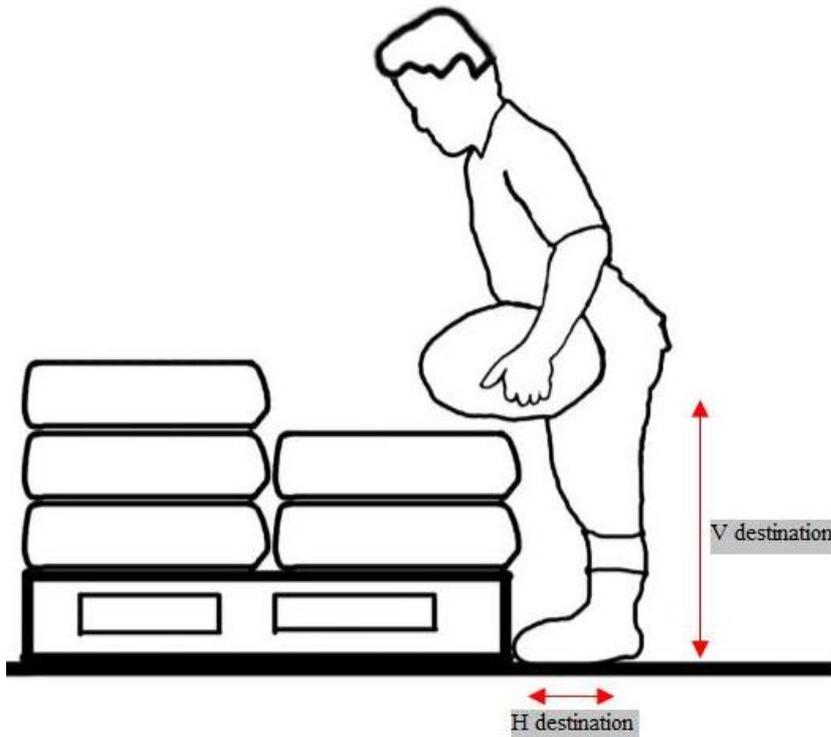
Aktivitas *manual material handling* yang dilakukan yaitu memindahkan *inner* karung yang telah dikemas dengan cara mengangkat dari meja ke *pallet* pengumpulan. Posisi tubuh operator saat melakukan pemindahan yaitu berada dibelakang beban.



Gambar 4.9 Pemindahan *Inner* karung dari lantai ke *pallet* pengumpulan



Gambar 4.10 Pemindahan *inner* karung dari meja ke *pallet* pengumpulan pada *origin*



Gambar 4.11 Pemindahan *inner* karung dari meja ke *pallet* pengumpulan pada *destination*

Data variabel NIOSH pada aktivitas C yaitu aktivitas pemindahan *inner* karung yang telah dikemas dari lantai ke *pallet* pengumpulan tanpa memutar tubuh dicatat pada Tabel 4.5 dengan berat beban yang diangkat seberat 12 kg. Nilai (V) yang merupakan jarak vertikal dari lantai ke pusat massa beban, pada posisi awal (*origin*) sebesar 0 cm dan nilai (V) pada posisi akhir (*destination*) yaitu sebesar 14,5-165 cm. Hal ini dikarenakan pemindahan *inner* karung dilakukan satu persatu dan pada 1 *pallet* pengumpulan terdapat 10 tingkat tumpukan *inner* karung yang telah dikemas. Sedangkan nilai (H) yang merupakan jarak horizontal dari pusat massa tubuh operator ke pusat massa beban pada posisi awal (*origin*) dan posisi akhir (*destination*) yaitu berkisar 32,8 – 54 cm. Aktivitas memindahkan gulungan *inner* karung dilakukan tanpa harus memutar tubuh operator sehingga nilai *asymmetric angle* bernilai  $0^\circ$  dan frekuensi pekerjaan penurunan *inner* karung dilakukan dengan 4 kali pengangkatan dalam waktu 1 jam. Dimana 1 kali pemindahan membutuhkan waktu 11,48 detik untuk memindahkannya. Sehingga frekuensi *rate* yang didapat adalah  $(1 \times 4)/15 = 0,27$  atau sama dengan 0,27 *lift*/menit. Sedangkan pada *object coupling* diklasifikasikan sebagai tipe *fair* karena kemasan tidak memiliki *handle* dan kemasan tidak memiliki permukaan yang licin.

Tabel 4.5  
Data Variabel NIOSH pada Aktivitas C

Pekerja	Task	object weight (kg)	hand location				vertical distance (cm)	asymtric angle (degrees)		frequency rate	duration	objecting coupling
			Origin		Destination			origin	destination			
			L	H	V	H		V	D	A	A	
op 1	1	12	33	0	33	14,5	14,5	0	0	0,27	<1	fair
	2	12	33	0	33,5	31,5	31,5	0	0	0,27	<1	fair
	3	12	33	0	33,8	47,5	47,5	0	0	0,27	<1	fair
	4	12	33	0	33	63,5	63,5	0	0	0,27	<1	fair
	5	12	33	0	32,8	80	80	0	0	0,27	<1	fair
	6	12	33	0	33,5	95	95	0	0	0,27	<1	fair
	7	12	33	0	45	110	110	0	0	0,27	<1	fair
	8	12	33	0	49	124	124	0	0	0,27	<1	fair
	9	12	33	0	53	138	138	0	0	0,27	<1	fair
	10	12	33	0	50	152	152	0	0	0,27	<1	fair
	11	12	33	0	49	165	165	0	0	0,27	<1	fair

### 4.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data yang telah dijelaskan pada pengumpulan data. Adapun pengolahan data dalam penelitian ini adalah perhitungan RWL, LI atau CLI pada setiap aktivitas *manual material handling*.

#### 4.3.1 Pengolahan Data pada Aktivitas A

Aktivitas *manual material handling* ini termasuk jenis aktivitas *single task* yang hanya terdapat satu pekerjaan dengan jarak horizontal yang berbeda pada tiap operator. Hal ini dikarenakan setiap operator memiliki panjang tangan dan posisi memegang beban yang berbeda-beda. Untuk jarak vertikal memiliki jarak yang sama untuk setiap operator dikarenakan pemindahan dilakukan dari ketinggian mesin produksi yang sama ke lantai. Berikut merupakan pengolahan data variabel NIOSH pada aktivitas A dari operator 1.

- LC = konstanta pembebanan = 23 kg
- HM = 25/H  
 HM *origin* = 25/27 = 0,92  
 HM *destination* = 25/30 = 0,83
- VM = 1-0,003|V-75|  
 VM *origin* = 1-0,003|78-75| = 0,99  
 VM *destination* = 1-0,003|24-75| = 0,85
- DM = 0,82 + (4,5/D)  
 = 0,82 + (4,5/-54) = 0,90

- AM  $= 1 - (0,0032 \times A)$   
 $= 1 - (0,0032 \times 0) = 1$
- FM  $= 1$
- CM *ORIGIN*  $= 1$   
 CM *DESTINATION*  $= 0,95$
- RWL  $= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$   
 Origin RWL  $= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$   
 $= 23 \times 0,92 \times 0,99 \times 0,90 \times 1 \times 1 \times 1 = 18,85$   
 Destination RWL  $= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$   
 $= 23 \times 0,83 \times 0,85 \times 0,90 \times 1 \times 1 \times 0,95 = 13,87$
- LI  $= \frac{\text{load weight (L)}}{\text{recommended weight limit (RWL)}}$   
 LI *Origin*  $= \frac{75}{18,85} = 3,98$   
 LI *Destination*  $= \frac{75}{13,87} = 5,41$

Dari hasil perhitungan variabel NIOSH untuk operator 1, diketahui bahwa nilai variabel HM (*Horizontal Multiplier*) *origin* sebesar 0,92 dan *destination* sebesar 0,83. Untuk nilai variabel VM (*Vertical Multiplier*) *origin* sebesar 0,99 dan *destination* sebesar 0,85. Nilai VM antara *origin* dan *destination* berbeda dikarenakan ketinggian beban pada *origin* dan *destination* berbeda. Sedangkan untuk variabel DM (*Distance Multiplier*) yaitu sebesar 0,90. Dimana perhitungan untuk mencari nilai DM menggunakan nilai D (*Vertical Distance*) yaitu nilai dari besarnya perbedaan ketinggian beban pada *destination* dan *origin*. Nilai variabel AM (*Asymetric Multiplier*) sebesar 1 dikarenakan operator tidak membentuk sudut pada saat menurunkan beban. Untuk nilai variabel FM (*Frequency Multiplier*) yaitu sebesar 1. Hal ini dikarenakan pengangkatan beban dilakukan kurang dari 1 kali dalam 5 menit sehingga nilai *frequency* yang digunakan yaitu 0,2 *lift*/menit dengan ketinggian *origin* beban lebih dari 75 cm ( $V > 75$ ) maka berdasarkan Tabel 2.2 nilai FM = 1. Untuk nilai variabel CM (*Coupling Multiplier*) pada *origin* dimana  $V > 75$  cm maka CM sebesar 1 sedangkan pada *destination* dimana  $V < 75$  cm maka CM sebesar 0,95. Untuk nilai RWL yang didapatkan, terdapat perbedaan antara nilai RWL *origin* dan nilai RWL *destination* dikarenakan terdapat perbedaan pada nilai variabel VM pada *origin* dan *destination* begitu pula dengan hasil perhitungan LI (*Lifting Index*) pada *origin* dan *destination* memiliki hasil yang berbeda dikarenakan hasil perhitungan RWL pada *origin*

dan *destination* yang berbeda. Berikut merupakan hasil perhitungan NIOSH pada ke 4 operator.

