

**ANALISIS AKTIVITAS *MANUAL MATERIAL HANDLING* SERTA
PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS KERJA
STUDI KASUS : PT. YAMAHA INDONESIA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Khaerul Wildani
No. Mahasiswa : 12 522 285

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2017**

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil karya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 1 Maret 2017



Khaerul Wildani

12522285

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ANALISIS AKTIVITAS *MANUAL MATERIAL HANDLING* SERTA PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS KERJA

Studi Kasus PT. Yamaha Indonesia

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh :

KHAERUL WILDANI

NIM. 12 522 285

Jakarta, 1 Maret 2017

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Muhammad Ragil Suryoputro, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**ANALISIS AKTIVITAS *MANUAL MATERIAL HANDLING* SERTA
PENGARUHNYA TERHADAP PRODUKTIVITAS KERJA
Studi Kasus PT. Yamaha Indonesia****TUGAS AKHIR**

Oleh

Nama : KHAERUL WILDANI

No. Mahasiswa : 12 522 285

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
Jakarta, 1 Maret 2017

Tim Penguji

Muhammad Ragil Suyoputro, S.T., M.Sc.

Ketua

Amarria Dila Sari, S.T., M.Sc.

Anggota I

Faizin, S.E.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
Universitas Islam Indonesia

Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah akhirabbil'alamiin. Berkat rahmat Allah SWT beserta doa dan dukungan dari keluarga, teman-teman dan sahabat akhirnya saya mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

Hasil karya tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua Alm. Bapak H. Mohammad Nuryamin dan Ibu Hj. Siti Khazilah beserta kakak Sofyan Muthohar dan adik Ulyatun Nikmah yang selalu memberikan do'a, dukungan dan kasih sayang. Tak lupa juga saya persembahkan kepada teman-teman dan sahabat yang selalu memberikan dukungan dan semangat.

Terima kasih untuk semua do'a, dukungan dan semangat yang telah diberikan.

MOTTO

بِأَنفُسِهِمْ مَا يُغَيِّرُوا حَتَّى يَقُومَ مَا يُغَيِّرُ لَا إِلَهَ إِلَّا

"Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri." (QS. Ar Ra'd : 11)

"Jika kamu tidak dapat menahan lelahnya belajar, maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan."

~Imam Syafi'i~

"Sesuai mungkin mendatangi mereka yang mau menunggu, namun hanya didapatkan oleh mereka yang bersemangat mengejarnya."

~Abraham Lincoln~

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

PT. YAMAHA INDONESIA
Jl. Rawagelam I/5, Kawasan Industri Pulogadung
Jakarta 13930 Indonesia, PO. Box. 1190/JAT
Telp. : (62 - 21) 4619171 (Hunting) Fax. : 4602864, 4607077

SURAT KETERANGAN

No. : 067 /YI/ PKL /III/2017

Kami yang bertandatangan dibawah ini, Bagian Human Resource Development (HRD) PT. YAMAHA INDONESIA dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : KHAERUL WILDANI
Nomor Induk Mahasiswa : 12522285
Jurusan : TEHNIK INDUSTRI
Fakultas : TEKNOLOGI INDUSTRI
Alamat : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA –YOGYAKARTA

Telah melakukan program Internship melalui penelitian dan pengamatan dalam penyusunan Tugas Akhir dengan Judul "*Analisis Aktivitas Manual Material Handling serta Pengaruhnya Terhadap Produktivitas Kerja*".

Program ini dilaksanakan mulai Tanggal 05 September 2016 sampai dengan Tanggal 03 Maret 2017. Kami mengucapkan terima kasih atas usaha dan partisipasi yang telah diberikan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 03 Maret 2017

HRD Department
PT. YAMAHA INDONESIA



Kalkausar Chaid
Manager

CC: - Arsip

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr.Wb

Puji dan syukur senantiasa tercurahkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam selamanya tercurahkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak, maka penulisan Laporan Tugas Akhir ini tidak akan lancar.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati izinkalah penulis untuk menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berjasa memberikan motivasi dalam rangka menyelesaikan laporan ini. Untuk ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Drs., Imam Djati Widodo M.Eng.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng selaku Ketua Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak M. Ragil Suryoputro, S.T., M.Sc selaku pembimbing Laporan Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, motivasi, serta bimbingan dalam penyusunan ini.
4. Kedua orang tua, Alm. H. Mohammad Nuryamin dan Hj. Siti Khazilah terima kasih atas segala doa, kasih sayang dan semangat yang diberikan sehingga kelancaran akan penyelesaian tugas akhir ini dapat terlaksana dengan baik.
5. Kakak tercinta Sofyan Muthohar dan adik tercinta Ulyatun Nikmah yang telah memberikan dukungan.
6. Bapak Samsudin DS dan Bapak Kalkausar Chalid selaku selaku *Vice President* dan Manager HRD dari PT. Yamaha Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk mendapatkan pengalaman di PT.Yamaha Indonesia.
7. Teman-teman program magang PT. Yamaha Indonesia *batch* 3 yang telah berjuang bersama selama 6 bulan terakhir.
8. Semua teman-teman asisten, Kalab, dan Laboran Laboratorium DSK&E, terima kasih untuk pengalaman kerja yang mengesankan selama 2 tahun.
9. Semua teman - teman seangkatan 2012 Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terkait, yang telah membantu saya dalam menyelesaikan laporan ini. Semoga kebaikan yang diberikan oleh semua pihak kepada penulis menjadi amal sholeh yang senantiasa mendapat balasan dan kebaikan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Amin.

Yogyakarta, Februari 2017

Khaerul Wildani

ABSTRAK

Aktivitas manual material handling merupakan salah satu aktivitas kerja yang memiliki efek bagi fisik pekerja di sektor industri manufaktur, sehingga perlu dilakukan analisis untuk mengetahui resiko yang ditimbulkan aktivitas tersebut. Analisis dilakukan pada operator ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual dan ketika menggunakan alat bantu pengangkatan (automatic handlift dan manual handlift). Selain analisis segi ergonomi, dilakukan juga analisis time study dan pengukuran produktivitas untuk mengetahui efek dari penggunaan dua alat tersebut. Hasil kuisisioner Nordic Body Map pada operator yang menggunakan alat automatic handlift menunjukkan terjadi penurunan tingkat keluhan muskuloskeletal sebesar 22% setelah menggunakan alat tersebut. Skor postur metode REBA diperoleh skor 10 dan berkurang menjadi 4 setelah pemakaian alat tersebut. Hasil metode MPL menunjukkan terjadi penurunan nilai Fc dari 4756,37 N menjadi 1346,56 N setelah penggunaan alat tersebut. Hasil metode RWL menunjukan penurunan nilai LI (Lifting Index) origin dan destination dari 1,84 dan 1,18 menjadi 1,12 dan 0,89. Sedangkan untuk operator yang menggunakan alat manual handlift, hasil kuisisioner Nordic Body Map menunjukkan penurunan tingkat keluhan muskuloskeletal sebesar 57% setelah penggunaan alat tersebut. Untuk skor postur metode REBA diperoleh skor 8 dan berkurang menjadi 5 setelah pemakaian alat tersebut. Untuk hasil metode MPL, nilai Fc diperoleh 4906,99 N dan berkurang menjadi 2047,88 N setelah penggunaan alat tersebut. Hasil metode RWL menunjukan penurunan nilai LI (Lifting Index) origin dan destination dari 1,02 dan 0,67 menjadi 0,74 dan 0,58. Hasil analisis time study menunjukkan terjadinya penurunan waktu proses pada penggunaan kedua alat tersebut sehingga meningkatkan produktivitas operator alat automatic handlift sebesar 9% dan operator alat manual handlift sebesar 4%. Dari beberapa hasil tersebut secara umum menunjukkan bahwa penggunaan kedua alat tersebut mampu mengurangi resiko dari aktivitas pengangkatan dan meningkatkan produktivitas kerja operator khususnya alat automatic handlift.

Kata kunci : *Ergonomi, Manual Material Handling, Nordic Body Map, REBA, MPL, RWL, Time Study, Produktivitas.*

DAFTAR ISI

COVER.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
SURAT KETERANGAN PENELITIAN.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	7
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
1.6. Sistematika Penelitian	8
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	10
2.1. Kajian Induktif.....	10
2.2. Kajian Deduktif	14
2.2.1. <i>Manual Material Handling</i>	14
2.2.2. Nordic Body Map	15
2.2.3. Postur Kerja	16
2.2.4. MPL (<i>Maximum Permissible Limit</i>).....	24
2.2.5. RWL (<i>Recommended Weight Limit</i>).....	29
2.2.6. Perhitungan <i>Stopwatch</i>	33
2.2.7. Produktivitas.....	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1. Subjek Penelitian	35
3.2. Alat dan Bahan	36
3.3. Diagram Alir Penelitian.....	37
3.4. Penjelasan Diagram Alir Penelitian.....	39
3.5.1. Identifikasi Masalah	39
3.5.2. Kajian Literatur.....	39
3.5.3. Penentuan Metode Penelitian	39
3.5.4. Penentuan Responden.....	40
3.5.5. Pengumpulan Data.....	40
3.5.6. Pengolahan Data	41
3.5.7. Pembahasan	42
3.5.8. Kesimpulan dan Saran	42
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	43
4.1. Pengumpulan Data.....	43

4.1.1.	Data Subjek Penelitian	43
4.1.2.	Data Hasil Kuisioner <i>Nordic Body Map</i>	45
4.1.3.	Data Postur Kerja Metode REBA.....	47
4.1.4.	Data Segmen Tubuh Perhitungan MPL.....	52
4.1.5.	Data Input Perhitungan RWL	56
4.1.6.	Data Waktu Proses	57
4.2.	Pengolahan Data	60
4.2.1.	Perhitungan Hasil Kuisioner <i>Nordic Body Map</i>	60
4.2.2.	Perhitungan Postur Kerja Menggunakan Metode REBA	62
4.2.3.	Perhitungan MPL.....	72
4.2.4.	Perhitungan RWL	78
4.2.5.	Perhitungan <i>Stopwatch</i>	81
4.2.6.	Perhitungan Produktivitas	84
BAB V PEMBAHASAN.....		89
5.1.	Analisis Hasil Kuisioner <i>Nordic Body Map</i>	89
5.1.1.	Analisis Hasil Kuisioner <i>Nordic Body Map</i> Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	89
5.1.2.	Analisis Hasil Kuisioner <i>Nordic Body Map</i> Operator Mesin <i>Ban Saw</i>	90
5.2.	Analisis Hasil Skor Postur Kerja Metode REBA	90
5.2.1.	Postur Kerja Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	90
5.2.2.	Postur Kerja Operator Mesin <i>Ban Saw</i>	92
5.3.	Analisis Hasil Perhitungan MPL	93
5.3.1.	Analisis Hasil MPL Aktivitas Pengangkatan Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	93
5.3.2.	Analisis Hasil MPL Aktivitas Pengangkatan Operator Mesin <i>Ban Saw</i> ...	94
5.4.	Analisis Hasil Perhitungan RWL	95
5.4.1.	Analisis Hasil Perhitungan RWL Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	95
5.4.2.	Analisis Hasil Perhitungan RWL Operator Mesin <i>Ban Saw</i>	97
5.5.	Analisis Perhitungan <i>Stopwatch</i>	98
5.5.1.	Analisis Perhitungan <i>Stopwatch</i> Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	98
5.5.2.	Analisis Perhitungan <i>Stopwatch</i> Operator Mesin <i>Ban Saw</i>	99
5.6.	Analisis Perhitungan Produktivitas	100
5.6.1.	Analisis Perhitungan Produktivitas Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	100
5.6.2.	Analisis Perhitungan Produktivitas Operator Mesin <i>Ban Saw</i>	101
BAB VI PENUTUP		105
6.1.	Kesimpulan.....	105
6.2.	Saran	106
DAFTAR PUSTAKA		107
LAMPIRAN 1.....		A-1
LAMPIRAN 2.....		A-5
LAMPIRAN 3.....		A-14
LAMPIRAN 4.....		A-23
LAMPIRAN 5.....		A-28
LAMPIRAN 6.....		A-31
LAMPIRAN 7.....		A-38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	13
Tabel 2.2 Tingkat Keluhan <i>Nordic Body Map</i>	15
Tabel 2.3 Penentuan Skor Leher	18
Tabel 2.4 Penentuan Skor Punggung	18
Tabel 2.5 Penentuan Skor Pergelangan Tangan	19
Tabel 2.6 Penentuan Skor Lengan Atas.....	20
Tabel 2.7 Penentuan Skor Lengan Bawah	20
Tabel 2.8 Penentuan Skor Pergelangan Tangan	21
Tabel 2.9 Penilaian Skor Grup A.....	21
Tabel 2.10 Penilaian Skor Grup B	22
Tabel 2.11 Tabel Skor C	22
Tabel 2.12 Skor berat beban yang diangkat.....	23
Tabel 2.13 <i>Activity Score</i>	23
Tabel 2.14 Interpretasi Skor REBA	24
Tabel 2.15 Faktor Pengali Frekuensi	30
Tabel 2.16 Faktor Pengali <i>Coupling</i>	31
Tabel 4.1 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor <i>Double Sizer</i> (Manual).....	48
Tabel 4.2 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor <i>Double Sizer</i> (<i>Automatic Handlift</i>)	49
Tabel 4.3 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor <i>Ban Saw</i> (Manual)	50
Tabel 4.4 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor <i>Ban Saw</i> (<i>Manual Handlift</i>).....	51
Tabel 4.5 Data Segmen Tubuh Pengangkatan Manual.....	52
Tabel 4.6 Data Segmen Tubuh Pengangkatan Menggunakan <i>Automatic Handlift</i>	53
Tabel 4.7 Data Segmen Tubuh Pengangkatan Manual.....	54
Tabel 4.8 Dat Segmen Tubuh Pengangkatan Menggunakan <i>Manual Handlift</i>	55
Tabel 4.9 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Manual.....	56
Tabel 4.10 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan <i>Automatic Handlift</i> .	56
Tabel 4.11 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Manual	57
Tabel 4.12 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan <i>Manual Handlift</i>	57
Tabel 4.13 Data Waktu Proses Kabinet <i>Side Board</i> (Manual)	57
Tabel 4.14 Data Waktu Proses Kabinet <i>Side Arm</i> (<i>Automatic Handlift</i>).....	57
Tabel 4.15 Data Waktu Setting <i>Automatic Handlift</i> (Detik)	58
Tabel 4.16 Data Waktu Proses Kabinet <i>Treble B1/B2</i> (Manual)	58
Tabel 4.17 Data Waktu Proses Kabinet <i>Treble B3</i> (Manual)	59
Tabel 4.18 Data Waktu Proses <i>Treble B1/B2</i> (<i>Manual Handlift</i>)	59
Tabel 4.19 Data Waktu Proses <i>Treble B3</i> (<i>Manual Handlift</i>)	59
Tabel 4.20 Data Waktu Setting <i>Manual Handlift</i> (Detik)	59
Tabel 4.21 Segmen Tubuh Grup A	63
Tabel 4.22 Segmen Tubuh Grup B	63
Tabel 4.23 Segmen Tubuh Grup A	67
Tabel 4.24 Segmen Tubuh Grup B	67
Tabel 4.25 Segmen Tubuh Grup A	69
Tabel 4.26 Segmen Tubuh Grup B	69