Tabel 4.6  
Hasil Pengolahan Data pada Aktivitas A

	pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
<i>Origin</i>	Op1	23	0,92	0,99	0,90	1	1	1	18,85	3,98
	Op 2	23	0,86	0,99	0,90	1	1	1	17,62	4,26
	Op 3	23	0,88	0,99	0,90	1	1	1	18,03	4,16
	Op 4	23	0,89	0,99	0,90	1	1	1	18,24	4,11
<i>Destination</i>	Op 1	23	0,83	0,85	0,90	1	1	0,95	13,87	5,41
	Op 2	23	0,81	0,85	0,90	1	1	0,95	13,54	5,54
	Op 3	23	0,81	0,85	0,90	1	1	0,95	13,54	5,54
	Op 4	23	0,82	0,85	0,90	1	1	0,95	13,71	5,47

#### 4.3.2 Pengolahan Data pada Aktivitas B

Aktivitas *manual material handling* ini termasuk jenis aktivitas *single task* yang hanya terdapat satu pekerjaan dengan jarak horizontal yang berbeda antar operator. Hal ini dikarenakan setiap operator memiliki panjang tangan dan posisi memegang beban yang berbeda-beda. Sedangkan untuk jarak vertikal memiliki jarak yang sama yaitu dari mesin produksi ke lantai. Berikut merupakan pengolahan data variabel NIOSH pada aktivitas B dari operator 1.

- LC = konstanta pembebanan = 23 kg
- HM = 25/H  
*HM origin* =  $25/31 = 0,81$   
*HM destination* =  $25/28 = 0,89$
- VM =  $1-0,003|V-75|$   
*VM orgin* =  $1-0,003|24-75| = 0,85$   
*VM destination* =  $1-0,003|43-75| = 0,90$
- DM =  $0,82+(4,5/D)$   
=  $0,82+(4,5/19) = 1,06$
- AM =  $1-(0,0032 \times A)$   
=  $1-(0,0032 \times 0) = 1$
- FM = 1
- CM *ORIGIN* = 0,95  
CM *DESTINATION* = 0,95
- RWL =  $LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$   
Orign RWL =  $LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$

$$= 23 \times 0,81 \times 0,85 \times 1,06 \times 1 \times 1 \times 0,95 = 15,95$$

$$\text{Destination RWL} = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

$$= 23 \times 0,89 \times 0,90 \times 1,06 \times 1 \times 1 \times 0,95 = 18,55$$

- LI  $= \frac{\text{load weug ht (L)}}{\text{recommended weig ht limit (RWL)}}$

$$\text{Origin LI} = \frac{75}{15,95} = 4,70$$

$$\text{Destination LI} = \frac{75}{18,55} = 4,04$$

Dari hasil perhitungan variabel NIOSH untuk operator 1, diketahui bahwa nilai variabel HM (*Horizontal Multiplier*) posisi awal (*origin*) yaitu sebesar 0,81 dan pada posisi akhir (*destination*) sebesar 0,89. Untuk nilai variabel VM (*Vertical Multiplier*) *origin* sebesar 0,85 dan *destination* sebesar 0,90. Nilai VM antara *origin* dan *destination* berbeda dikarenakan ketinggian beban pada *origin* dan *destination* berbeda. Sedangkan untuk variabel DM (*Distance Multiplier*) yaitu sebesar 1,06. Dimana perhitungan untuk mencari nilai DM menggunakan nilai D (*Vertical Distance*) yaitu nilai dari besarnya perbedaan ketinggian beban pada *destination* dan *origin*. Nilai variabel AM (*Asymetric Multiplier*) sebesar 1 dikarenakan operator tidak membentuk sudut pada saat menurunkan beban. Untuk nilai variabel FM (*Frequency Multiplier*) yaitu sebesar 1. Hal ini dikarenakan pengangkatan beban dilakukan kurang dari 1 kali dalam 5 menit sehingga nilai *frequency* yang digunakan yaitu 0,2 *lift*/menit dengan ketinggian *origin* benda melebihi 75 cm ( $V > 75$ ) maka berdasarkan Tabel 2.2 nilai FM = 1. Untuk nilai variabel CM (*Coupling Multiplier*) sebesar 0,95 dikarenakan ketinggian  $V < 75$  cm pada *origin* maupun *destination*. Untuk nilai RWL yang didapatkan, terdapat perbedaan antara nilai RWL *origin* dan nilai RWL *destination* dikarenakan terdapat perbedaan pada nilai variabel HM dan VM pada *origin* dan *destination* begitu pula dengan hasil perhitungan LI (*Lifting Index*) pada *origin* dan *destination* memiliki hasil yang berbeda dikarenakan hasil perhitungan RWL pada *origin* dan *destination* yang berbeda. Berikut merupakan hasil perhitungan NIOSH pada ke 4 operator.

Tabel 4.7  
Hasil Pengolahan Data pada Aktivitas B

	Pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
<i>Origin</i>	Op1	23	0,81	0,85	1,06	1	1	0,95	15,95	4,70
	Op 2	23	0,83	0,85	1,06	1	1	0,95	16,34	4,59
	Op 3	23	0,79	0,85	1,06	1	1	0,95	15,55	4,82
	Op 4	23	0,78	0,85	1,06	1	1	0,95	15,36	4,88
<i>Destination</i>	Op 1	23	0,89	0,90	1,06	1	1	0,95	18,55	4,04
	Op 2	23	0,86	0,90	1,06	1	1	0,95	17,93	4,18

	Pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
	Op 3	23	0,88	0,90	1,06	1	1	0,95	18,34	4,09
	Op 4	23	0,86	0,90	1,06	1	1	0,95	17,93	4,18

### 4.3.3 Pengolahan data pada aktivitas C

Aktivitas *manual material handling* ini termasuk jenis aktivitas *multi task* dimana terdapat 30 kali aktivitas pemindahan secara manual yaitu memindahkan *inner* karung yang telah dikemas ke *pallet* pengumpulan. Aktivitas ini memiliki jarak vertikal yang berbeda-beda tiap tumpukannya karena terdapat 10 tingkat tumpukan dalam 1 *pallet* pengumpulan. Berikut merupakan pengolahan data variabel NIOSH pada aktivitas C dari operator 1.

- LC = konstanta pembebanan = 23 kg
- HM = 25/H  
 HM *origin* = 25/33 = 0,76  
 HM *destination* = 25/33 = 0,76
- VM =  $1 - 0,003|V - 75|$   
 VM 1 =  $1 - 0,003|14,5 - 75| = 0,82$   
 VM 2 =  $1 - 0,003|31,5 - 75| = 0,87$   
 VM 3 =  $1 - 0,003|47,5 - 75| = 0,92$   
 VM 4 =  $1 - 0,003|63,5 - 75| = 0,97$   
 VM 5 =  $1 - 0,003|80 - 75| = 0,99$   
 VM 6 =  $1 - 0,003|95 - 75| = 0,94$   
 VM 7 =  $1 - 0,003|110 - 75| = 0,89$   
 VM 8 =  $1 - 0,003|124 - 75| = 0,85$   
 VM 9 =  $1 - 0,003|138 - 75| = 0,81$   
 VM 10 =  $1 - 0,003|152 - 75| = 0,77$   
 VM 11 =  $1 - 0,003|165 - 75| = 0,73$
- DM =  $0,82 + (4,5/D)$   
 DM 1 =  $0,82 + (4,5/14,5) = 1,13$   
 DM 2 =  $0,82 + (4,5/31,5) = 0,96$   
 DM 3 =  $0,82 + (4,5/47,5) = 0,92$   
 DM 4 =  $0,82 + (4,5/63,5) = 0,89$   
 DM 5 =  $0,82 + (4,5/80) = 0,88$   
 DM 6 =  $0,82 + (4,5/95) = 0,87$   
 DM 7 =  $0,82 + (4,5/110) = 0,86$

- DM 8  $= 0,82 + (4,5/124) = 0,86$
- DM 9  $= 0,82 + (4,5/138) = 0,85$
- DM 10  $= 0,82 + (4,5/152) = 0,85$
- DM 11  $= 0,82 + (4,5/165) = 0,85$
- AM  $= 1 - (0,0032 \times A)$   
 $= 1 - (0,0032 \times 0) = 1$
- CM 1,2,3,4,5  $= V < 75 = 0,95$   
CM 6,7,8,9,10,11  $= V > 75 = 1$
- FM = 0,99 lift/menit

Dengan *frequency* 0,27 lift/menit, durasi < 1 hours, *V origin* < 75 maka dilakukan interpolasi karena *frequency* 0,27 lift/menit tidak terdapat pada *frequency multiplier*.

Berikut merupakan interpolasi yang dilakukan.

Tabel 4.8  
Interpolasi FM Pada Aktivitas C

F	FM
0,2	1
0,5	0,97
0,27	$X = 0,97 - \left( \frac{0,5 - 0,27}{0,5 - 0,2} \right) \times (0,97 - 1)$ $X = 0,99 \text{ lift/menit}$ Maka nilai FM = 0,99 lift/menit

- FIRWL  $= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM$   
 $= 23 \times 0,76 \times 0,82 \times 1,13 \times 1 \times 0,95 = 15,34$
- STRWL  $= FIRWL \times FM$   
 $= 15,34 \times 0,99 = 15,19$
- FILI  $= L / FIRWL$   
 $= 12 / 15,34 = 0,78$
- STLI  $= L / STRWL$   
 $= 12 / 15,19 = 0,79$
- F New Task 1 = 0,27

Maka FM 1 adalah hasil perhitungan interpolasi dari 0,27 = 0,99

$$FM_{1,2} = F_{\text{new task 1}} + F_{\text{new task 2}} = 0,27 + 0,27 = 0,54$$

Tabel 4.9  
Interpolasi FM *New Task* Pada Aktivitas C

F	FM
0,5	0,97
1	0,94
0,54	$X = 0,94 - \left( \frac{1 - 0,54}{1 - 0,5} \right) \times (0,94 - 0,97)$

F	FM
	X = 0,99 lift/menit Maka nilai FM = 0,97 lift/menit

Perhitungan FM masing-masing task berlanjut hingga FM 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 dengan interpolasi dikarenakan tidak terdapat pada tabel *frequency multiplier*. Berikut merupakan *frequency* dan *frequency multiplier* hasil dari interpolasi.