Tabel 4.27 Segmen Tubuh Grup A	71
Tabel 4.28 Segmen Tubuh Grup B	71
Tabel 4.29 Hasil Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan Alat <i>Automatic Handlift</i>	80
Tabel 4.30 Hasil Perhitungan RWL Pengangkatan Secara Manual	80
Tabel 4.31 Hasil Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan Alat <i>Manual Handlift</i>	81
Tabel 4.32 Perhitungan <i>Stopwatch</i> Kabinet <i>Side Arm</i> (Manual)	82
Tabel 4.33 Perhitungan <i>stopwatch</i> Kabinet <i>Side Arm</i> (<i>Automatic Handlift</i>).....	82
Tabel 4.34 Perhitungan <i>stopwatch</i> Kabinet <i>Treble</i> B1/B2 (Manual)	83
Tabel 4.35 Perhitungan <i>stopwatch</i> Kabinet <i>Treble</i> B3 (Manual)	83
Tabel 4.36 Perhitungan <i>stopwatch</i> Kabinet <i>Treble</i> B1/B2 (<i>Manual Handlift</i>).....	83
Tabel 4.37 Perhitungan <i>stopwatch</i> Kabinet <i>Treble</i> B3 (<i>Manual Handlift</i>).....	84
Tabel 4.38 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin <i>Double Sizer</i> Bulan September	86
Tabel 4.39 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin <i>Double Sizer</i> Bulan Oktober	86
Tabel 4.40 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin <i>Ban Saw</i> Bulan September.....	87
Tabel 4.41 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin <i>Ban Saw</i> Bulan Oktober.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kuisisioner <i>Nordic Body Map</i>	16
Gambar 2.2 Skema Penilaian REBA	17
Gambar 2.3 Pergerakan Tubuh Bagian Leher	18
Gambar 2.4 Pergerakan Tubuh Bagian Punggung.....	18
Gambar 2.5 Pergerakan Tubuh Bagian Kaki	19
Gambar 2.6 Pergerakan Tubuh Bagian Leher	20
Gambar 2.7 Pergerakan Tubuh Bagian Lengan Bawah.....	20
Gambar 2.8 Pergerakan Tubuh Bagian Pergelangan Tangan	21
Gambar 2.9 Diagram Penentuan Jenis <i>Coupling</i> MPL	23
Gambar 2.10 Persentase Beban Segmen Tubuh	25
Gambar 2.11 Mekanis Momen Gaya Telapak Tangan	25
Gambar 2.12 Gambaran Mekanis Momen Gaya Lengan Bawah	26
Gambar 2.13 Gambaran Mekanis Momen Gaya Lengan Atas	27
Gambar 2.14 Gambaran Mekanis Momen Gaya Punggung	27
Gambar 2.15 Diagram Penentuan Jenis <i>Coupling</i> RWL	31
Gambar 2.16 Variabel Pengangkatan Metode RWL	32
Gambar 3.1 <i>Automatic Handlift</i>	36
Gambar 3.2 <i>Manual Handlift</i>	36
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian (lanjutan).....	38
Gambar 4.1 Hasil NBM Operator Mesin <i>Double Sizer</i> (Manual)	45
Gambar 4.2 Hasil NBM Operator Mesin <i>Double Sizer</i> (<i>Automatic Handlift</i>).....	46
Gambar 4.3 Hasil NBM Operator Mesin <i>Ban Saw</i> (Manual).....	46
Gambar 4.4 Hasil NBM Operator Mesin <i>Ban Saw</i> (<i>Manual Handlift</i>)	47
Gambar 4.5 Postur Pengangkatan Manual Operator <i>Double Sizer</i>	48
Gambar 4.6 Postur Pengangkatan Menggunakan <i>Automatic Handlift</i> Operator <i>Double Sizer</i>	49
Gambar 4.7 Postur Pengangkatan Manual Operator <i>Ban Saw</i>	50
Gambar 4.8 Postur Pengangkatan Menggunakan <i>Manual Handlift</i> Operator <i>Ban Saw</i> ..	51
Gambar 4.9 Pengangkatan Manual Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	52
Gambar 4.10 Pengangkatan Menggunakan <i>Automatic Handlift</i> Operator Mesin <i>Double Sizer</i>	53
Gambar 4.11 Pengangkatan Manual Operator Mesin <i>Ban Saw</i>	54
Gambar 4.12 Pengangkatan Menggunakan <i>Manual Handlift</i> Operator Mesin <i>Ban Saw</i> ..	55
Gambar 4.13 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Manual	60
Gambar 4.14 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Menggunakan <i>Automatic</i> <i>Handlift</i>	60
Gambar 4.15 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Manual	61
Gambar 4.16 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Menggunakan <i>Manual Handlift</i> ..	61
Gambar 4.17 Contoh Pergerakan Segmen Leher.....	63
Gambar 4.18 Identifikasi Postur Grup A	64
Gambar 4.19 Identifikasi Beban Operator	64

Gambar 4.20 Identifikasi Postur Grup B	65
Gambar 4.21 Identifikasi <i>Coupling</i> (Genggaman)	65
Gambar 4.22 Identifikasi <i>Activity Score</i>	66
Gambar 4.23 Skor Akhir REBA Operator <i>Double Sizer</i> (Manual)	66
Gambar 4.24 Skor Akhir REBA Operator <i>Double Sizer</i> (<i>Automatic Handlift</i>).....	68
Gambar 4.25 Skor Akhir REBA Operator <i>Ban Saw</i> (Manual).....	70
Gambar 4.26 Skor Akhir REBA Operator <i>Ban Saw</i> (<i>Manual Handlift</i>)	72
Gambar 5.1 Grafik Hasil <i>Nordic Body Map</i>	102
Gambar 5.2 Grafik Skor REBA	102
Gambar 5.3 Grafik Nilai <i>Force Compression</i> (Fc).....	103
Gambar 5.4 Grafik Nilai LI (<i>Lifting Index</i>)	103
Gambar 5.5 Grafik <i>Standard Time</i>	104
Gambar 5.6 Grafik Produktivitas.....	104

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Industri manufaktur merupakan salah satu sektor penyumbang terbesar perekonomian Indonesia. Dalam kurun waktu tahun 2012 hingga tahun 2015 terjadi peningkatan kontribusi sektor industri manufaktur dari 17,99% menjadi 18,18% bagi PDB (Kementrian Perindustrian Republik Indonesia, 2016). Kemajuan industri manufaktur tidak terlepas dari kemajuan teknologi yang sangat menopang keberlangsungan industri manufaktur dan telah membawa perubahan besar bagi industri manufaktur dengan adanya alat-alat dan mesin yang sangat membantu dalam menjalankan proses produksi dan mampu menggantikan tenaga manusia. Namun dengan kondisi perusahaan yang berbeda-beda tidak memungkinkan semua perusahaan yang bergerak dalam industri manufaktur menerapkan teknologi yang ada sehingga tenaga manusia masih sangat diperlukan. Hal ini dapat dilihat dari jumlah tenaga kerja untuk sektor industri yang terus mengalami peningkatan dalam empat tahun terakhir. Hingga Agustus 2016, jumlah pekerja di sektor tersebut mencapai 15.540.234 orang (Pratomo, 2017). Dalam indsutri manufaktur tenaga kerja manusia masih sangat dibutuhkan pada rantai produksi untuk menjamin kelancaran proses dengan melakukan pemindahan barang (*handling*) dari suatu mesin ke mesin yang lain atau dari suatu stasiun kerja ke stasiun kerja yang lain.

PT. Yamaha Indonesia adalah salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi alat musik piano. PT. Yamaha Indonesia sendiri merupakan salah satu bagian dari *Yamaha Cooperation Japan*, perusahaan multinasional Jepang yang

bergerak di industri alat musik dan otomotif. Secara umum ada dua jenis piano yang dihasilkan oleh PT. Yamaha Indonesia yaitu *Upright Piano* (UP) dan *Grand Piano* (GP). Proses produksi piano di PT. Yamaha Indonesia dibagi kedalam tiga departemen yaitu *Wood Working*, *Assembly* dan *Painting*. Departemen *Wood Working* merupakan tempat tahap awal pembuatan piano dimana material yang masih berupa kayu diproses menjadi beberapa bagian kabinet (*part*) dari sebuah produk piano. Beberapa kabinet dari produk piano merupakan kayu yang sebagian besar berbentuk papan dengan ukuran yang cukup besar dan berat sehingga dalam prosesnya diperlukan *handling* yang cukup banyak. Proses *handling* yang dilakukan pun masih banyak yang dilakukan secara manual sehingga perlu adanya alat bantu untuk memudahkan proses *handling* kabinet pada departemen *wood working*. Pada PT. Yamaha Indonesia aktivitas *manual material handling* yang sering dilakukan oleh pekerja adalah proses pengangkatan. Proses pengangkatan ini dilakukan agar kabinet-kabinet yang ada pada tumpukan bisa diproses pada mesin-mesin yang ada.

Dengan masih banyaknya aktivitas *manual material handling* yang dilakukan maka akan berdampak kepada pekerja secara fisik. Oleh karena itu, dalam hal ini bidang ergonomi muncul sebagai jalan untuk mengakomodasi keterbatasan fisik manusia dalam melakukan pekerjaannya. Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang artinya kerja dan *nomos* yang artinya hukum alam, sehingga ergonomi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan elemen-elemen dalam suatu sistem kerja yang mengaplikasikan teori, prinsip, data dan metode untuk merancang suatu sistem yang optimal berdasarkan sisi kinerja dan individu manusia (Nurmianto, 1996).

Dalam kajian ergonomi proses penanganan material secara manual disebut dengan *manual material handling* (MMH). Secara spesifik *manual material handling* (MMH) adalah pergerakan atau penanganan benda dengan cara mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, membawa, memegang, atau menahan. MMH merupakan penyebab paling umum dari kelelahan kerja, cedera pinggang dan cedera tulang belakang (*Canadian Center of Occupational Health and Safety*, 2016). Di Amerika Serikat telah teridentifikasi beberapa kasus tentang cedera pada punggung sebanyak 20% dan keluhan atau ketegangan otot pada daerah punggung sebanyak 80% yang

dialami para pekerja dari sejumlah sektor industri dengan sebagian banyak kasus terjadi pada industri manufaktur. Beberapa penyebabnya adalah aktivitas penanganan material yang dilakukan secara manual seperti mengangkat material, mendorong dan menarik, kelebihan beban dengan berat beban yang berubah-ubah dan pergerakan tubuh yang tiba-tiba. Dari beberapa penyebab tersebut, aktivitas pengangkatan merupakan penyebab utama dari sebagian besar kasus tentang cedera dan keluhan pada punggung bagian belakang/*low back pain* (Klein et al., 1984).

Aktivitas *manual material handling* mempunyai efek yang cukup signifikan bagi segi fisik manusia yaitu dapat menyebabkan terjadinya penyakit akibat kerja yang disebut CTD (*Commulative Trauma Disorders*), yaitu cedera pada sistem kerangka otot yang semakin bertambah secara kumulatif yang merupakan akibat dari trauma kecil yang terus menerus pada sendi yang disebabkan oleh desain buruk dari sistem atau alat kerja yang membutuhkan gerakan tubuh dalam posisi yang tidak normal dalam waktu yang berulang-ulang (F. Tayyari & J. L. Smith, 1997). Dengan adanya dampak fisik yang diakibatkan oleh aktivitas *manual material handling*, maka pekerja yang banyak melakukan aktivitas tersebut dihadapkan pada resiko bahaya yang cukup serius.

PT. Yamaha Indonesia yang merupakan salah satu perusahaan multinasional yang bergerak dalam industri manufaktur tentunya harus menciptakan suatu kondisi kerja yang aman, nyaman dan optimal bagi semua karyawannya sehingga semua karyawan terhindar dari bahaya yang berasal dari pekerjaan, khususnya pekerjaan yang melibatkan aktivitas *manual material handling*. Maka untuk menerapkan suatu sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) dengan baik perlu dilakukan suatu identifikasi resiko, penilaian resiko dan pengendalian resiko sebagai salah satu langkah awal dalam penerapan SMK3 (PER.05/MEN/1996). Pada penelitian ini resiko yang dimaksud adalah resiko yang ditimbulkan dari aktivitas *manual material handling* operator, khususnya pada aktivitas pengangkatan karena aktivitas pengangkatan terbukti menjadi salah satu penyebab tingginya cedera yang ditimbulkan dari aktivitas *manual material handling* (Stambolian et al., 2016).

Dalam hal ini bidang ilmu ergonomi dapat dijadikan landasan untuk melakukan identifikasi, penilaian dan pengendalian resiko yang ditimbulkan dari suatu pekerjaan.

Untuk kasus *manual material handling* beberapa kajian ergonomi yang dapat digunakan dalam tahap identifikasi dan penilaian resiko adalah identifikasi keluhan muskuloskeletal, postur kerja dan biomekanika kerja. Sedangkan pengendalian resiko dapat dilakukan dengan perbaikan-perbaikan berdasarkan evaluasi ergonomi yang telah dilakukan. Adapun perbaikan yang telah dilakukan oleh PT. Yamaha Indonesia untuk meminimalisir resiko yang ditimbulkan oleh aktivitas *manual material handling* adalah dengan menyediakan alat bantu pengangkatan berupa *automatic handlift* dan *manual handlift*.

Namun adanya intervensi ergonomi untuk meminimalisir bahaya yang telah ditimbulkan oleh pekerjaan terkadang menimbulkan kontradiksi pada aspek produktivitas. Tingginya pencapaian produktivitas tentunya membutuhkan kinerja pekerja yang lebih tinggi, jika dikaitkan dengan pekerjaan yang berkaitan aktivitas *manual material handling* tentunya ini akan meningkatkan resiko bahaya yang ditimbulkan aktivitas *manual material handling*. Oleh karena itu intervensi ergonomi yang baik adalah yang mampu mencapai dua tujuan tersebut yaitu mengurangi resiko dan mampu meningkatkan produktivitas kerja (Resnick & Zanotti, 1997).

Produktivitas adalah perbandingan antara output dan input. Produktivitas kerja dapat dilihat dari dua aspek yaitu efektifitas dan efisiensi kerja (Sedarmayanti, 2001). Dalam hal ini efektifitas dan efisiensi kerja dari suatu aktivitas *manual material handling* tercapai apabila aktivitas tersebut mampu menghasilkan *output* yang optimal tanpa adanya bahaya yang ditimbulkan dengan memanfaatkan sumber daya seminimal mungkin. Sumber daya yang bisa dijadikan acuan adalah waktu kerja standar (*standard time*) yang tentunya sangat berpengaruh pada produktivitas kerja. Sehingga pada penelitian ini dilakukan juga analisis *time study* pada saat aktivitas pengangkatan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan adanya analisis pada aktivitas *manual material handling* berdasarkan aspek ergonomi dan bagaimana kaitannya dengan produktivitas kerja. Kuisioner *Nordic Body Map* merupakan suatu kuisioner yang digunakan untuk mengetahui keluhan seseorang ketika melakukan aktivitas fisik. Melalui kuisioner ini dapat diketahui keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja ketika melakukan aktivitas pengangkatan. Selanjutnya analisis postur digunakan sebagai

salah satu metode untuk menganalisis aktivitas pengangkatan operator di PT. Yamaha Indonesia menggunakan metode REBA. Metode REBA merupakan salah satu metode penilaian postur yang cukup sensitif bagi penilaian berbagai jenis pekerjaan sehingga mampu memberikan hasil berupa gambaran resiko cedera berdasarkan postur kerja yang dilakukan sehingga mampu dijadikan acuan untuk melakukan perbaikan (Hignett & McAtamney, 2000). Penggunaan metode REBA ini juga sesuai dengan kondisi aktivitas pengangkatan yang dilakukan secara berdiri karena metode REBA menganalisis keseluruhan postur tubuh. Selain menggunakan analisa postur digunakan juga metode MPL (*Maximum Permissible Limit*) dan RWL (*Recommended Weight Limit*). Metode MPL merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengetahui gaya tekan yang dialami oleh pekerja ketika melakukan aktivitas pengangkatan. Prinsip utama dari metode MPL ini adalah dengan menghitung nilai gaya tekan (*Force Compression*) pada bagian L5/S1 berdasarkan prinsip biomekanika. Namun dalam metode MPL tidak memperhatikan frekuensi pengangkatan serta kondisi stasiun kerja dalam aktivitas pengangkatan sehingga digunakan juga metode RWL. Metode RWL merupakan suatu metode analisis aktivitas pengangkatan yang dikeluarkan oleh NIOSH. Dengan menggunakan metode RWL maka dapat diketahui batas beban maksimal pengangkatan yang boleh dilakukan berdasarkan kondisi pengangkatan. Selain itu didapatkan pula nilai LI (*Lifting Index*) sebagai acuan baik tidaknya aktivitas pengangkatan tersebut.

Selanjutnya untuk melihat produktivitas kerja dilakukan analisis *time study* yaitu pengukuran *stopwatch* pada aktivitas *manual material handling* yang dilakukan oleh operator. Analisis *time study* dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan waktu pengangkatan pada saat aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu (*manual handlift* dan *automatic handlift*). Dari perbedaan waktu tersebut dapat dijadikan acuan untuk melihat produktivitas operator dalam melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan aktivitas pengangkatan karena waktu merupakan salah satu input utama dalam pengukuran produktivitas kerja.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Bagaimana keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja ketika melakukan aktivitas pengangkatan?
- b. Bagaimanakah resiko yang dialami operator ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu berdasarkan hasil metode REBA?
- c. Bagaimanakah resiko yang dialami operator ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu berdasarkan hasil metode MPL?
- d. Bagaimanakah resiko yang dialami operator ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu berdasarkan hasil metode RWL?
- e. Alat manakah yang lebih baik digunakan jika dilihat dari perubahan produktivitas dan waktu proses dari operator?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus, maka dibuat batasan masalah dari penelitian ini yaitu :

- a. Penelitian dilakukan di PT. Yamaha Indonesia pada departemen *wood working*.
- b. Objek penelitian adalah pekerja yang melakukan aktivitas pengangkatan menggunakan alat angkat manual dan otomatis.
- c. Jenis kelamin dari pekerja yang diteliti tidak menjadi variabel dalam penelitian ini.
- d. Dalam penelitian ini tidak membahas aspek ekonomi dari penggunaan alat angkat manual dan otomatis.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini berdasarkan masalah yang ada yaitu :

- a. Mengetahui keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja ketika melakukan aktivitas pengangkatan.
- b. Mengetahui resiko yang dialami pekerja ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu berdasarkan analisis postur metode REBA.
- c. Mengetahui resiko yang dialami pekerja ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu berdasarkan analisis metode MPL.
- d. Mengetahui resiko yang dialami pekerja ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu berdasarkan analisis metode RWL.
- e. Mengetahui tingkat produktivitas dan perubahan waktu proses kerja ketika melakukan proses pengangkatan secara manual dan menggunakan alat bantu pengangkatan.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

- a. Bagi pekerja, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa pengetahuan mengenai ergonomi kerja khususnya dalam bahasan aktivitas pengangkatan manual sehingga dalam melakukan pekerjaannya pekerja dapat lebih menerapkan prinsip ergonomi sehingga tercipta kondisi kerja yang optimal, aman dan nyaman.
- b. Bagi PT. Yamaha Indonesia, penelitian diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan untuk menilai penggunaan alat bantu dalam proses pengangkatan yang dilakukan pekerja sehingga dapat ditentukan mana alat yang lebih tepat digunakan oleh pekerja. Selain itu penelitian ini diharapkan dapat

menjadi pemacu bagi perusahaan lain untuk lebih memperhatikan pengembangan dari segi ergonomi dan keselamatan kerja.

- c. Bagi mahasiswa, penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan keilmuan teknik industri khususnya bidang ilmu ergonomi.

1.6. Sistematika Penelitian

Penelitian tugas akhir ini disusun kedalam enam bab dan dibahas lebih terperinci dalam beberapa sub bab. Adapun detail sistematika penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian. Masalah utama yang diangkat adalah aktivitas *manual material handling* khususnya aktivitas pengangkatan material pada departemen *wood working* PT. Yamaha Indonesia.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi beberapa teori yang mendasari penelitian ini seperti *manual material handling*, *Nordic Body Map*, postur kerja, *Maximum Permissible Limit*, *Recommended Weight Limit*, *time study*, produktivitas dan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik-topik tersebut.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi objek penelitian, jenis data, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, diagram alir penelitian beserta penejelasannya yang menguraikan tahap-tahap yang dilakukan dalam penelitian ini. Metode yang digunakan adalah kusioner *Nordic Body Map* untuk mengetahui keluhan yang dialami operator, metode REBA untuk mengevaluasi postur kerja operator, perhitungan MPL untuk mengetahui nilai gaya tekan yang dialami operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan dan perhitungan RWL untuk mengetahui index pengangkatan dan beban maksimal yang diperbolehkan. Selanjutnya dilakukan pula analisis *time study* menggunakan perhitungan *stopwatch* untuk mengetahui perbedaan waktu proses yang melibatkan aktivitas pengangkatan manual dan menggunakan alat

bantu (*automatic handlift* dan *manual handlift*) yang nantinya berpengaruh pada pengukuran produktivitas operator.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi penyajian data-data yang telah dikumpulkan dan pengolahann data yang dilakukan dengan metode yang telah ditentukan untuk mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Data yang digunakan diantaranya video proses pengangkatan yang nantinya diolah untuk perhitungan MPL dan perhitungan postur kerja menggunakan metode REBA. Selain itu digunakan pula data mengenai stasiun kerja seperti nilai jarak vertikal, jarak horizontal dan sudut asimetri yang nantinya digunakan untuk perhitungan metode RWL. Sementara data subjektif keluhan dari operator digunakan dalam mengisi kuisisioner *Nordic Body Map*.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini berisi Analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan kuisisioner *Nordic Body Map*, perhitungan REBA, perhitungan MPL dan perhitungan RWL sehingga menghasilkan interpretasi dari hasil pengolahan data yang dapat dijadikan sebagai jawaban dari rumusan masalah.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil yang diperoleh dari seluruh tahap penelitian dan saran bagi beberapa pihak berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1. Kajian Induktif

Dalam suatu proses produksi aktivitas penanganan material (*handling*) masih banyak dilakukan karena keterbatasan atau kondisi perusahaan untuk menginstalasi peralatan atau mesin yang dapat menggantikan tenaga manusia dalam proses *handling*. Aktivitas *handling* yang dilakukan secara manual disebut dengan *manual material handling* atau MMH. Secara spesifik *manual material handling* merupakan suatu ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pengepakan (*packaging*), penyimpanan (*storing*), dan pengawasan (*controlling*) dari material dengan segala bentuknya (Wignjosoebroto, 2003). Khususnya untuk pekerjaan pemindahan manual yang terdiri dari aktivitas mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik dan membawa merupakan sumber utama keluhan karyawan di industri (Ayoub & Dempsey, 1999). Dari beberapa jenis proses pemindahan tersebut aktivitas pengangkatan merupakan salah satu penyebab tingginya cedera yang ditimbulkan oleh aktivitas *manual material handling* (Stambolian et al., 2016).