Tabel 4.10

*Frequency Rate dan Frequency Multiplier*

FMn	F	FM
1,2	0,5	0,97
1,2,3	0,8	0,97
1,2,3,4	1,1	0,94
1,2,3,4,5	1,4	0,93
1,2,3,4,5,6	1,6	0,93
1,2,3,4,5,6,7	1,9	0,93
1,2,3,4,5,6,7,8	2,2	0,90
1,2,3,4,5,6,7,8,9	2,4	0,90
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	2,7	0,90
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	3,0	0,88

Tabel 4.11

Hasil Pengolahan Data Operator 1 pada Aktivitas C

Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pekerja	op 1	op 1	op 1	op 1	op 1	op 1					
LC	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
HM	0,76	0,75	0,74	0,76	0,76	0,75	0,56	0,51	0,47	0,5	0,52
VM	0,82	0,87	0,92	0,97	0,99	0,94	0,89	0,85	0,81	0,77	0,73
DM	1,13	0,96	0,92	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,86	0,85	0,85
AM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CM	0,95	0,95	0,95	0,95	1	1	1	1	1	1	1
FIRWL	15,34	13,66	13,6	14,3	15,21	13,99	9,79	8,54	7,49	7,52	7,41
FM	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
STRWL	15,19	13,52	13,46	14,16	15,06	13,85	9,69	8,46	7,42	7,45	7,34
FILI	0,78	0,88	0,88	0,84	0,79	0,86	1,23	1,4	1,6	1,6	1,62
STLI	0,79	0,89	0,89	0,85	0,8	0,87	1,24	1,42	1,62	1,61	1,64
New Task	11	10	9	8	7	6	3	2	4	5	1
F	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3

- $$\begin{aligned}
 \text{CLI} = & \text{STLI} + \text{FILI2} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}} - \frac{1}{\text{FM1}} \right) + \text{FILI3} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}} - \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}} \right) + \\
 & \text{FILI4} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}} - \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}} \right) + \text{FILI5} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}} \right) + \text{FILI6} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}} \right) + \text{FILI7} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}} \right) + \text{FILI8} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}} - \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7})+FILI9( \\
& \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7+FM8+FM9} - \\
& \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7+FM8})+ \\
& FILI10(\frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7+FM8+FM9+FM10} - \\
& \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7+FM8+FM9})+FILI11 \\
& (\frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7+FM8+FM9+FM10+FM11} - \\
& \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7+FM8+FM9+FM10}) \\
& \text{Maka CLI} = 1,64+1,40 (\frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,99})+ 1,23 (\frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,97}) + 1,60 (\frac{1}{0,94} - \frac{1}{0,97}) + 1,60 \\
& (\frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,94}) + 0,86 (\frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,93}) + 0,79 (\frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,93}) + 0,84 (\frac{1}{0,90} - \frac{1}{0,93}) + 0,88 \\
& (\frac{1}{0,90} - \frac{1}{0,90}) + 0,88 (\frac{1}{0,90} - \frac{1}{0,90}) + 0,78 (\frac{1}{0,88} - \frac{1}{0,90}) = 1,86
\end{aligned}$$

Berikut merupakan hasil perhitungan CLI untuk ke 4 operator.

Tabel 4.12

Hasil Perhitungan *Composite Lifting Index* pada 4 Operator

pekerja	CLI
Operator 1	1,86
Operator 2	1,85
Operator 3	1,81
Operator 4	1,78

Dari hasil perhitungan variabel NIOSH untuk operator 1, diketahui bahwa nilai variabel HM (*Horizontal Multiplier*) *origin* dan *destination* sama yaitu sebesar 0,76, dikarenakan H (*Horizontal Distance*) pada saat menaikkan gulungan *inner* karung dari posisi awal (*origin*) ke posisi akhir (*destination*) tidak mengalami perubahan. Untuk nilai variabel VM (*Vertical Multiplier*) terdapat 11 kali perhitungan dengan nilai V (*Vertical Distance*) yang berbeda karena operator harus meletakkan beban di ketinggian yang berbeda. Begitu juga untuk nilai variabel DM (*Distance Multiplier*) terdapat 11 kali perhitungan karena pada setiap tingkat ketinggian beban berbeda-beda. Nilai variabel AM (*Asymetric Multiplier*) sebesar 1 dikarenakan operator tidak membentuk sudut pada saat memindahkan beban. Untuk nilai variabel FM (*Frequency Multiplier*) yaitu sebesar 0,99 yang didapatkan dari hasil interpolasi dikarenakan nilai F sebesar 0,27 tidak terdapat dalam tabel *frequency multiplier* yaitu Tabel 2.2. Untuk nilai variabel CM (*Coupling Multiplier*) pada ketinggian tumpukan 1- 4 yaitu sebesar 0,95 dikarenakan  $V < 75$  cm dan nilai CM

pada ketinggian tumpukan 5-11 sebesar 1 dikarenakan  $V < 75$  cm. Untuk nilai FIRWL (frekuensi pengangkatan yang rekomendasi dalam sekali tugas) didapatkan sebesar 16,15. Nilai STRWL (berat beban yang direkomendasikan dalam satu kali pengangkatan) didapatkan sebesar 15,19 kg. Nilai FILI (frekuensi ketegangan otot pada setiap pengangkatan) sebesar 0,78 dan untuk nilai STLI (nilai relatif ketegangan otot pada satu kali pengangkatan) sebesar 0,79. Semua nilai tersebut digunakan untuk mencari nilai CLI (*Composite Lifting Index*). Dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai CLI untuk operator 1 lebih dari satu atau  $CLI > 1$  yaitu sebesar 1,86. Begitu juga untuk ketiga operator lainnya. Untuk perhitungan operator 2,3, dan 4 terdapat pada lampiran.

#### 4.4 Analisis dan pembahasan

Pada subbab ini dilakukan analisis mengenai aktivitas *manual material handling* berdasarkan hasil perhitungan NIOSH *Lifitng Equation* yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya.

##### 4.4.1 Analisis pada Aktivitas A

Berikut merupakan hasil perhitungan NIOSH *Lifitng Equation* pada aktivitas penurunan gulungan *inner* karung dari mesin produksi ke lantai dimana analisis dilakukan berdasarkan nilai RWL dan LI.

Tabel 4.13  
Hasil Perhitungan RWL dan LI pada Aktivitas A

Pekerja	Beban (kg)	RWL ( <i>Recommended Weight Limit</i> )		LI ( <i>Lifting Index</i> )	
		<i>Origin</i>	<i>Destination</i>	<i>Orogin</i>	<i>Destination</i>
Op 1	75	18,85	13,87	3,98	5,41
Op 2	75	17,62	13,54	4,26	5,54
Op 3	75	18,03	13,54	4,16	5,54
Op 4	75	18,24	13,71	4,11	5,47

Tabel 4.13 diatas merupakan hasil perhitungan *Recommended Weight Limit* dan *Lifting Index*, dimana *Recommended Weight Limit* merupakan rekomendasi berupa batas beban yang dapat diangkat oleh pekerja. Diketahui bahwa hasil perhitungan RWL baik secara *origin* (17,62-18,85 kg) maupun *destination* (13,54-13,87 kg) lebih kecil daripada berat beban aktual yang diangkat oleh operator yaitu sebesar 75 kg, sehingga dapat dikatakan bahwa beban aktual yang diangkat tidak sesuai dengan rekomendasi berat beban yang dihasilkan.

Untuk hasil perhitungan *Lifting Index* menunjukkan bahwa nilai  $LI > 1$  baik pada saat *origin* maupun *destination*. Hal tersebut menandakan bahwa aktivitas A yaitu penurunan gulungan *inner* karung dari mesin produksi ke lantai berpotensi menyebabkan cedera pada tubuh operator. Nilai  $LI > 1$  pada *origin* dan *destination* disebabkan karena berat beban aktual yang diangkat terlalu besar dan tidak sesuai dengan nilai *RWL* yang dihasilkan, dimana nilai *RWL* yang dihasilkan jauh lebih kecil dari berat beban aktual. Pada *origin* nilai *RWL* yang kecil disebabkan oleh nilai *HM* (*Horizontal Multiplier*) yang kecil dan nilai *DM* (*Distance Multiplier*) yang kecil. Nilai *DM* yang kecil karena adanya jarak perpindahan dari *origin* ke *destination* yang besar. Pada *destination* nilai *RWL* yang kecil juga disebabkan oleh hal yang sama namun juga disebabkan oleh *CM* (*Coupling Multiplier*) yang kecil dikarenakan tipe kopling termasuk ke dalam tipe *fair* dengan  $V < 75$  cm menurut Tabel 2.5. Untuk mengurangi potensi resiko bahaya pada tubuh operator, perlu dilakukan usulan perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera tersebut. Perbaikan yang dilakukan dengan memperhatikan variabel-variabel dari NIOSH yang memang dapat diperbaiki yaitu variabel *VM* dan *DM*. Hal tersebut disebabkan karena kedua variabel tersebut yang memungkinkan untuk dilakukan perbaikan.

#### 4.4.2 Analisis pada Aktivitas B

Berikut merupakan hasil perhitungan NIOSH *Lifting Equation* pada aktivitas pengangkatan gulungan *inner* karung dari lantai ke mesin pemotong dimana analisis dilakukan berdasarkan nilai *RWL* dan *LI*.

Tabel 4.14  
Hasil perhitungan *RWL* dan *LI* Pada Aktivitas B

Pekerja	Beban (kg)	<i>RWL</i> ( <i>Recommended Weight Limit</i> )		<i>LI</i> ( <i>Lifting Index</i> )	
		<i>Origin</i>	<i>Destination</i>	<i>Origin</i>	<i>Destination</i>
Op 1	150	15,95	18,55	4,70	4,04
Op 2	150	16,34	17,93	4,59	4,18
Op 3	150	15,55	18,34	4,82	4,09
Op 4	150	15,36	17,93	4,88	4,18

Tabel 4.14 diatas merupakan hasil perhitungan *Recommended Weight Limit* dan *Lifting Index*. Dimana *Recommended Weight Limit* merupakan rekomendasi berupa batas beban yang dapat diangkat oleh pekerja. Dari tabel diatas diketahui bahwa hasil perhitungan *RWL* baik secara *origin* (15,36- 16,34 kg) maupun *destination* (17,93-18,55 kg) lebih kecil dari pada berat beban aktual yang diangkat oleh operator yaitu sebesar 75

kg. Sehingga dapat dikatakan bahwa beban aktual yang diangkat tidak sesuai dengan rekomendasi yang dihasilkan.