Dengan adanya dampak yang ditimbulkan oleh *manual material handling* maka diperlukan suatu analisis untuk mengetahui resiko yang ditimbulkan dari aktivitas tersebut. Tahap awal untuk mengetahui resiko yang ditimbulkan dari suatu aktivitas *manual material handling* adalah dengan mengidentifikasi keluhan fisik dari pekerja ketika melakukan aktivitas *manual material handling*. Salah satu *tool* yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya keluhan yang dialami pekerja ketika melakukan aktivitas *manual material handling* adalah *Nordic Body Map* (NBM). *Nordic Body Map*

(NBM) adalah alat identifikasi subjektif berupa suatu kuisioner yang digunakan untuk mengidentifikasi rasa tidak nyaman atau keluhan dari anggota tubuh yang dirasakan ketika melakukan aktivitas kerja (Kroemer et al., 2001). Enggaela, et al. (2015) dalam penelitiannya menggunakan *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengetahui keluhan pada bagian otot pekerja pengangkutan gula dengan berbagai tingkatan yang berbeda. Hasilnya menunjukkan bahwa bagian tubuh bagian kaki kiri dan kanan serta tangan kiri dan kanan mengalami tingkat keluhan pada kategori sakit. Sedangkan bagian tubuh leher bagian atas mengalami keluhan pada kategori agak sakit. Dan bagian tubuh pantat mengalami keluhan pada kategori tidak sakit.

Secara khusus dampak dari *manual material handling* berdampak pada gangguan seperti sakit dan nyeri pada sistem otot (muskuloskeletal) seperti tendon, pembuluh darah, sendi, tulang, syaraf dan lainnya yang disebabkan oleh aktivitas kerja. Gangguan tersebut kemudian akan bertambah secara komulatif seiring dengan terus dilakukannya aktivitas *manual material handling* yang kemudian gangguan tersebut dinamakan *Comulative Trauma Disorders* (CTD) (F. Tayyari dan J. L. Smith, 1997). Tayyari dan Smith (1997) menjelaskan bahwa ada empat faktor yang dapat menimbulkan terjadinya CTD yaitu penggunaan gaya yang berlebihan, postur tubuh yang tidak normal pada saat melakukan pekerjaan, gerakan yang dilakukan secara berulang-ulang dan kurangnya istirahat.

Postur kerja dapat didefinisikan sebagai orientasi bagian tubuh di area kerja ketika seorang pekerja melakukan pekerjaan (Delleman et al., 2004). Postur kerja ditentukan oleh karakteristik pekerja, desain *workstation* dan proses. Zein, et al. (2015) menjelaskan bahwa berdasarkan survey penelitian yang telah dilakukan, bekerja dengan postur yang tidak natural dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada sistem muskuloskeletal dan hal ini banyak terjadi pada pekerja di bagian produksi. Penelitian lain dilakukan oleh Sutari, et al. (2015) menggunakan metode RULA dan *Nordic Body Map* (NBM) untuk mengetahui hubungan postur kerja yang dilakukan oleh pekerja batik cap terhadap gangguan pada sistem muskuloskeletal. Hasil penelitian menunjukkan skor RULA postur kerja yang dilakukan memerlukan perubahan dan investigasi lebih lanjut karena masih terdapat keluhan muskuloskeletal yang dirasakan oleh pekerja pada beberapa bagian tubuh dengan tingkat keluhan yang tinggi. Hal

tersebut menunjukkan bahwa postur kerja menjadi salah satu indikator terjadinya keluhan atau cedera muskuloskeletal yang diakibatkan oleh aktivitas kerja.

Dalam suatu analisis postur kerja sering dijumpai hasil yang menunjukkan bahwa diperlukan investigasi lebih lanjut untuk mengetahui penyebab suatu postur kerja yang tidak baik. Langkah investigasi lanjutan yang dapat dilakukan adalah melalui pendekatan biomekanika yang berfokus pada penggunaan gaya oleh pekerja ketika melakukan pekerjaan bersifat fisik. Biomekanika merupakan ilmu yang menghubungkan prinsip-prinsip fisika ke dalam tubuh manusia untuk menentukan tekanan mekanis yang diakibatkan suatu aktivitas fisik dan jumlah gaya pada otot diperlukan untuk menerima tekanan tersebut (Randall & Jeter, 1997). Penelitian yang berkaitan dengan biomekanika dilakukan Ray, et al. (2015) meneliti tentang aktivitas *manual material handling* para pekerja area konstruksi. Aktivitas yang diteliti adalah aktivitas membawa dan mengangkat material-material konstruksi. Pendekatan biomekanika secara statis dan dinamis dilakukan untuk mengetahui gaya tekan (*Force Compression*) pada bagian L5/S1. Hasil penelitian menunjukkan besarnya gaya tekan (*Force Compression*) melebihi batas (3400 N) sehingga diperlukan perbaikan pada aktivitas kerja sehingga dapat meminimalkan resiko cedera. Penelitian lain oleh Rahmawati (2014) membahas tentang perbaikan postur kerja saat melakukan aktivitas *manual material handling* pengangkatan yang dilakukan pekerja melalui pendekatan biomekanika. Pendekatan biomekanika menggunakan MPL (*Maximum Permissible Limit*) lalu ditambahkan metode metode RWL (*Recommended Weight Limit*) dilakukan untuk menganalisis proses pengangkatan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi pengangkatan awal berdasarkan metode MPL dan RWL adalah memiliki resiko cedera bagi pekerja. Setelah didapatkan hasil awal lalu dilakukan perbaikan postur dan penggunaan alat angkat untuk menekan resiko yang dihasilkan dari proses pengangkatan. Dari perbaikan tersebut menghasilkan kondisi yang lebih baik sehingga menurunkan resiko cedera yang terjadi.

Berdasarkan literatur yang telah dibahas sebelumnya bahwa kondisi aktivitas *manual material handling* yang menimbulkan resiko tentunya memerlukan perbaikan dari segi ergonomi untuk meminimalisir resiko yang ditimbulkan aktivitas tersebut dan menciptakan suatu kondisi kerja yang aman dan nyaman. Namun adanya intervensi

ergonomi untuk meminimalisir bahaya yang telah ditimbulkan oleh pekerjaan terkadang menimbulkan kontradiksi pada aspek produktivitas. Oleh karena itu intervensi ergonomi yang baik adalah yang mampu mencapai dua tujuan tersebut yaitu mengurangi resiko dan mampu meningkatkan produktivitas kerja (Resnick & Zanotti, 1997). Penelitian yang dilakukan oleh Workineh dan Yamaura (2016) meneliti tentang sebuah rancangan stasiun kerja komputer dengan mempertimbangkan aspek ergonomi. Dengan mengusulkan sebuah rancangan stasiun kerja komputer yang ergonomis ternyata mampu memberikan kenyamanan bagi pengguna sehingga pengguna dapat bekerja dalam waktu yang lebih lama sehingga meningkatkan produktivitas.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan maka diperlukan suatu analisis pada aktivitas *manual material handling* khususnya pada aktivitas pengangkatan. Namun masih sedikit penelitian yang menganalisis terkait perbaikan aspek ergonomi pada aktivitas *manual material handling* serta pengaruhnya terhadap produktivitas kerja. Adapun salah satu penelitian mengenai hal tersebut dilakukan oleh Workineh dan Yamaura (2016) namun penelitian tersebut berfokus pada pekerjaan yang menggunakan komputer dengan posisi duduk. Perbandingan penelitian yang akan dilakukan dengan literatur yang sudah dibahas sebelumnya dapat dilihat pada tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Objek Penelitian	Metode
Rahmawati, M (2014)	Aktivitas Pengangkatan Pekerja Gudang PT. Salavi Dwy Sejahtera	RWL (<i>Recommended Weight Limit</i>) dan MPL (<i>Maximum Permissible Limit</i>)
Stambolian, et al. (2016)	Aktivitas Pengangkatan Box	<i>Experimental Laboratory</i> (EMG)
Pradip Kumar Ray, et al. (2015)	Aktivitas <i>Manual Material Handling</i> Pekerja Konstruksi di India	Biomekanika (<i>Force Compression</i>)
Dyah Intani Enggaela, et al. (2015)	Postur Kerja Pengangkutan Gula	<i>Ovako Work Posture Analysis System</i> (OWAS), <i>Nordic Body Map</i> (NBM)
Raemy Md. Zein, et al. (2015)	Postur Kerja Pekerja Industri Malaysia	Survey Kuisioner
Sutari, et al. (2015)	Postur Kerja Pekerja Batik	RULA, <i>Nordic Body Map</i> (NBM)

Nama Peneliti	Objek Penelitian	Metode
Workineh, S. A. & Yamaura, H (2015)	Postur Kerja Stasiun Kerja Komputer	Kuisiener Real Time User Comfort (RTUC), <i>Repetitive Strain Index</i> (RSI)
Peneliti	Aktivitas <i>Manual Material Handling</i> Pekerja di Departemen <i>Wood Working</i> PT. Yamaha Indonesia	<i>Nordic Body Questionnaire</i> , REBA, Biomekanika (MPL) dan Stopwatch

2.2. Kajian Deduktif

2.2.1. *Manual Material Handling*

Manual Material Handling (MMH) adalah pergerakan atau penanganan benda dengan cara mengangkat, menurunkan, mendorong, menarik, membawa, memegang, atau menahan. MMH juga merupakan penyebab paling umum dari kelelahan kerja, cedera pinggang dan cedera tulang belakang (*Canadian Center of Occupational Health and Safety*, 2016).

Aktivitas manual material handling dapat menyebabkan dampak yang cukup serius. Beberapa hal yang membuat *manual material handling* berbahaya adalah pekerjaan, beban, lingkungan dan individu (*European Agency for Safety and Health at Work*, 2007).

a. Pekerjaan

Resiko dari aktivitas manual material handling meningkat apabila pekerjaan yang melibatkan aktivitas manual material handling dilakukan dalam frekuensi yang tinggi dan melibatkan postur yang tidak natural.

b. Beban

Resiko dari aktivitas *manual material handling* meningkat apabila beban terlalu berat, terlalu besar, sulit digenggam, tidak stabil dan sulit untuk dijangkau.

c. Lingkungan

Aspek lingkungan yang dapat mempengaruhi aktivitas *manual material handling* adalah ketersediaan ruangan, permukaan lantai, iklim dan pencahayaan.

d. Individu

Sedangkan faktor individu yang mempengaruhi *manual material handling* antara lain adalah pengalaman dalam aktivitas *manual material handling*, usia, gaya hidup, riwayat kesehatan, dimensi fisik, dan kesadaran menggunakan APD.

2.2.2. Nordic Body Map

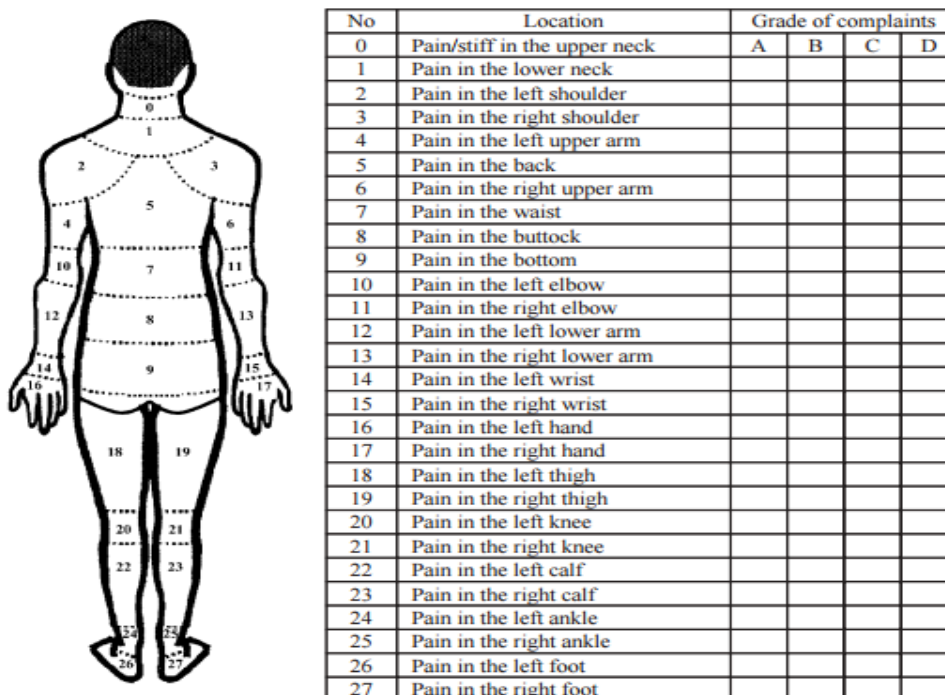
Nordic Body Map adalah alat identifikasi subjektif berupa suatu kuisioner yang digunakan untuk mengidentifikasi rasa tidak nyaman atau keluhan dari anggota tubuh yang dirasakan ketika melakukan aktivitas kerja. Untuk menekan bias yang terjadi, sebaiknya pengisian *Nordic Body Map* dilakukan sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan (Sukania et al., 2013). Melalui pendekatan secara subjektif, adanya keluhan muskuloskeletal dapat diukur dan dianalisis dengan baik. Penggunaan penilaian secara subjektif ini telah mencakup beberapa fenomena yang terjadi dalam psikologis, biomekanis dan pengukuran teknik, serta menjadi cara paling mudah untuk dinilai dan diinterpretasikan (Kroemer et al., 2001).