Sedangkan untuk hasil perhitungan *Lifting Index* menunjukkan bahwa nilai LI >1 baik pada saat *origin* maupun *destination*. Hal tersebut menandakan bahwa aktivitas B yaitu pengangkatan gulungan *inner* karung dari lantai ke mesin pemotong berpotensi menyebabkan cedera pada tubuh operator. Nilai LI >1 pada *origin* dan *destination* disebabkan karena berat beban aktual yang diangkat terlalu besar dan tidak sesuai dengan nilai RWL yang dihasilkan, dimana nilai RWL yang dihasilkan jauh lebih kecil dari berat beban aktual. Nilai RWL kecil disebabkan oleh nilai HM (*Horizontal Multiplier*) yang kecil dan nilai VM (*Vertical Multiplier*) yang kecil dimana nilai VM yang kecil disebabkan karena nilai V (*Vertical Location*) yang rendah baik pada *origin* maupun *destination*. Untuk mengurangi potensi resiko bahaya pada tubuh operator, perlu dilakukan usulan perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera tersebut. Perbaikan yang dilakukan dengan memperhatikan variabel-variabel dari NIOSH yang memang dapat diperbaiki yaitu variabel VM dan DM. Hal tersebut disebabkan kedua variabel tersebut yang memungkinkan untuk dilakukan perbaikan.

#### 4.4.3 Analisis pada Aktivitas C

Berikut merupakan hasil perhitungan NIOSH *Lifitng Equation* pada aktivitas memindahkan *inner* karung yang telah dikemas dari mesin pemotong ke *pallet* pengumpulan dimana analisis dilakukan berdasarkan nilai STRWL dan nilai CLI.

Tabel 4.15  
Hasil Perhitungan STRWL dan CLI pada Aktivitas C

	Pekerja	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4
	No. Task				
STRWL	1	15,99	15,16	15,42	15,51
	2	14,23	13,66	14,41	13,98
	3	14,17	14,17	14,69	14,25
	4	14,91	14,33	14,67	14,67
	5	15,06	14,25	15,03	14,59
	6	13,85	12,93	13,69	13,69
	7	9,69	9,27	10,89	10,13
	8	8,46	8,32	9,05	8,67
	9	7,42	7,30	7,78	7,63
	10	7,45	7,15	7,45	7,45
	11	7,34	7,06	7,21	7,36
Beban (Kg)		12	12	12	12
CLI		1,86	1,85	1,81	1,78

Dari Tabel 4.15 diatas dapat diketahui nilai CLI dan nilai STRWL (*Single Task Recommended Weight Limit*) yang merupakan berat beban maksimum yang

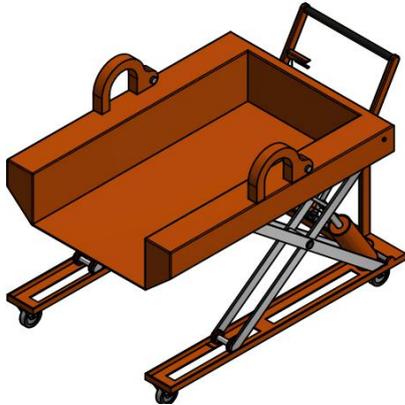
direkomendasikan terhadap operator dalam satu kali pengangkatan. Dimana nilai CLI yang dihasilkan  $CLI > 1$  yang artinya bahwa aktivitas pemindahan yang dilakukan berisiko cedera bagi operator. Dimana nilai  $CLI > 1$  disebabkan oleh nilai FILI dan STLI yang lebih dari satu. Nilai FILI yang lebih dari 1 berada pada ketinggian tumpukan ke 7 hingga ketinggian 11 (Tabel 4.11) disebabkan karena nilai STRWL pada ketinggian tersebut lebih kecil dari berat beban aktual yang diangkat yaitu 12 kg. Nilai STRWL yang kecil pada ketinggian tumpukan ke 7 hingga ketinggian 11 dikarenakan nilai FIRWL yang kecil. Dimana nilai FIRWL yang kecil karena nilai HM (*Horizontal Multiplier*), VM (*Vertical Multiplier*), dan DM (*Distance Multiplier*) yang kecil. Nilai VM dan DM yang kecil karena nilai V (*Vertical Location*) pada ketinggian 7 hingga 11 yang tinggi. Untuk mengurangi potensi resiko bahaya pada tubuh operator, perlu dilakukan usulan perbaikan yang dapat mengurangi potensi cedera tersebut. Perbaikan yang dilakukan dengan memperhatikan variabel-variabel dari NIOSH yang memang dapat diperbaiki yaitu variabel VM dan DM. Hal tersebut disebabkan kedua variabel tersebut yang memungkinkan untuk dilakukan perbaikan.

#### 4.5 Rekomendasi Perbaikan

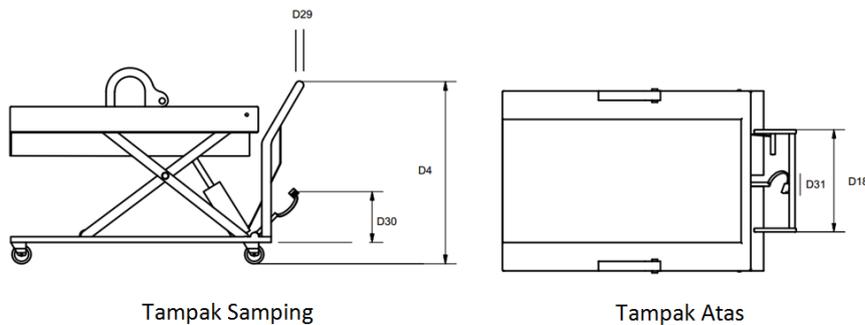
Dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada ketiga aktivitas *manual material handling* diatas, diketahui bahwa semua aktivitas yang dilakukan oleh operator berisiko cedera bagi tubuh operator yang dilihat dari hasil nilai *Lifting Index* dan *Composite Lifting Index* serta hasil dari kuisioner NBM yang menunjukkan bahwa operator merasakan sakit pada bagian pinggang dimana hal tersebut dapat menyebabkan *musculoskeletal disorders* yaitu *Low Back Pain*. Oleh karena itu diperlukan perbaikan pada ketiga aktivitas tersebut berupa desain alat bantu bagi operator yang diharapkan dapat mengurangi risiko cedera pada tubuh operator.

Rekomendasi alat bantu yang diberikan yaitu berupa *Lift Table*, dimana alat ini dapat menurunkan dan mengangkat beban dengan ketinggian yang dapat disesuaikan. *Lift Table* dipilih karena selain dapat membantu meringankan pekerjaan operator juga dapat meredakan sakit pada pinggang operator dikarenakan *Vertical Factor* dan *Distance Factor* berpengaruh terhadap kekuatan otot punggung (Salvendy Gabriel, 2012), dimana operator tidak perlu lagi membentuk postur tubuh yang membungkuk saat memindahkan beban. Pada kasus ini, *Lift Table* digunakan untuk menurunkan gulungan *inner* karung dari mesin produksi ke lantai dan mengangkat gulungan *inner* karung dari lantai ke mesin pemotong serta memindahkan *inner* karung yang telah dikemas ke *pallet* pengumpulan. Dengan

adanya alat bantu ini, diharapkan dapat memudahkan dan mengurangi beban kerja operator pada saat melakukan pekerjaan tersebut. Berikut merupakan desain *Lift Table* dengan tampilan 3D dan 2D.



Gambar 4.12 Desain alat bantu dalam bentuk 3D



Gambar 4.13 Desain alat bantu dalam bentuk 2D

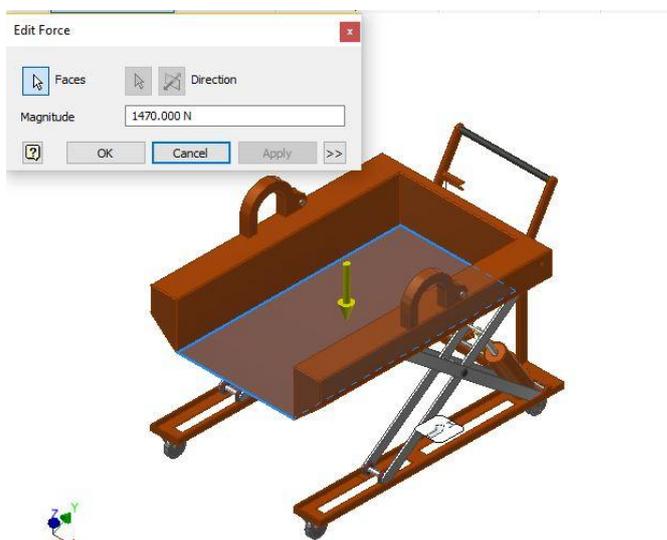
Cara kerja dari *Lift Table* ini adalah kaki operator menginjak tuas dongkrak hidrolik ke bawah sehingga membuat hidrolik bergerak naik dan mendorong besi yang sudah tersambung dengan roda. Roda tersebut menggerakkan besi sehingga meja bergerak naik ke atas menyesuaikan dengan ketinggian yang dibutuhkan oleh operator. Sedangkan untuk menurunkannya, operator dapat menekan alat yang disediakan di bawah *handle* dimana alat tersebut melepaskan cairan pada hidrolik. Seiring dengan berkurang cairan maka hidrolik bergerak turun dan membuat membuat meja pun turun. Alat ini dilengkapi dengan 4 roda sehingga operator dapat memindahkan beban dengan mendorong *lift table* ini. Alat ini dapat dioperasikan oleh satu operator, dimana untuk meletakkan gulungan inner karung dengan berat 150 kg pada *lift table* ini tetap membutuhkan dua orang operator. Untuk mengetahui alat yang telah dirancang mampu bekerja dan aman pada saat digunakan dilakukan simulasi untuk menguji spesifikasi mekanik dengan *software* desain Autodesk Inventor Professional. Simulasi yang dilakukan yaitu simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) dengan menggunakan *stress analysis* dari *software* Autodesk Inventor Professional, untuk dapat mengetahui *von mises stress* dan *safety factor* yang terjadi pada *Lift table*.