Pengisian *Nordic Body Map* didasarkan pada 28 titik bagian tubuh dengan menilainya berdasarkan tingkat keluhan yang terbagi menjadi 4 tingkat keluhan (Tirtayasa et al., 2003). Beberapa tingkat keluhan dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Tingkat Keluhan *Nordic Body Map*

Tingkat	Keterangan	Nilai
A	Tidak sakit	1
B	Cukup sakit	2
C	Sakit	3
D	Sangat sakit	4

Untuk gambar bagian tubuh yang diamati pada *Nordic Body Map* dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.

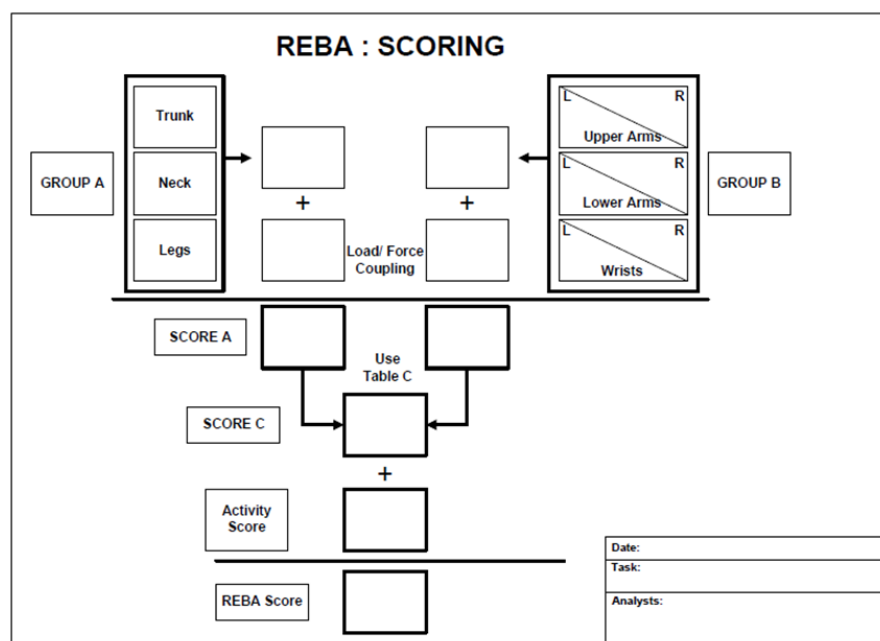


Gambar 2.1 Kuisioner *Nordic Body Map*
Sumber : Tirtayasa, 2003

2.2.3. Postur Kerja

Postur kerja memiliki peranan penting dalam aktivitas *Manual Material Handling* yang dilakukan oleh manusia. Dengan postur kerja yang baik, aktivitas *Manual Material Handling* yang dilakukan akan lebih aman, lebih efektif, dan lebih efisien sehingga memberikan rasa nyaman pada saat melakukan aktivitas *Manual Material Handling* tersebut. Namun sebaliknya apabila aktivitas *Manual Material Handling* dilakukan dengan postur kerja yang tidak baik maka akan membahayakan seseorang yang melakukannya dan menimbulkan resiko pada tubuh. Oleh karena itu diperlukan suatu Analisis untuk mengevaluasi apakah suatu aktivitas *Manual Material Handling* dilakukan dengan postur yang baik atau tidak. Analisis postur merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengukur aktivitas kerja karena resiko yang ditimbulkan oleh cedera muskuloskeletal yang berkaitan postur tubuh ketika bekerja merupakan salah satu faktor untuk mengimplementasikan perbaikan dari segi ergonomi (Hignett & McAtamney, 2000). Salah satu metode untuk menganalisis postur kerja adalah REBA (*Rapid Entire Body Assessment*).

REBA adalah suatu metode yang dikembangkan dalam bidang ergonomi untuk menginvestigasi resiko yang dihadapi oleh pekerja berdasarkan postur tubuh saat melakukan aktivitas kerja dengan mempertimbangkan beban, *coupling* (genggaman) dan perubahan postur (Hignett & McAtamney, 2000). Dalam evaluasi postur kerja menggunakan REBA, bagian tubuh dibagi menjadi dua kelompok yang diamati yaitu Grup A dan Grup B. Grup A terdiri dari bagian leher, punggung dan kaki sedangkan Grup B terdiri dari bagian lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Tahap metode REBA terdiri dari pengumpulan data video atau foto postur kerja, identifikasi gerakan dan penilaian beberapa segmen tubuh dan perhitungan skor REBA. Skema penilaian postur kerja menggunakan metode REBA dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut ini.

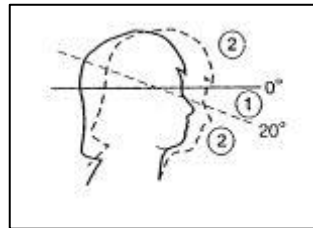


Gambar 2.2 Skema Penilaian REBA
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

Pada tahap identifikasi gerakan segmen tubuh terdapat beberapa acuan baik untuk segmen tubuh yang tergolong ke dalam Grup A atau pun Grup B. Identifikasi gerakan untuk Grup A adalah sebagai berikut :

a. Leher

Gambar 2.3 merupakan pergerakan segmen leher untuk mengidentifikasi postur kerja yang terjadi. Untuk penentuan skor gerakan leher dapat dilihat pada tabel 2.3.



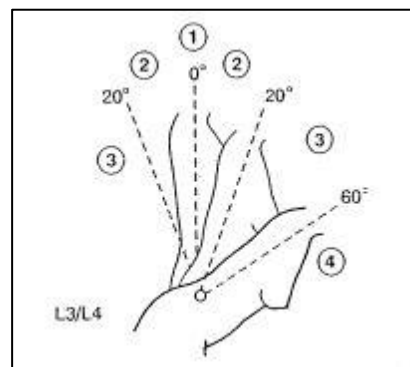
Gambar 2.3 Pergerakan Tubuh Bagian Leher
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

Tabel 2.3 Penentuan Skor Leher

Pergerakan	Score	Perubahan Score
0° - 20° flexion	1	+1 jika memutar atau miring ke samping
$>20^{\circ}$ flexion atau extension	2	

b. Punggung

Gambar 2.4 merupakan pergerakan segmen punggung untuk mengidentifikasi postur kerja yang terjadi. Untuk penentuan skor gerakan punggung dapat dilihat pada tabel 2.4.



Gambar 2.4 Pergerakan Tubuh Bagian Punggung
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

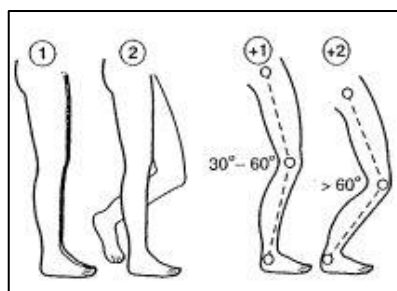
Tabel 2.4 Penentuan Skor Punggung

Pergerakan	Score	Perubahan Score
Tegak/alamiah	1	+1 jika memutar atau miring ke samping
0° - 20° flexion atau 0° - 20° extension	2	

Pergerakan	Score	Perubahan Score
20° – 60° <i>flexion</i> atau $> 20^{\circ}$ <i>extension</i>	3	
$> 60^{\circ}$ <i>flexion</i>	4	

c. Kaki

Gambar 2.5 merupakan pergerakan segmen kaki untuk mengidentifikasi postur kerja yang terjadi. Untuk penentuan skor gerakan kaki dapat dilihat pada tabel 2.5.



Gambar 2.5 Pergerakan Tubuh Bagian Kaki
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

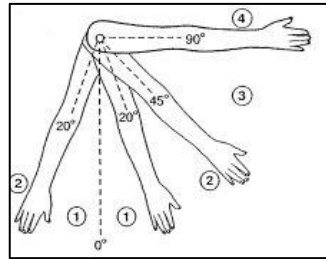
Tabel 2.5 Penentuan Skor Pergelangan Tangan

Pergerakan	Score	Perubahan Score
Kaki tertopang dan bobot tersebar merata, jalan atau duduk.	1	+1 jika lutut antara 30° dan 60° <i>flexion</i>
Kaki tidak tertopang, bobot tidak tersebar merata/postur tidak stabil	2	+2 jika lutut $>60^{\circ}$ <i>flexion</i> (tidak ketika duduk)

Sedangkan penilaian untuk skor Grup B adalah sebagai berikut :

a. Lengan Atas

Gambar 2.6 merupakan pergerakan segmen lengan atas untuk mengidentifikasi postur kerja yang terjadi. Untuk penentuan skor gerakan lengan atas dapat dilihat pada tabel 2.6.



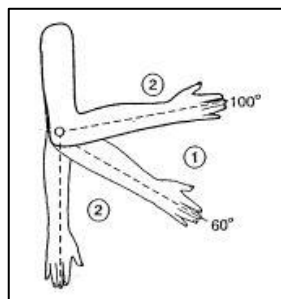
Gambar 2.6 Pergerakan Tubuh Bagian Leher
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

Tabel 2.6 Penentuan Skor Lengan Atas

Pergerakan	Score	Perubahan Score
20° extension sampai 20° flexion	1	+1 jika posisi lengan: - abducted
$>20^{\circ}$ extension atau 20° - 45° flexion	2	- rotated
$>45^{\circ}$ - 90° flexion	3	+1 jika bahu ditinggikan -1 jika bersandar, bobot
$>90^{\circ}$ flexion	4	lengan ditopang atau sesuai gravitasi

b. Lengan Bawah

Gambar 2.7 merupakan pergerakan segmen lengan bawah untuk mengidentifikasi postur kerja yang terjadi. Untuk penentuan skor gerakan lengan bawah dapat dilihat pada tabel 2.7.



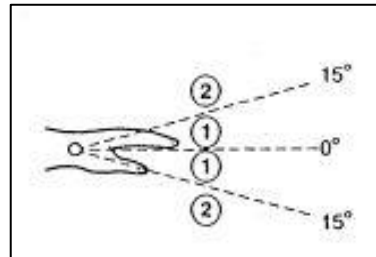
Gambar 2.7 Pergerakan Tubuh Bagian Lengan Bawah
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

Tabel 2.7 Penentuan Skor Lengan Bawah

Pergerakan	Score
60° - 100° flexion	1
$<60^{\circ}$ flexion atau $>100^{\circ}$ flexion	2

c. Pergelangan Tangan

Gambar 2.8 merupakan pergerakan segmen leher untuk mengidentifikasi postur kerja yang terjadi. Untuk penentuan skor dari gerakan leher dapat dilihat pada tabel 2.8.



Gambar 2.8 Pergerakan Tubuh Bagian Pergelangan Tangan
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

Tabel 2.8 Penentuan Skor Pergelangan Tangan

Pergerakan	Score	Perubahan Score
0° - 15° flexion / extension	1	+1 jika pergelangan tangan menyimpang atau berputar
$>15^{\circ}$ flexion / extension	2	

Setelah didapatkan skor masing-masing bagian tubuh selanjutnya penilaian skor dilakukan berdasarkan grup yang telah ditentukan yaitu grup A dan grup B yang dapat dilihat pada tabel 2.9 dan tabel 2.10.

Tabel 2.9 Penilaian Skor Grup A

		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 1	Kaki					
	1	1	2	2	3	4
	2	2	3	4	5	6
	3	3	4	5	6	7
	4	4	5	6	7	8
Leher = 2	Kaki					
	1	1	3	4	5	6
	2	2	4	5	6	7
	3	3	5	6	7	8
	4	4	6	7	8	9
Leher = 3	Kaki					
	1	3	4	5	6	7

		Punggung				
		1	2	3	4	5
Leher = 3	Kaki					
	2	3	5	6	7	8
	3	5	6	7	8	9
	4	6	7	8	9	9

Tabel 2.10 Penilaian Skor Grup B

		Lengan atas					
		1	2	3	4	5	6
Lengan bawah = 1	Pergelangan						
	1	1	1	3	4	6	7
	2	2	2	4	5	7	8
	3	3	3	5	5	8	8
Lengan bawah = 2	Pergelangan						
	1	1	2	4	5	7	8
	2	2	3	5	6	8	9
	3	3	4	5	7	8	9

Hasil skor yang diperoleh dari tabel A dan tabel B digunakan untuk melihat tabel C sehingga didapatkan skor dari tabel C seperti yang terlihat pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Tabel Skor C

		Score A											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Score B	1	1	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12
	2	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	3	1	2	3	4	4	6	7	8	9	10	11	12
	4	2	3	3	4	5	7	8	9	10	11	11	12
	5	3	4	4	5	6	8	9	10	10	11	12	12
	6	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12	12
	7	4	5	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12
	8	5	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	12
	9	6	6	7	8	9	10	10	10	11	12	12	12
	10	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	11	7	7	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12
	12	7	8	8	9	9	10	11	11	12	12	12	12

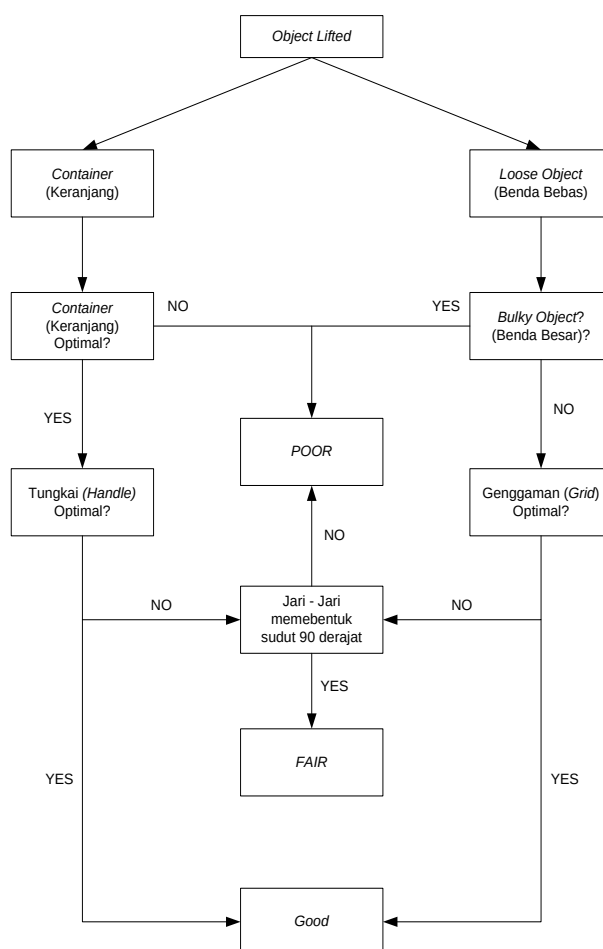
Sistem pengskoran dilanjutkan dengan menentukan nilai *coupling*, beban dan aktivitas pekerjaan (*activity score*) berdasarkan beberapa kategori dapat dilihat pada tabel 2.12 dan tabel 2.13.