Untuk mengetahui kedua hal tersebut, pertama-tama menentukan jenis material yang digunakan yaitu *stainless steel* dimana material terdapat pada *Material Library* dari Inventor (asumsi dari material adalah konstan, artinya tidak ada perubahan disebabkan oleh waktu dan suhu pada struktur properti dari material) lalu menentukan beban yang bekerja pada alat. Tipe pembebanan yang digunakan yaitu tipe *force*, dimana nilai *force* yang dimasukkan sebesar 1,470 N, yang didapatkan dari:

$$F = m (\text{massa}) \times g (\text{gravitasi})$$

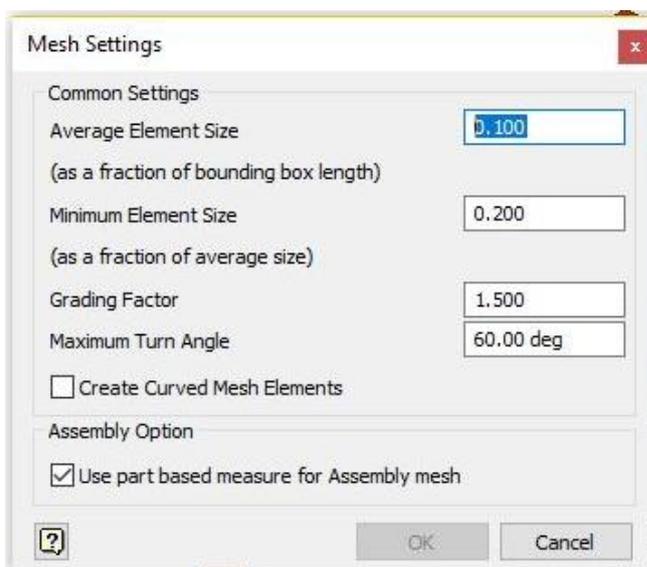
$$F = 150 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 1.470 \text{ N}$$

Besar massa yang digunakan yaitu sama dengan berat gulungan *inner* karung yang diangkat.



Gambar 4.14 Penentuan pembebanan pada alat

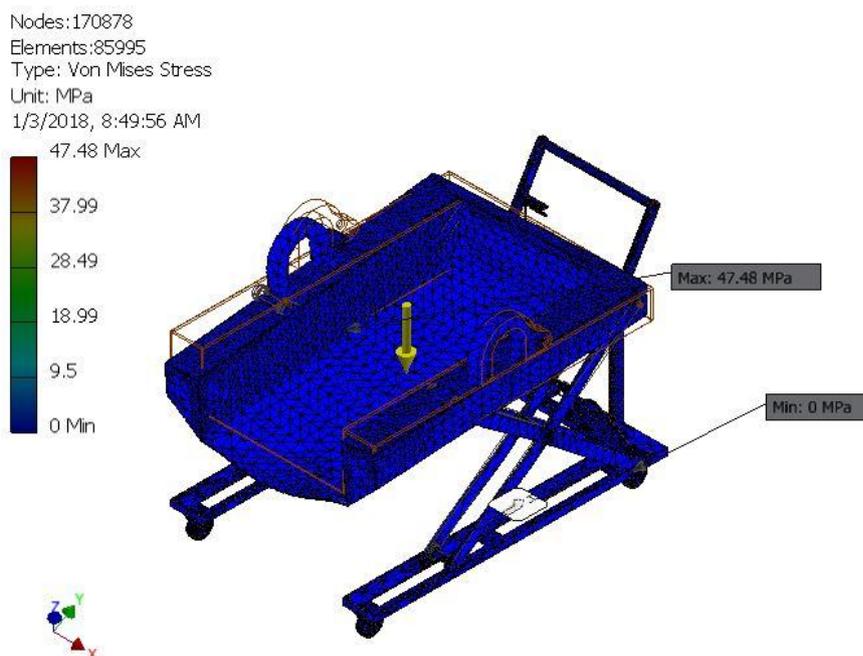
Setelah menentukan pembebanan, dilakukan pengaturan *mesh*. Dimana pengaturan *mesh* yang dilakukan seperti berikut.



Gambar 4.15 Pengaturan *mesh*

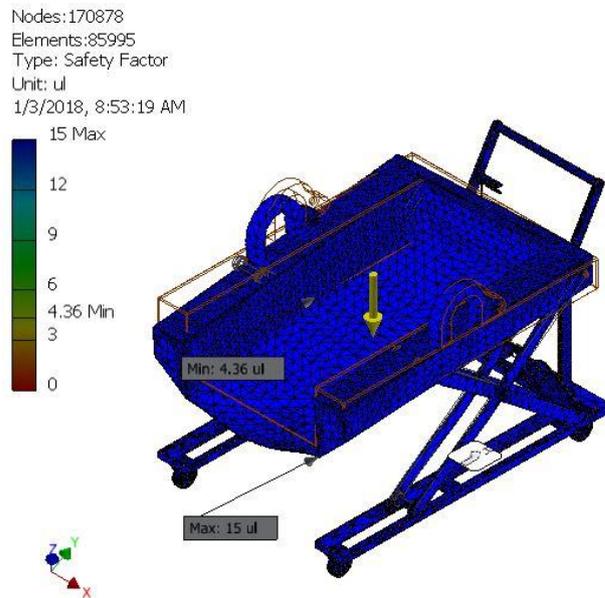
- a. *Element Size* digunakan untuk mengontrol rata-rata jarak antara *mesh nodes*. Nilai yang direkomendasikan adalah 0,100 sampai dengan 0,050. Pada simulasi ini digunakan nilai 0,200 dikarenakan setelah melakukan uji coba *meshing* pada tingkat yang direkomendasikan simulasi model menghasilkan *error report* karena *meshing* terlalu besar.
- b. *Minimum Element Size* digunakan untuk mengontrol jarak minimum antara *mesh node* sebagai sebagian kecil dari rata-rata nilai ukuran. Meningkatkan *Minimum Element Size* akan menurunkan kerapatan dari *elemen mesh* begitu pula sebaliknya, menurunkan nilai maka akan meningkatkan kerapatan dari *elemen mesh*. Nilai yang direkomendasikan adalah 0,100 sampai dengan 0,200. *Minimum Element Size* yang digunakan peneliti adalah 0,200.
- c. *Grading Factor* digunakan untuk mengatur rasio tepi *mesh* yang berdekatan dimana daerah *mesh* yang halus dan kasar bertemu. Semakin kecil faktor yang digunakan, maka *mesh* akan lebih seragam. Nilai yang dapat digunakan yaitu 1 sampai 10, tetapi nilai yang direkomendasikan adalah 1,500 sampai dengan 3,00. Peneliti menggunakan *grading factor* 1,500.
- d. *Maximum Turn Angle* digunakan untuk mengatur maksimum sudut *mesh* yang digunakan pada lengkungan. Nilai yang direkomendasikan adalah 30 dan 60 derajat.

Setelah menentukan pembebanan dan pengaturan *mesh* maka simulasi dilakukan. Hasil *Von Mises* dikatakan gagal, jika nilai maksimum *Von Mises stress* material lebih dari atau melebihi kekuatan bahan (*strength of the material*).



Gambar 4.16 Hasil simulasi *Von mises stress*

Dari Gambar 4.16 diatas diketahui bahwa nilai *Von mises* yang dihasilkan sebesar 47,48 Mpa lebih kecil dari kekuatan bahan yaitu sebesar 215 Mpa. Hal tersebut menandakan bahwa alat yang didesain mampu menahan berat beban yang diangkat. Untuk hasil *safety factor* didapatkan dari perbandingan antara *yield strength* material dari konstruksi dibagi dengan *von mises stress* maksimum.



Gambar 4.17 Hasil simulasi *safety factor*

Dari Gambar 4.17 diatas diketahui hasil *safety factor* yang didapatkan sebesar 12. Menurut Waguespack (2014) jika nilai *safety factor* yang dihasilkan lebih dari 1 maka alat tersebut aman untuk digunakan. Berdasarkan keseluruhan analisis hasil simulasi *stress analysis* diperoleh hasil yang baik maka dapat dikatakan bahwa alat yang dirancang mampu bekerja sesuai dengan baik dan aman pada saat dioperasikan. Desain dari alat ini disesuaikan untuk ketiga aktivitas tersebut serta dimensi tubuh orang indonesia dengan menggunakan data antropometri orang indonesia yang diperoleh dari antropometriindonesia.org dan menyesuaikan dengan jenis kelamin serta umur operator. Pada Tabel 4.16 menunjukkan dimensi desain alat bantu *lift table* berdasarkan dimensi antropometri orang Indonesia.

Tabel 4.16

Dimensi *Lift Table* Berdasarkan Antropometri Orang Indonesia

No	Dimensi	Keterangan	Dimensi benda	Persentil	Ukuran (cm)
1	D4	Tinggi siku	Tinggi pegangan alat bantu	5 <sup>th</sup>	103,73
2	D18	Lebar bahu bagian atas	Lebar pegangan alat bantu	95 <sup>th</sup>	39,4
3	D28	Panjang tangan	Jarak operator dengan	5 <sup>th</sup>	20,11

No	Dimensi	Keterangan	Dimensi benda	Persentil	Ukuran (cm)
			pegangan tangan		
4	D29	Lebar tangan	Diameter pegangan alat bantu	50 <sup>th</sup>	13,92
5	D30	Panjang kaki	Panjang tangkai tuas hidrolik untuk turun	5 <sup>th</sup>	25,61

Berikut ini akan dijelaskan alasan pemilihan persentil pada masing-masing dimensi.

- Tinggi Siku (D4) menggunakan persentil 5<sup>th</sup> agar ukuransiku yang pendek dapat menjangkau pegangan alat bantu.
- Lebar Bahu Bagian Atas (D18) menggunakan persentil 95<sup>th</sup> karena dengan ukuran yang besar operator yang memiliki bahu lebar dapat menggunakannya.
- Panjang Tangan (D28) menggunakan persentil 5<sup>th</sup> untuk memungkinkan jangkauan pegangan tangan pada operator yang pendek sehingga tidak menimbulkan kesulitan pada saat menjangkau pegangan alat bantu.
- Lebar Tangan (D29) menggunakan persentil 50<sup>th</sup> untuk memungkinkan hampir semua populasi dapat menggunakannya.
- Panjang Kaki (D30) menggunakan persentil 5<sup>th</sup> agar memungkinkan operator yang pendek dapat menjangkau tangkai tuas hidrolik.

Alat bantu untuk memindahkan beban dengan berat 150 kg ada banyak jenisnya, salah satunya yaitu *forklift*. Alat tersebut mampu mengangkat beban dengan berat 1 hingga 2 ton dengan ketinggian maksimal 3 meter dan dioperasikan oleh 1 orang operator. Namun untuk harga dari *forklift* tersebut berkisar dari Rp. 25.000.000 keatas sedangkan alat bantu *lift table* yang dirancang membutuhkan biaya yang lebih kecil dari harga untuk membeli *forklift*. Dimana *lift table* tersebut dirancang mampu untuk mengangkat beban sesuai dengan berat beban yang diangkat oleh operator dan bentuk beban yang berupa gulungan yang memiliki poros besi pada tengah beban, dimana *lift table* dirancang memiliki jepitan untuk poros besi tersebut sehingga posisi ketika gulungan berada pada *lift table* tetap stabil. Jika beban tersebut diangkat dengan menggunakan *forklift* ada kemungkinan bahwa posisi beban tersebut tidak stabil karena *forklift* tidak dirancang secara khusus sesuai dengan bentuk beban yang diangkat.

#### 4.5.1 Perhitungan *Lifting Index* pada Aktivitas A dengan Alat Bantu

Berikut merupakan hasil perhitungan *Lifting Index* pada aktivitas A dengan menggunakan alat bantu tersebut. Dimana data variabel NIOSH yang digunakan terjadi perubahan pada nilai V pada *destination* dikarenakan penurunan gulungan inner karung

dari mesin produksi yang dilakukan tidak langsung ke lantai lagi melainkan dari *Lift table* yang dirancang. Nilai *V destination* yang digunakan yaitu 79 cm yang didapatkan dari perhitungan yang menghasilkan mampu nilai  $LI < 1$ . Untuk variabel nilai yang lainnya menggunakan nilai yang sama pada Tabel 4.3.

Tabel 4.17

Data Variabel NIOSH dengan Menggunakan *Lift Table*

operator	object weight (kg)	hand location (cm)				vertical distance (cm)	asymtric angle (degrees)		frequency rate lift/mint	Duration Hours	objecting coupling
		<i>Origin</i>		<i>destination</i>			<i>origin</i>	<i>Destination</i>			
		L	H	V	H		V	D	A	A	
op1	75	27	78	30	79	1	0	0	0,2	<1	fair
op2	75	29	78	31	79	1	0	0	0,2	<1	fair
op3	75	28,5	78	30,7	79	1	0	0	0,2	<1	fair
op4	75	28	78	30	79	1	0	0	0,2	<1	fair

Tabel 4.18

Hasil Pengolahan Data dengan Menggunakan *Lift Table*

	Pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
<i>Origin</i>	Op1	23	0,92	0,99	5,32	1	1	1	112	0,67
	Op 2	23	0,86	0,99	5,32	1	1	1	105	0,72
	Op 3	23	0,88	0,99	5,32	1	1	1	107	0,70
	Op 4	23	0,89	0,99	5,32	1	1	1	108	0,69
<i>Destination</i>	Op 1	23	0,83	0,99	5,32	1	1	1	101	0,74
	Op 2	23	0,81	0,99	5,32	1	1	1	99	0,76
	Op 3	23	0,81	0,99	5,32	1	1	1	99	0,76
	Op 4	23	0,82	0,99	5,32	1	1	1	100	0,75

Tabel 4.19

Perbandingan Nilai RWL dan LI Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Lift Table*

	Operator	Sebelum		Sesudah	
		RWL	LI	RWL	LI
<i>ORIGIN</i>	Op1	18,85	3,98	112	0,67
	Op2	17,62	4,26	105	0,72
	Op3	18,03	4,16	107	0,70
	Op4	18,24	4,11	108	0,69
<i>DESTINATION</i>	Op1	13,87	5,41	101	0,74
	Op2	13,54	5,54	99	0,76
	Op3	13,54	5,54	99	0,76
	Op4	13,71	5,47	100	0,75

Dari hasil perhitungan nilai variabel NIOSH pada Tabel 4.17, dapat dilihat bahwa nilai RWL dan *Lifting Index* pada Tabel 4.19 dengan menggunakan alat bantu mengalami penurunan baik *origin* maupun *destination* hingga dibawah ( $LI > 1$ ). Dimana hasil RWL sebelum menggunakan alat lebih kecil dari berat beban aktual yang diangkat yaitu 75 kg dengan nilai  $LI > 1$ . Sedangkan hasil RWL sesudah menggunakan alat lebih besar dari berat beban aktual yang diangkat dengan nilai  $LI < 1$ , yang menandakan bahwa alat yang dirancang mampu mengurangi risiko cedera bagi tubuh operator. Hal tersebut dikarenakan

dengan menggunakan alat bantu dapat memperkecil jarak perpindahan beban yaitu nilai DM (*Distance Multiplier*) dengan merubah nilai VM (*Vertical Multiplier*) pada *destination* dimana beban yang diturunkan dari mesin produksi tidak langsung ke lantai melainkan ke meja alat bantu yang ketinggiannya disesuaikan.

#### 4.5.2 Perhitungan *Lifting Index* pada Aktivitas B dengan Alat Bantu

Berikut merupakan hasil perhitungan *Lifting Index* pada aktivitas B dengan menggunakan alat bantu tersebut. Dimana data variabel NIOSH yang digunakan terjadi perubahan pada nilai *V origin* dikarenakan pengakatan yang dilakukan tidak dari lantai lagi melainkan dari *Lift table* yang dirancang. Nilai *V origin* yang digunakan yaitu sebesar 44 cm yang didapatkan dari perhitungan yang mampu menghasilkan nilai LI < 1. Untuk variabel nilai yang lainnya menggunakan nilai yang sama pada Tabel 4.4.

Tabel 4.20

Data Variabel NIOSH dengan Menggunakan *Lift Table*

Operator	object weight (kg)	hand location (cm)				vertical distance (cm)	asymtric angle (degrees)		frequency rate	duration	objecting coupling
		<i>Origin</i>		<i>destination</i>			<i>origin</i>	<i>Destination</i>	lift/mint		
	L	H	V	H	V	D	A	A	F	hours	
op1	75	31	44	28	43	1	0	0	0,2	<1	fair
op2	75	30	44	29	43	1	0	0	0,2	<1	fair
op3	75	31,5	44	28,5	43	1	0	0	0,2	<1	Fair
op4	75	32	44	29	43	1	0	0	0,2	<1	Fair

Tabel 4.21

Hasil Pengolahan Data dengan Menggunakan *Lift Table*

	Pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
<i>Origin</i>	Op1	23	0,81	0,91	5,32	1	1	0,95	86,17	0,87
	Op 2	23	0,83	0,91	5,32	1	1	0,95	88,29	0,85
	Op 3	23	0,79	0,91	5,32	1	1	0,95	84,04	0,89
	Op 4	23	0,78	0,91	5,32	1	1	0,95	82,97	0,90
<i>destination</i>	Op 1	23	0,89	0,91	5,32	1	1	0,95	93,63	0,80
	Op 2	23	0,86	0,91	5,32	1	1	0,95	90,48	0,83
	Op 3	23	0,88	0,91	5,32	1	1	0,95	92,58	0,81
	Op 4	23	0,86	0,91	5,32	1	1	0,95	90,48	0,83

Tabel 4.22

Perbandingan Nilai RWL dan LI Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Lift Table*

	Operator	Sebelum		Sesudah	
		RWL	LI	RWL	LI
<i>ORIGIN</i>	Op1	15,95	4,70	86,17	0,87
	Op2	16,34	4,59	88,29	0,85
	Op3	15,55	4,82	84,04	0,89
	Op4	15,36	4,88	82,97	0,90
<i>DESTINATION</i>	Op1	18,55	4,04	93,63	0,80
	Op2	17,93	4,18	90,48	0,83

	Op3	18,34	4,09	92,58	0,81
	Op4	17,93	4,18	90,48	0,83

Dari hasil perhitungan nilai variabel NIOSH pada Tabel 4.20, dapat dilihat bahwa nilai *Lifting Index* pada Tabel 4.22 dengan menggunakan alat bantu mengalami penurunan baik *origin* maupun *destination* dibandingkan dengan sebelum menggunakan alat bantu. Dimana hasil RWL sebelum menggunakan alat lebih kecil dari berat beban aktual yang diangkat yaitu 75 kg dengan nilai  $LI > 1$ . Sedangkan hasil RWL sesudah menggunakan alat lebih besar dari berat beban aktual yang diangkat dengan nilai  $LI < 1$ , yang menandakan bahwa alat yang dirancang mampu mengurangi risiko cedera bagi tubuh operator. Hal tersebut dikarenakan dengan menggunakan alat bantu dapat memperkecil jarak perpindahan beban yaitu DM (*Distance Multiplier*) dengan terjadinya perubahan nilai VM (*Vertical Multiplier*) pada *origin* dimana beban yang dinaikkan ke mesin pemotong tidak dari lantai melainkan dari meja alat bantu yang ketinggiannya telah disesuaikan.

#### 4.5.3 Perhitungan *Lifting Index* pada Aktivitas C dengan Alat Bantu

Berikut merupakan hasil perhitungan *Lifting Index* pada aktivitas C dengan menggunakan alat bantu tersebut. Dimana data variabel NIOSH yang digunakan terjadi perubahan pada nilai *V origin* dikarenakan pengakatan yang dilakukan tidak dari lantai lagi melainkan dari *Lift table* yang dirancang, dimana nilai *V origin* yang digunakan didapatkan dari perhitungan untuk memperkecil jarak perpindahan beban yang menghasilkan nilai  $CLI < 1$ .