Tabel 2.12 Skor berat beban yang diangkat

0	1	2	+1
< 5Kg	5 - 10 Kg	> 10 Kg	Penambahan beban yang tiba - tiba atau secara cepat

Tabel 2.13 Activity Score

Score	Deskripsi
+1	Satu atau lebih bagian tubuh statis, ditahan lebih dari 1 menit
+1	Pengulangan gerakan dalam rentang waktu singkat, diulang lebih dari 4 kali per menit (tidak termasuk berjalan)
+1	Gerakan menyebabkan perubahan atau pergeseran postur yang cepat dari postur awal



Gambar 2.9 Diagram Penentuan Jenis *Coupling* MPL

Sedangkan penentuan jenis *coupling* dapat dilihat pada gambar 2.9. Langkah terakhir dalam metode REBA yaitu interpretasi skor REBA. Interpretasi skor REBA dapat dilihat pada tabel 2.14 dibawah ini.

Tabel 2.14 Interpretasi Skor REBA

<i>Action Level</i>	<i>Skor REBA</i>	<i>Level Resiko</i>	<i>Tindakan Perbaikan</i>
0	1	Bisa diabaikan	Tidak perlu
1	2 - 3	Rendah	Mungkin perlu
2	4 - 7	Sedang	Perlu
3	8 - 10	Tinggi	Perlu segera
4	11 - 15	Sangat Tinggi	Perlu saat ini juga

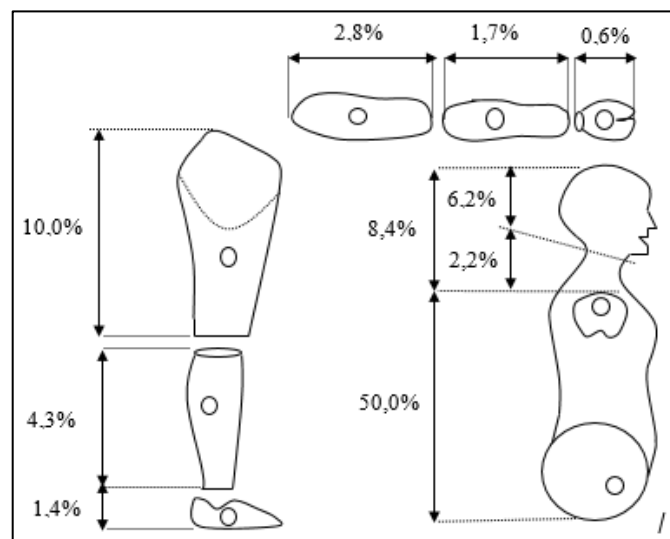
2.2.4. MPL (*Maximum Permissible Limit*)

Biomekanika menggunakan penerapan hukum fisika untuk menjelaskan fenomena biologis yang terjadi dalam tubuh manusia. Salah satu metode dalam biomekanika yang dapat dijadikan sebagai alat analisis aktivitas fisik pengangkatan adalah *Maximum Permissible Limit* (MPL) (F. Tayyari dan J. L. Smith, 1997). MPL digunakan untuk mengetahui nilai gaya tekan (*Force Compression*) di bagian L5/S1. MPL merupakan batas besarnya gaya tekan pada segmen L5/S1 dari kegiatan pengangkatan dalam satuan Newton yang distandarkan oleh NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) tahun 1981. L5/S1 merupakan singkatan dari Lumbar kelima Sakrum pertama yang terletak pada bagian tulang belakang. L5 /S1 dijadikan sebagai indikasi karena sebagian penyakit ada di L5/S1, beban yang diberikan akan memberikan reaksi pada L5/S1, dan L5/S1 merupakan daerah yang rentan yang dapat mengakibatkan kelumpuhan.

Menurut NIOSH, besar gaya tekan maksimum pada L5/S1 adalah 6400 N, sedangkan batasan gaya angkatan normal (*Action Limit*) sebesar 3400 pada L5/S1. Oleh karena itu batas pengangkatan menurut NIOSH berdasarkan nilai MPL, AL dan *Force Compression* (Fc) adalah sebagai berikut :

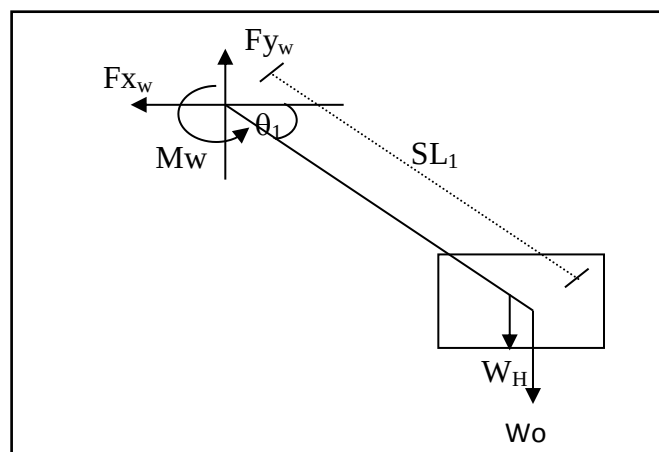
- a. $F_c < AL$: Aman
- b. $AL < F_c < MPL$: Perlu hati-hati
- c. $F_c > MPL$: Berbahaya

Dalam biomekanika perhitungan untuk mencari momen dan gaya dapat dilakukan dengan cara menghitung gaya dan momen secara parsial atau menghitung tiap segmen yang menyusun tubuh manusia. Setiap segmen tubuh memiliki presentase beban yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar 2.10. Berat dari masing-masing segmen diperoleh dari besarnya prosentase per segmen dikalikan dengan berat dari orang tersebut.



Gambar 2.10 Persentase Beban Segmen Tubuh
Sumber : Tayyari dan Smith, 1997

1. Telapak tangan



Gambar 2.11 Mekanis Momen Gaya Telapak Tangan
Sumber : Tayyari dan Smith, 1997

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow \text{tidak ada gaya horisontal.}$$

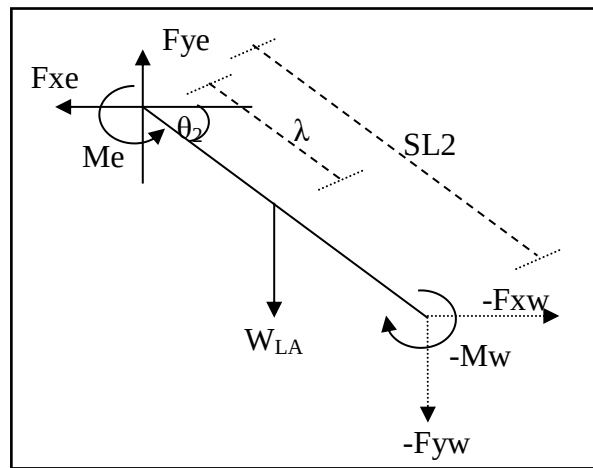
$$\Sigma M = 0$$

$$W_H = 0,6\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yw} = W_o/2 + W_H$$

$$M_w = (W_o/2 + W_H) \times SL_1 \times \cos \theta_1$$

2. Lengan Bawah



Gambar 2.12 Gambaran Mekanis Momen Gaya Lengan Bawah
Sumber : Tayyari dan Smith, 1997

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow \text{tidak ada gaya horisontal.}$$

$$\Sigma M = 0$$

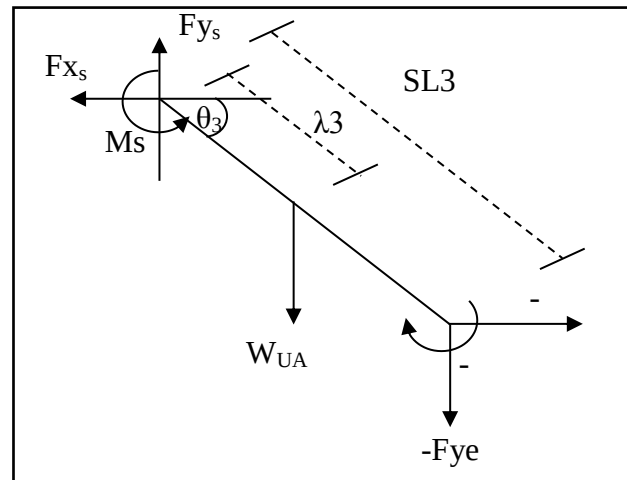
$$\lambda_2 = 43\%$$

$$W_{LA} = 1,7\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{ye} = F_{yw} + W_{LA}$$

$$M_e = M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos \theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos \theta_2)$$

3. Lengan Atas



Gambar 2.13 Gambaran Mekanis Momen Gaya Lengan Atas
Sumber : Tayyari dan Smith (1997)

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow \text{tidak ada gaya horisontal.}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\lambda_3 = 43,6\%$$

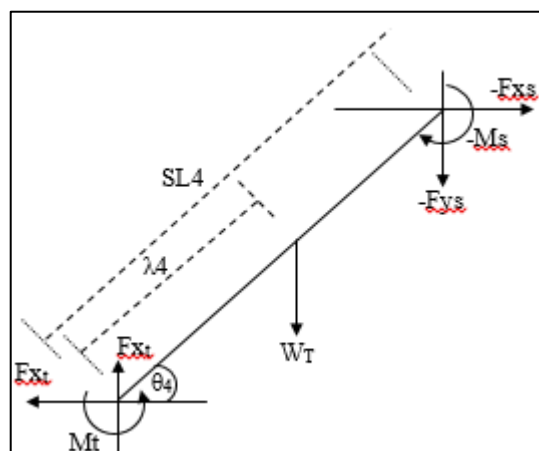
$$W_{UA} = 2,8\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{y_s} = F_{y_e} + W_{UA}$$

$$M_s = M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos \theta_3) + (F_{y_e} \times SL_3 \times \cos \theta_3)$$

NB : Gaya pada lengan atas dikalikan dua. Momen dikali dua agar benda utuh satu.

4. Punggung



Gambar 2.14 Gambaran Mekanis Momen Gaya Punggung
Sumber : Tayyari dan Smith, 1997

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow \text{tidak ada gaya horisontal.}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\lambda_4 = 67\%$$

$$W_T = 50\% \times W_{\text{badan}}$$

$$F_{yt} = 2F_{ys} + W_T$$

$$M_t = 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \theta_4)$$

Dengan menggunakan teknik perhitungan keseimbangan gaya pada tiap segmen tubuh manusia, maka didapat moment resultan pada L5/S1. Kemudian untuk mencapai keseimbangan tubuh pada aktivitas pengangkatan, moment pada L5/S1 tersebut diimbangi gaya otot pada spinal erector (FM) yang cukup besar dan juga gaya perut (FA) sebagai pengaruh tekanan perut (PA) atau *Abdominal Pressure* yang berfungsi untuk membantu kestabilan badan karena pengaruh momen dan gaya.