Tabel 4.23

Data Variabel NIOSH dengan Menggunakan *Lift Table*

Pekerja	object weight (kg)	hand location				vertical distance (cm)	asymtric angle (degrees)		frequency rate	duration	objecting coupling
		<i>Origin</i>		<i>destination</i>			<i>origin</i>	<i>destination</i>			
		L	H	V	H		V	D	A	A	
op 1	12	33,5	15,5	33	14,5	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	32,5	33,5	31,5	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	48,5	33,8	47,5	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	64,5	33	63,5	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	79	32,8	80	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	94	33,5	95	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	109	45	110	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	123	49	124	1	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	130	53	138	8	0	0	0,27	<1	fair
	12	33,5	130	50	152	22	0	0	0,27	<1	fair
12	33,5	130	49	165	35	0	0	0,27	<1	fair	

Tabel 4.24  
Hasil Pengolahan Data dengan Menggunakan *Lift Table*

Task	Pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL	FM	STRWL	FILI	STLI	new task	F
1	op 1	23	0,76	0,82	5,32	1	0,95	72,21	0,99	71,49	0,17	0,17	11	0,3
2	op 1	23	0,75	0,87	5,32	1	0,95	75,47	0,99	74,72	0,16	0,16	10	0,5
3	op 1	23	0,74	0,92	5,32	1	0,95	79,10	0,99	78,31	0,15	0,15	9	0,8
4	op 1	23	0,76	0,97	5,32	1	0,95	85,42	0,99	84,57	0,14	0,14	8	1,1
5	op 1	23	0,76	0,99	5,32	1	1	92,33	0,99	91,41	0,13	0,13	7	1,4
6	op 1	23	0,75	0,94	5,32	1	1	85,83	0,99	84,98	0,14	0,14	6	1,6
7	op 1	23	0,56	0,89	5,32	1	1	60,50	0,99	59,90	0,20	0,20	5	1,9
8	op 1	23	0,51	0,85	5,32	1	1	53,06	0,99	52,53	0,23	0,23	4	2,2
9	op 1	23	0,47	0,81	1,38	1	1	12,15	0,99	12,03	0,99	1,00	3	2,4
10	op 1	23	0,50	0,77	1	1	1	9,07	0,99	8,98	1,32	1,34	2	2,7
11	op 1	23	0,52	0,73	0,95	1	1	8,30	0,99	8,21	1,45	1,46	1	3,0

$$\begin{aligned}
 \text{CLI} = & \text{STLI} + \text{FILI2} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}} - \frac{1}{\text{FM1}} \right) + \text{FILI3} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}} - \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}} \right) + \\
 & \text{FILI4} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}} - \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}} \right) + \text{FILI5} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}} \right) + \text{FILI6} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}} \right) + \text{FILI7} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}} \right) + \text{FILI8} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}} \right) + \text{FILI9} \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}+\text{FM9}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}} \right) + \text{FILI10} \\
 & \left( \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}+\text{FM9}+\text{FM10}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}+\text{FM9}} \right) + \text{FILI11} \left( \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}+\text{FM9}+\text{FM10}+\text{FM11}} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{\text{FM1}+\text{FM2}+\text{FM3}+\text{FM4}+\text{FM5}+\text{FM6}+\text{FM7}+\text{FM8}+\text{FM9}+\text{FM10}} \right) \\
 \text{Maka CLI} = & 1,46 + 0,20 \left( \frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,99} \right) + 0,23 \left( \frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,97} \right) + 1,45 \left( \frac{1}{0,94} - \frac{1}{0,97} \right) + 1,32 \\
 & \left( \frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,94} \right) + 0,99 \left( \frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,93} \right) + 0,13 \left( \frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,93} \right) + 0,13 \left( \frac{1}{0,90} - \frac{1}{0,93} \right) + 0,14 \left( \frac{1}{0,90} - \frac{1}{0,90} \right) \\
 & + 0,15 \left( \frac{1}{0,90} - \frac{1}{0,90} \right) + 0,16 \left( \frac{1}{0,88} - \frac{1}{0,90} \right) = 1,54
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan perbandingan hasil perhitungan CLI untuk ke 4 operator.

Tabel 4.25  
Perbandingan Nilai CLI Sebelum dan Sesudah Menggunakan *Lift Table*

Pekerja	Sebelum	Sesudah
	CLI	CLI
OP 1	1,86	1,54
OP 2	1,85	1,59
OP 3	1,81	1,55
OP 4	1,78	1,52

Dari Tabel 4.25 dapat dilihat bahwa nilai *Composite Lifting Index* pada aktivitas C dengan menggunakan alat bantu terjadi penurunan baik *origin* maupun *destination* dibandingkan dengan sebelum menggunakan alat bantu. Namun penurunan tersebut masih tetap menunjukkan bahwa dengan menggunakan alat bantu tidak terlalu berpengaruh dalam mengurangi resiko cedera pada operator. Hal tersebut bisa disebabkan karena ketinggian tumpukan yang terlalu tinggi. Untuk itu dilakukan perhitungan untuk mencari ketinggian tumpukan yang aman bagi operator, baik dengan menggunakan alat bantu maupun tanpa menggunakan alat bantu.

#### 4.5.4 Perhitungan Ketinggian Tumpukan yang Aman Tanpa Alat Bantu

Tabel 4.26 merupakan hasil perhitungan tumpukan yang aman tanpa menggunakan alat bantu dimana data variabel NIOSH yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.26  
Hasil Pengolahan Data Ketinggian Tumpukan yang Aman

Task	Pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL	FM	STRWL	FILI	STLI	new task	F
1	op 1	23	0,76	0,82	1,13	1	0,95	15,34	0,99	15,19	0,78	0,79	2	0,3
2	op 1	23	0,75	0,87	0,96	1	0,95	13,66	0,99	13,52	0,88	0,89	3	0,5
3	op 1	23	0,74	0,92	0,91	1	0,95	13,60	0,99	13,46	0,88	0,89	6	0,8
4	op 1	23	0,76	0,97	0,89	1	0,95	14,30	0,99	14,16	0,84	0,85	4	1,1
5	op 1	23	0,76	0,99	0,88	1	1	15,21	0,99	15,06	0,79	0,80	5	1,4
6	op 1	23	0,75	0,94	0,87	1	1	13,99	0,99	13,85	0,86	0,87	1	1,6

Rumus *Composite Lifting Index* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 CLI = & STLI + FILI2 \left( \frac{1}{FM1+FM2} - \frac{1}{FM1} \right) + FILI3 \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3} - \frac{1}{FM1+FM2} \right) + \\
 & FILI4 \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4} - \frac{1}{FM1+FM2+FM3} \right) + FILI5 \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5} - \right. \\
 & \left. \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4} \right) + FILI6 \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6} - \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5} \right)
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka CLI} = 0,78 + 0,84 \left( \frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,99} \right) + 0,88 \left( \frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,97} \right) + 0,84 \left( \frac{1}{0,94} - \frac{1}{0,97} \right) + 0,79 \left( \frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,94} \right) + 0,88 \left( \frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,93} \right) = 0,95$$

Tabel 4.27 merupakan hasil perhitungan CLI untuk ke 4 operator.

Tabel 4.27

Perbandingan Nilai CLI pada Ketinggian 11 Tumpukan dan Ketinggian 6 Tumpukan

Pekerja	Ketinggian 11 tumpukan	Ketinggian 6 tumpukan
	CLI	CLI
OP 1	1,78	0,95
OP 2	1,85	0,99
OP 3	1,80	0,93
OP 4	1,77	0,96

Dari Tabel 4.27 diatas dapat dilihat bahwa ketinggian tumpukan yang aman tanpa menggunakan alat yaitu pada ketinggian tumpukan ke 6 dengan ketinggian sebesar 95 cm. Dimana hal ini ditunjukkan dengan nilai  $CLI < 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian tumpukan 7,8,9,10,11 berpotensi menyebabkan cedera pada tubuh operator. Perhitungan diatas dilakukan dengan menggunakan data yang dapat dilihat pada Tabel 4.5. Untuk hasil perhitungan operator 2,3, dan 4 terlampir.

#### 4.5.5 Perhitungan Ketinggian Tumpukan yang Aman dengan Alat Bantu

Tabel 4.28 merupakan hasil perhitungan tumpukan yang aman dengan menggunakan alat bantu dimana data variabel NIOSH yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.28

Hasil Pengolahan Data Ketinggian Tumpukan yang Aman

Task	Pekerja	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FIRWL	FM	STRWL	FILI	STLI	new task	F
1	op 1	23	0,76	0,82	5,32	1	0,95	72,21	0,99	71,49	0,17	0,17	8	0,3
2	op 1	23	0,75	0,87	5,32	1	0,95	75,47	0,99	74,72	0,16	0,16	7	0,5
3	op 1	23	0,74	0,92	5,32	1	0,95	79,10	0,99	78,31	0,15	0,15	1	0,8
4	op 1	23	0,76	0,97	5,32	1	0,95	85,42	0,99	84,57	0,14	0,14	2	1,1
5	op 1	23	0,76	0,99	5,32	1	1	92,33	0,99	91,41	0,13	0,13	3	1,4
6	op 1	23	0,75	0,94	5,32	1	1	85,83	0,99	84,98	0,14	0,14	4	1,6
7	op 1	23	0,56	0,89	5,32	1	1	60,50	0,99	59,90	0,20	0,20	6	1,9
8	op 1	23	0,51	0,85	5,32	1	1	53,06	0,99	52,53	0,23	0,23	5	2,2

Rumus *Composite Lifting Index* sebagai berikut.

$$\text{CLI} = \text{STLI} + \text{FILI2} \left( \frac{1}{FM1+FM2} - \frac{1}{FM1} \right) + \text{FILI3} \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3} - \frac{1}{FM1+FM2} \right) + \text{FILI4} \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4} - \frac{1}{FM1+FM2+FM3} \right) + \text{FILI5} \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5} - \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4} \right) + \text{FILI6} \left( \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6} - \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5} \right)$$

$$\frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5})+FILI7(\frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7} - \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6})+FILI8(\frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7+FM8} - \frac{1}{FM1+FM2+FM3+FM4+FM5+FM6+FM7})$$

Maka CLI =  $0,23 + 0,13 (\frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,99}) + 0,13 (\frac{1}{0,97} - \frac{1}{0,97}) + 0,14 (\frac{1}{0,94} - \frac{1}{0,97}) + 0,23 (\frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,94}) + 0,20 (\frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,93}) + 0,15 (\frac{1}{0,93} - \frac{1}{0,93}) + 0,16 (\frac{1}{0,90} - \frac{1}{0,93}) = 0,24$

Berikut merupakan hasil perhitungan CLI untuk ke 4 operator.