Untuk menghitung gaya tekan pada L5/S1 perlu menghitung total gaya yang terjadi yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W_{\text{tot}} = W_o + 2 W_H + 2 W_{LA} + 2 W_{UA} + W_t$$

Keterangan:

W_{tot} = total gaya yang terjadi (Newton)

W_o = berat badan (Newton)

W_H = berat telapak tangan (Newton)

W_{LA} = berat lengan bawah (Newton)

W_{UA} = berat lengan atas (Newton)

W_t = berat punggung (Newton)

Untuk mencari Gaya Perut (FA), maka perlu dicari Tekanan Perut (PA) dengan persamaan :

$$PA = \frac{10^{-4} [43 - 0,360(\theta_H + \theta_T)]}{75} [M_{\frac{L5}{S1}}^{1,8}]$$

$$FA = PA \times AA$$

Keterangan :

PA	= Tekanan Perut (N/cm^2)	θ_H	= Sudut inklinasi perut
FA	= Gaya Perut (Newton)	θ_T	= Sudut inklinasi kaki
AA	= Luas Diafragma (465 cm^2)		

Gaya otot pada spinal erector dirumuskan sebagai berikut :

$$F_M = \frac{M_{L5/S1} - F_A \cdot D}{E}$$

FM	= Gaya otot pada Spinal Erector (Newton)
E	= Panjang Lengan momen otot spinal erector dari L5/S1 (estimasi 0,05 m; Nurmianto, 1996)
$M(L_5/S_1)$	= M_T = Momen resultan pada L5/S1
FA	= Gaya Perut (Newton)
D	= Jarak dari gaya perut ke L5/S1 (0,11 m; Nurmianto, 1996)

Kemudian gaya tekan (*Force Compression*) pada L5/S1 dirumuskan sebagai berikut :

$$F_c = W_{\text{tot}} \cdot \cos \theta_4 + F_A + F_M$$

Keterangan:

F_C	= gaya tekan pada segmen L5/S1 (Newton)
W_{tot}	= berat total (Newton)
θ_4	= sudut pada punggung

2.2.5. RWL (*Recommended Weight Limit*)

RWL (*Recommended Weight Limit*) adalah suatu prinsip perhitungan untuk mengetahui batas beban yang mampu diangkat oleh seseorang tanpa menimbulkan adanya peningkatan resiko terjadinya *low back pain* (keluhan pada tulang belakang) saat

melakukan aktivitas pengangkatan (Waters et al., 1994). Rumus perhitungan RWL adalah sebagai berikut :

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Keterangan:

LC = Konstanta pembebanan = 23 kg

HM = Faktor pengali horizontal = 25 / H

FM = Faktor pengali frekuensi (Berdasarkan tabel pengali frekuensi)

CM = faktor pengali kopling (Berdasarkan tabel pengali *coupling*)

VM = Faktor pengali vertikal

$$= 1 - 0,00326 |V - 75|$$

DM = Faktor pengali perpindahan = 0,82 + 4,5 / D

AM = Faktor pengali asimetrik

$$= 1 - 0,0032 \cdot A$$

Tabel untuk faktor pengali frekuensi dan faktor pengali vertikal dapat dilihat pada tabel 2.15 dan tabel 2.16 dibawah ini.

Tabel 2.15 Faktor Pengali Frekuensi

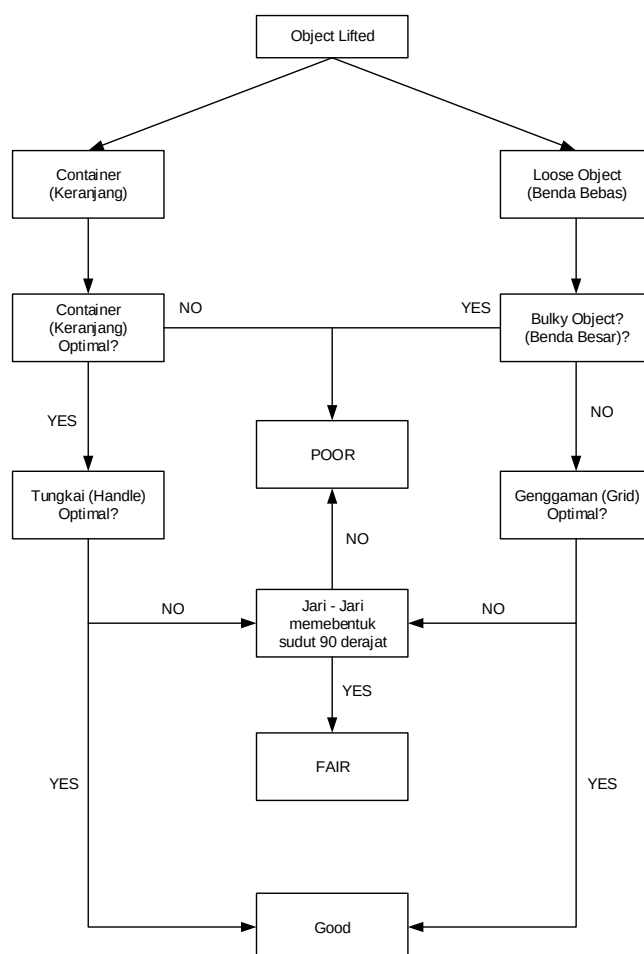
Frekuensi Angkatan/menit (F)	Durasi Kerja					
	≤ 1 jam		1 jam < t $\leq$ 2 jam		2 jam < t $\leq$ 8 jam	
	V < 75*	V $\geq$ 75	V < 75	V $\geq$ 75	V < 75	V $\geq$ 75
$\leq 0,2$	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00

Frekuensi Angkatan/menit (F)	Durasi Kerja					
	≤ 1 jam		1 jam < t $\leq$ 2 jam		2 jam < t $\leq$ 8 jam	
	V < 75*	V $\geq$ 75	V < 75	V $\geq$ 75	V < 75	V $\geq$ 75
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 2.16 Faktor Pengali *Coupling*

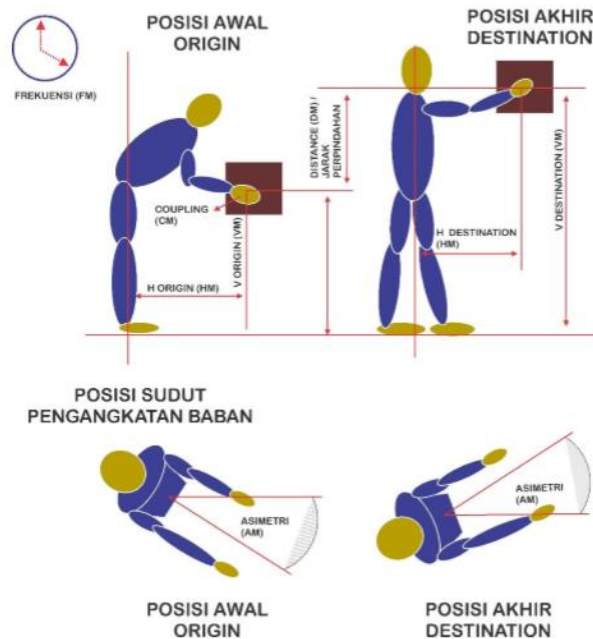
Jenis <i>Coupling</i>	<i>Coupling Multiplier</i>	
	V < 75 cm	V > 75 cm
<i>Good</i>	1.00	1.00
<i>Fair</i>	0.95	1.00
<i>Poor</i>	0.90	0.95

Untuk penentuan klasifikasi *coupling* dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.

Gambar 2.15 Diagarm Penentuan Jenis *Coupling* RWL

Untuk mendapatkan nilai faktor pengali dari masing-masing variabel, dengan perincian sebagai berikut atau dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini.

- H = Jarak beban terhadap titik pusat tubuh (cm)
 V = Jarak beban terhadap lantai (cm)
 D = Selisih jarak perpindahan beban secara vertikal (cm)
 A = Sudut simetri putaran yang dibentuk tubuh ($^{\circ}$)



Gambar 2.16 Variabel Pengangkatan Metode RWL
 Sumber : Modul Laboratorium DSK&E UII, 2016

Setelah didapatkan nilai RWL, selanjutnya dilakukan perhitungan LI (*Lifting Index*). LI (*Lifting Index*) adalah suatu index pengangkatan yang menunjukkan hubungan tingkat keluhan/cedera fisik yang dirasakan pada saat melakukan aktivitas pengangkatan (Waters et al., 1994). Untuk menghitung nilai LI dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$LI = \frac{\text{Massa Beban}}{\text{RWL}}$$

Berdasarkan prinsip yang ditetapkan oleh NIOSH, jika nilai LI lebih dari 1 maka dapat dikatakan aktivitas pengangkatan mempunyai resiko yang tinggi akan terjadinya *low back pain*. Sehingga aktivitas pengangkatan yang baik adalah yang memiliki nilai

LI 1 atau kurang dari 1 (Waters et al., 1994). Namun metode RWL ini tidak berlaku pada beberapa kondisi berikut :

- a. Aktivitas pengangkatan dilakukan menggunakan satu tangan.
- b. Aktivitas pengangkatan dilakukan selama lebih dari 8 jam.
- c. Aktivitas pengangkatan dilakukan saat duduk atau berlutut.
- d. Aktivitas pengangkatan dilakukan pada area kerja yang terbatas.
- e. Aktivitas pengangkatan dilakukan menggunakan sekop atau kereta dorong.
- f. Aktivitas pengangkatan dilakukan dengan gerakan yang sangat cepat.

2.2.6. Perhitungan *Stopwatch*

Metode *Stopwatch* (jam henti) merupakan pengukuran waktu kerja secara langsung yang biasa diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (Barnes, 1980). Menurut Barnes (1980) metode pembacaan *stopwatch* yang sering digunakan adalah:

a. *Continuous Timing*

Pada metode ini *stopwatch* dijalankan terus menerus selama pengamatan. *Stopwatch* baru dihentikan pada saat pengamatan selesai dilakukan dan pada akhir pengamatan waktu yang telah didapat dicatat. Selain itu untuk mendapatkan masing-masing waktu individu maka perlu dilakukan proses pengurangan. Pada pengukuran ini *stopwatch* tidak di STOP hingga semua produk selesai dilakukan.

b. *Repetitive Timing*

Untuk metode ini, *stopwatch* dibaca secara simultan dan angka pada *stopwatch* dikembalikan ke angka nol setelah setiap proses selesai. Metode ini dapat dilakukan pencatatan langsung tanpa perlu mengurangi waktu. Pada pengukuran ini *stopwatch* di STOP setelah elemen kerja 1 selesai dikerjakan, START kembali dalam posisi jarum *Stopwatch* diangka NOL ketika elemen ke-2 mulai dikerjakan.

c. *Accumulative Timing*

Pada metode ini cara menggunakan *stopwatch* melibatkan dua atau lebih *stopwatch*, hal ini dikarenakan metode yang digunakan yaitu ketika *stopwatch* yang pertama berhenti kemudian *stopwatch* yang kedua mulai dijalankan dan ketika *stopwatch*

yang kedua berhenti maka *stopwatch* yang ketiga dijalankan. Pengukuran ini menggunakan 2 atau lebih *stopwatch*. *Stopwatch* beroperasi secara bergantian per tiap elemen kerja.

Beberapa langkah yang perlu diperhatikan dalam melaksanakan metode *stopwatch* adalah :

- a. Penetapan tujuan pengukuran
- b. Melakukan Penelitian
- c. Menentukan operator.
- d. Menguraikan pekerjaan menjadi beberapa elemen kerja.
- e. Menyiapkan alat-alat pengukuran

2.2.7. Produktivitas

Produktivitas adalah suatu nilai yang menunjukkan perbandingan antara *output* dan *input*, peningkatan nilai produktivitas bisa dilihat apabila angka perbandingan semakin besar (Nakajima et al., 2004). Sedangkan pendapat lain menjelaskan bahwa produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai dengan peran serta tenaga kerja persatuan waktu (Ravianto, 1985). Secara umum perhitungan produktivitas dapat dihitung melalui formula dibawah ini.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Produktivitas kerja dapat dilihat dari dua aspek yaitu efektifitas dan efisiensi kerja. Efektivitas merupakan suatu ukuran yang memberikan gambaran seberapa jauh target dapat dicapai. Pengertian efektivitas ini lebih berorientasi kepada keluaran sedangkan masalah penggunaan masukan kurang menjadi perhatian utama. Sedangkan efisiensi berkaitan dengan upaya membandingkan masukan dengan realisasi penggunaannya atau bagaimana pekerjaan tersebut dilaksanakan (Sedarmayanti, 2001). Untuk itu, produktivitas biasanya dicapai melalui efektivitas pencapaian tujuan dan efisiensi penggunaan sumber daya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah operator pada departemen *wood working* PT. Yamaha Indonesia terutama operator yang melakukan aktivitas pengangkatan. Berikut ini merupakan deskripsi mengenai objek penelitian berdasarkan 4 kriteria menurut *European Agency for Safety and Health at Work*.

a. Individu

Kriteria individu yang dibutuhkan untuk dijadikan sebagai objek penelitian antara lain umur produktif, minimal telah bekerja selama 10 bulan, dan tidak memiliki riwayat penyakit mengenai keluhan otot yang disebabkan hal diluar pekerjaannya.

b. Pekerjaan.