Tabel 4.29

Perbandingan Nilai CLI pada Ketinggian 11 Tumpukan dan Ketinggian 8 Tumpukan

Pekerja	Ketinggian 11 tumpukan	Ketinggian 8 tumpukan
	CLI	CLI
OP 1	1,54	0,24
OP 2	1,59	0,25
OP 3	1,55	0,23
OP 4	1,00	0,24

Dari Tabel 4.29 di atas dapat dilihat bahwa ketinggian tumpukan yang aman dengan menggunakan alat yaitu pada ketinggian tumpukan ke 8 dengan ketinggian sebesar 124 cm. Dimana hal ini ditunjukkan dengan nilai  $CLI < 1$ . Hal ini menunjukkan bahwa ketinggian tumpukan 9,10, dan 11 berpotensi menyebabkan cedera pada tubuh operator. Dengan menggunakan alat bantu hasil CLI yang didapatkan lebih kecil dibandingkan dengan tanpa menggunakan alat bantu. Hal tersebut dikarenakan dengan menggunakan alat bantu dapat memperkecil jarak perpindahan beban yaitu DM (*Distance Multiplier*) dengan terjadinya perubahan nilai VM (*Vertical Multiplier*) pada *origin* dimana beban yang dipindahkan ke *pallet* pengumpulan tidak dari lantai melainkan dari meja alat bantu yang ketinggiannya telah disesuaikan. Dengan melakukan pengurangan ketinggian tumpukan tersebut, maka membuat jumlah *pallet* pengumpulan meningkat dan luas area penyimpanan *finish* produk menjadi berkurang. Perhitungan diatas dilakukan dengan menggunakan data yang dapat dilihat pada Tabel 4.24. Untuk hasil perhitungan operator 2,3, dan 4 terlampir.

#### 4.6 Biaya Pembuatan

Untuk membuat alat bantu yang telah direkomendasikan, tentunya membutuhkan dana untuk membeli material yang dibutuhkan. Dimana material alat bantu yang diperlukan bisa didapatkan didalam negeri. Tabel 4.30 merupakan perkiraan rincian biaya dalam pembuatan alat bantu tersebut.

Tabel 4.30  
Rincian biaya pembuatan

No	Uraian	Material	Unit	Harga Satuan	Total
1	Kerangka	Besi plat 30 mm	3	Rp. 45.650/ 6 meter	Rp 136.950
		Roda trolley diameter 10 cm	4	Rp. 65.000	Rp. 396.950
		Sekrup	3	Rp. 150/pcs	Rp. 397.400
2	Pegangan	Besi hollow 15 cm x 30 cm x 1,1 mm	1	Rp. 56.000/ 6 meter	Rp. 453.400
		Besi pipa diameter 5 cm tebal 1,2 mm	2	Rp. 22.500/ meter	Rp. 475.900
		Mur baut	20	Rp. 160/pcs	Rp. 476.860
3	Meja	Besi plat strip 122 cm x 244 cm x 1 mm	1	Rp 15.000/plat	Rp. 491.860
4	Mekanisme	Roda besi diameter 5 cm	16	Rp 23.000/buah	Rp. 859.860
		Silinder hidrolik	2	Rp. 1.135.000.	Rp. 1.994.860
		Sekrup	20	Rp. 150/pcs	Rp. 2.000.860

Pada Tabel 4.30 dapat diketahui bahwa perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk membuat alat bantu tersebut seharga Rp 2.000.860 dengan kapasitas minimum 150 kg. Jumlah minimal alat bantu yang dibutuhkan sebanyak 2 alat, dimana 1 alat digunakan untuk aktivitas A dengan frekuensi penurunan yang dilakukan tiap 2 jam sekali dan 1 alat lagi digunakan untuk aktivitas B dan C. Meskipun pada aktivitas B pengangkatan dilakukan setiap 1 jam sekali dengan jumlah mesin 4 namun untuk melakukan aktivitas C hanya dibutuhkan waktu kurang dari 10 menit. Sehingga dengan menggunakan 1 alat pada aktivitas B dan C masih dapat dilakukan.

## **BAB V PENUTUP**

Setelah dilakukannya penelitian hingga analisis dan pembahasan, maka pada bab ini akan dijelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat bermanfaat bagi perusahaan dan bagi penelitian selanjutnya.

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengolahan data, analisis serta pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan NIOSH *Lifting Equation* diketahui bahwa ketiga aktivitas *manual material handling* yang dilakukan oleh operator pada *finish* produk inner karung memiliki potensi resiko cedera bagi tubuh operator, yang Dilihat dari nilai  $LI > 1$  untuk aktivitas A dan B serta nilai  $CLI > 1$  untuk aktivitas C. Pada aktivitas A yaitu penurunan gulungan inner karung dari mesin produksi, nilai  $LI > 1$  disebabkan oleh nilai *RWL (Recommended Weight Limit)* yang dihasilkan dari pengolahan data jauh lebih kecil dibandingkan dengan berat beban yang harus diangkat oleh operator dimana nilai *RWL* yang kecil dikarenakan nilai *DM (Distance Multiplier)* yang kecil karena jarak perpindahan yang besar disebabkan oleh ketinggian *V (Vertical Location)*. Pada aktivitas B yaitu pengangkatan gulungan inner karung dari mesin lantai ke mesin pemotong nilai  $LI > 1$  disebabkan oleh nilai *RWL* lebih kecil dari beban yang harus diangkat, dimana nilai *RWL* yang kecil dikarenakan nilai *VM (Vertical Multiplier)* dan *CM (Coupling Multiplier)* yang kecil dimana nilai *VM* yang kecil nilai *V (Vertical Location)* yang rendah dan nilai *CM* yang kecil dikarenakan nilai *V (Vertical Location) < 75* cm. Untuk aktivitas C yaitu pemindahan inner karung yang telah dikemas dari lantai ke *pallet* pengumpulan, nilai  $CLI > 1$  disebabkan karena ketinggian tumpukan yang terlalu tinggi. Ketinggian tumpukan yang berpotensi menyebabkan cedera bagi tubuh operator yaitu dimulai pada ketinggian 110 cm hingga ketinggian tumpukan ke 11 yaitu sebesar 165 cm.
2. Rekomendasi yang diberikan berupa alat bantu *Lift Table*. Alat tersebut dipilih karena dapat membantu meringankan pekerjaan operator yang dapat menyebabkan cedera pada bagian punggung akibat *Vertical Factor* dan *Distance Factor* dari aktivitas *manual material handling* yang dilakukan oleh operator. Alat tersebut dapat

menurunkan dan mengangkat beban dengan ketinggian yang dapat disesuaikan. Sehingga operator tidak memindahkan beban dari lantai melainkan dari meja alat bantu yang ketinggiannya telah disesuaikan dengan kebutuhan. Dengan alat bantu yang dirancang, ketinggian tumpukan pada aktivitas C bisa menjadi lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan alat yaitu dari 6 tumpukan tanpa menggunakan alat bantu menjadi 8 tumpukan dengan menggunakan alat bantu.

## **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis terhadap diameter roda dan tekanan hidrolik yang sebaiknya digunakan pada alat bantu yang dirancang untuk melakukan analisa risiko cedera pada saat mendorong dan mempompa alat bantu menjadi lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bridger, R.S. Ph.D. 1995. *Introduction to Ergonomics*. McGraw-Hill, Inc
- Corlett, E.N. 1993. *Evaluation Of Human Work, A Practical Ergonomics Methodology*. London: Taylor & Francis. Inc
- Hariato, Hendro. 2016. *Analisis Risiko Kerja pada Aktivitas Perpindahan Manual Genteng dengan Metode Revised NIOSH Lifting Equation*. Malang. Universitas Brawijaya.
- Humantech. 2003. *Applied Ergonomics Training Manual*. Humantech inc: Berkeley Australia.
- International Ergonomic Association. (IEA:2010) [http://www.iea.cc/01\\_what/What Is Ergonomics.html](http://www.iea.cc/01_what/What%20Is%20Ergonomics.html). Diakses Maret
- Kroemer, K.H.E., Kroemer, H.B., and Kroemer-Elbert, K.E. 2001. *Ergonomics: How TO Design for Ease & Efficiency*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Levy, Barry dan Wegman, David. 2000. *Occupational Health: Recognizing Preventing Work-Related Disease and Injury, Fourth Edition*. Philadelphia: Lippincot Williams and Wilkins.
- Manuaba, I.B.A. 1992. *Penerapan Ergonomi untuk Meningkatkan Kualitas Sumber Daya Manusia dan Produktivitas Perusahaan*. Disampaikan pada Seminar K3, IPTN-Bandung. 20 Februari.
- Mutmainah, Faridhatul. 2017. *Analisis Ergonomi Fisik pada Aktifitas Manual Material Handling dengan NIOSH Lifting Equation di UKM Industri Tahu FSD Singosari*. Malang. Universitas Brawijaya.
- Nurmianto, Eko. 2005. *Ergonomi, Konsep Dasar dan aplikasi*. Surabaya: Guna Widya.
- Umami, Mahrus Khoirul., Dwi Rahman Hadi, Andi, Agustina, Fitri. 2014. *Evaluasi Ergonomi Aktivitas Manual Material Handling pada Bagian Produksi di CV. GMS, Bangkalan*. Universitas Trunojoyo Madura.
- Shahu, Rashmi. 2016. *The NIOSH Lifting Equation For Manual Lifting and Its Apliications*, Journal of Ergonomics.
- Tarwaka, Solichul HA.B. dan Lilik .S, 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. UNBA Press, Surakarta.
- Waters, T. R.; Anderson, V. P.; Garg, A. 1994. *Aplication Manual For The Revised NIOSH Lifting Equation*. US Department of Health and Human Service, Cincinnati.
- Wignjosoebroto, Sritomo., 2003. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Guna Widya. Surabaya.

Waguespack, C. 2013. *Mastering Autodesk Inventor 2014*. John Wiley & Sons. INC., Indiana.

Zulfiqor, Muhammad Taufik. 2010. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Keluhan Muscoloskeletal Disorders Pada Welder Di Bagian Fabrikasi PT. Caterpillar Indonesia Tahun 2010*. Skripsi. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Jurusan Kesehatan Masyarakat. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.