Kriteria pekerjaan dari subjek yang akan diteliti yaitu pekerjaan yang melibatkan aktivitas pengangkatan dalam pekerjaannya, aktivitas pengangkatan maksimal dilakukan selama 8 jam kerja, aktivitas pengangkatan menggunakan dua tangan, aktivitas pengangkatan tidak dilakukan dalam keadaan duduk dan aktivitas pengangkatan tidak dilakukan dalam waktu yang sangat cepat.

c. Beban

Beban yang diangkat oleh subjek penelitian harus diketahui beratnya dan merupakan kabinet yang memiliki ukuran besar.

d. Lingkungan

Kriteria lingkungan kerja dari subjek yang diteliti yaitu area kerja yang cukup luas untuk melakukan pengangkatan, permukaan lantai rata dan suhu berada suhu normal tidak terlalu panas atau terlalu dingin

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu :

1. *Hardware*

- a. Laptop merk *Hewlett-Packard* untuk menyusun naskah penelitian dan melakukan pengolahan data.
- b. *Smartphone* Lenovo A6000 yang digunakan untuk merekam video proses pengangkatan dan menghitung waktu proses pengangkatan material yang dilakukan oleh operator.
- c. Penggaris untuk mengukur jarak beban vertikal dan jarak beban horizontal untuk input metode RWL.

2. *Software*

- a. *Microsoft Word* 2010 untuk proses penyusunan naskah penelitian.
 - b. *Microsoft Excel* 2010 untuk proses perhitungan metode MPL, RWL dan perhitungan produktivitas kerja operator.
 - c. *Microsoft Visio* 2010 untuk pembuatan diagram alir penelitian.
 - d. *Ergofellow* untuk proses perhitungan skor postur kerja menggunakan metode REBA.
 - e. *Corel X.5* untuk mengukur sudut antar segmen tubuh dari hasil video.
3. Adapun peralatan lain yang digunakan adalah alat tulis dan lembar kuisioner *Nordic Body Map* yang digunakan untuk mengumpulkan data keluhan muskuloskeletal operator.
4. Selain alat *software* dan *hardware*, berikut ini adalah dua alat yang nantinya akan menjadi bagian dari penelitian ini yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2 di bawah ini.
- 5.

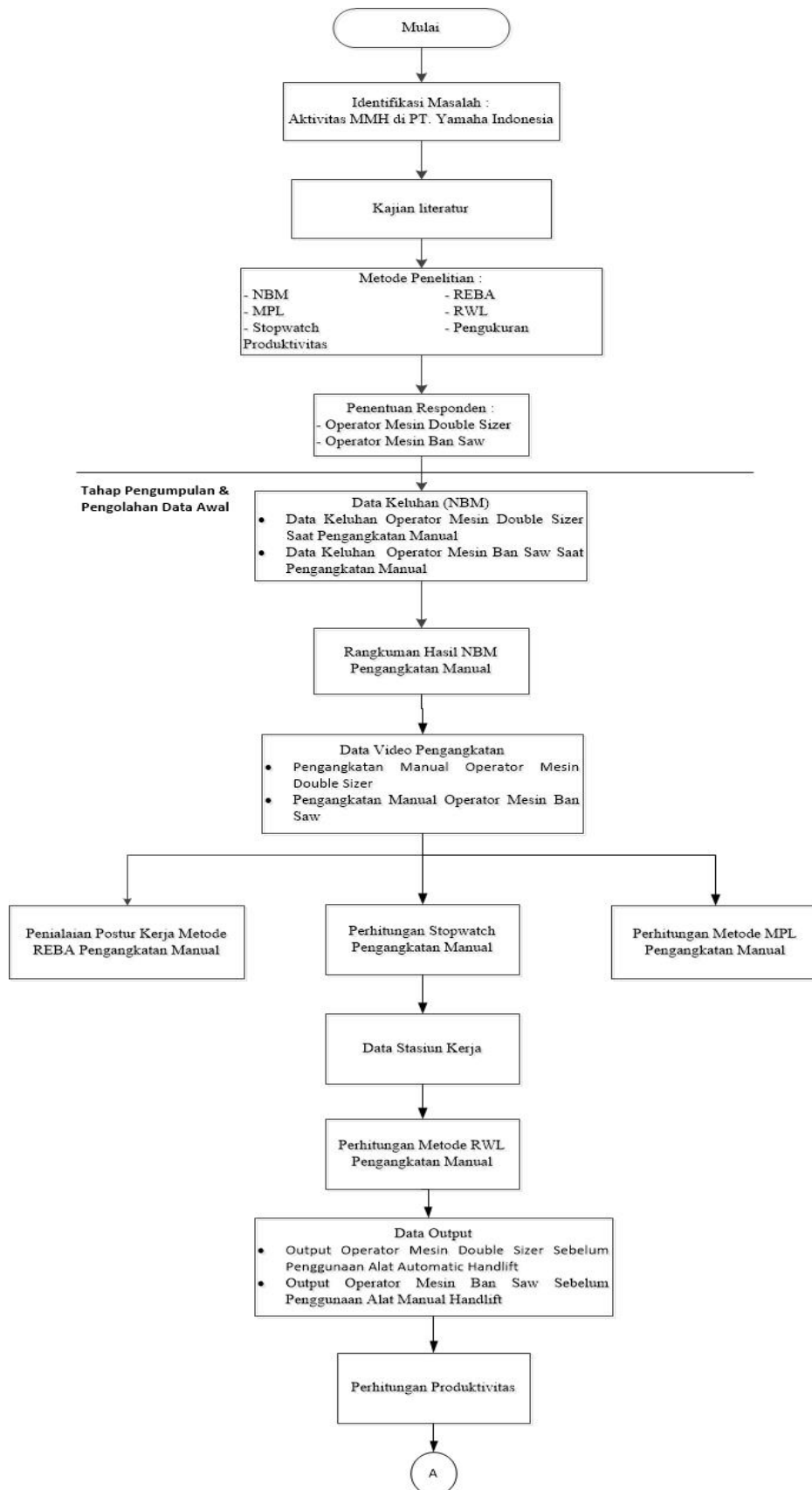


Gambar 3.1 Automatic Handlift

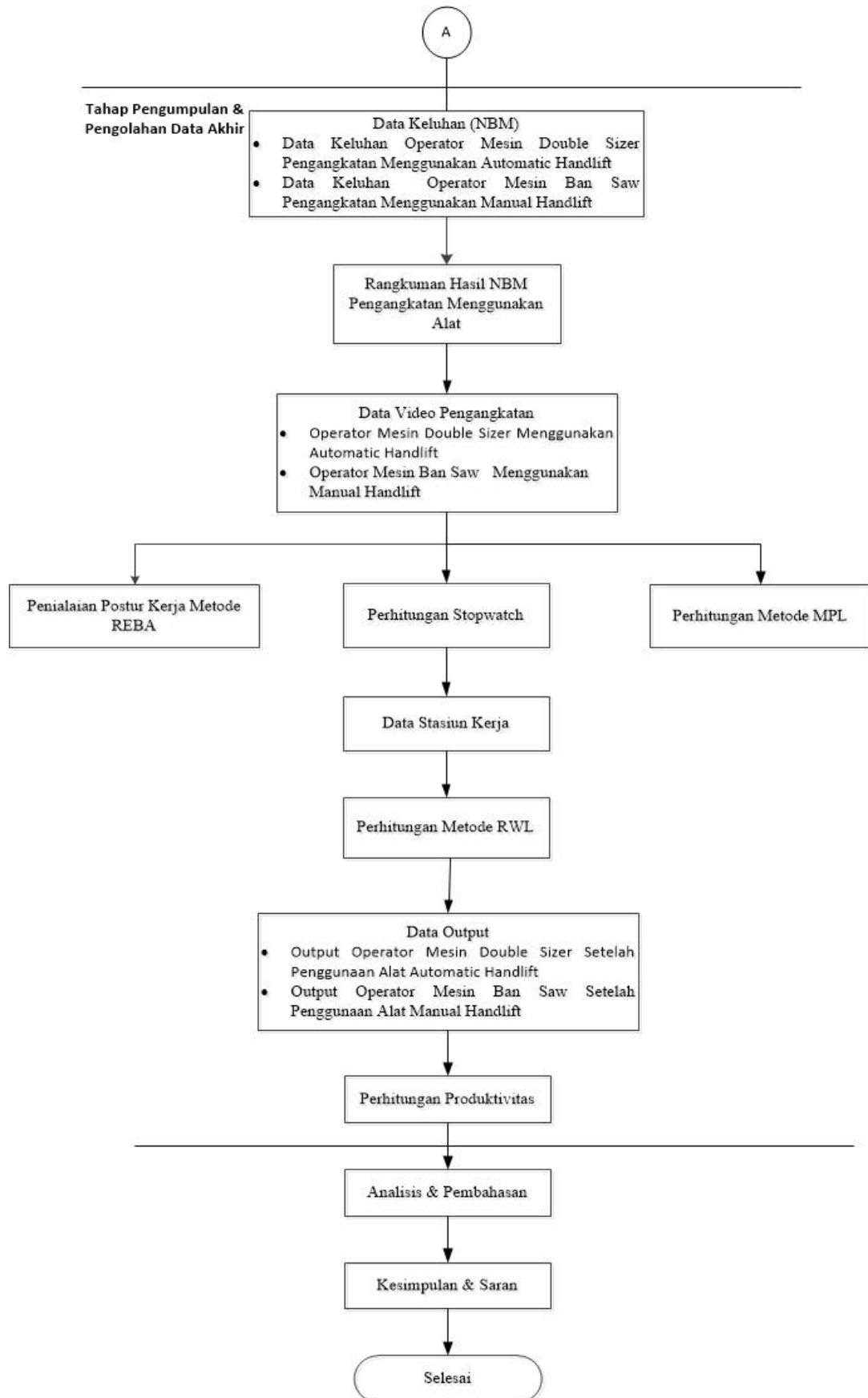


Gambar 3.2 Manual Handlift

3.3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian (lanjutan)

3.4. Penjelasan Diagram Alir Penelitian

3.5.1. Identifikasi Masalah

Tahap pertama dalam penelitian adalah identifikasi masalah. Identifikasi masalah dilakukan untuk menentukan masalah apa yang menjadi latar belakang penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aspek ergonomi dari penggunaan alat angkat otomatis dan alat angkat manual. Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi pertimbangan bagi perusahaan untuk lebih memperhatikan aspek ergonomi dan kesehatan kerja proses produksi khususnya aktivitas *Manual Material Handling* yang dilakukan operator.

3.5.2. Kajian Literatur

Kajian literatur dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan dasar-dasar ilmu pengetahuan yang mendasari penelitian ini. Kajian literatur dibagi menjadi 2 bagian, yaitu kajian induktif dan kajian deduktif. Kajian Induktif merupakan kajian yang berfokus pada penelitian terdahulu dengan topik serupa. Kajian deduktif merupakan kajian yang berfokus pada dasar-dasar teori khusus yang mendasari penelitian ini. Beberapa teori yang menjadi dasar penelitian ini antara lain *Manual Material Handling*, ergonomi, postur kerja, RWL, MPL, keluhan muskuloskeletal dan produktivitas kerja.

3.5.3. Penentuan Metode Penelitian

Penentuan metode yang akan digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa kajian literatur yang telah dibahas sebelumnya. Untuk analisis aspek ergonomi penelitian ini menggunakan beberapa metode seperti *Nordic Body Map* (NBM), REBA, MPL, RWL dan untuk analisis *time study* menggunakan perhitungan *stopwatch*. Dan yang terakhir pengukuran produktivitas.

3.5.4. Penentuan Responden

Penentuan responden didasarkan pada 4 kriteria yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu individu, pekerjaan, beban dan lingkungan. Dan responden yang menjadi subjek pada penelitian ini adalah pekerja yang dalam pekerjaannya melibatkan aktivitas *manual material handling*. Oleh karena itu dipilih operator mesin *double sizer* dan *ban saw* dimana kedua operator tersebut melakukan aktivitas pengangkatan dalam melakukan pekerjaannya. Selain itu kedua operator tersebut menggunakan dua jenis alat yang berbeda dalam melakukan aktivitas *manual material handling* sehingga dapat diketahui perbedaan efek masing-masing alat untuk menunjang aktivitas *manual material handling*.

3.5.5. Pengumpulan Data

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah data kuisioner *Nordic Body Map*, data video proses pengangkatan material, data waktu proses pengangkatan material, dan data output operator. Data-data tersebut didapatkan melalui metode pengambilan data sebagai berikut :

a. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan cara tanya jawab langsung terhadap objek penelitian yaitu operator. Dari proses wawancara ini data yang dapat dikumpulkan yaitu data keluhan muskuloskeletal operator berdasarkan kuisioner *Nordic Body Map* yang telah disebarkan setelah operator melakukan pekerjaan yang melakukan aktivitas pengangkatan baik pengangkatan secara manual atau pengangkatan menggunakan alat bantu.

b. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara mengamati langsung ke lapangan tempat objek penelitian. Dari proses observasi ini data yang didapatkan yaitu data video proses pengangkatan material dan data waktu proses pengangkatan material.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain materi-materi mengenai prinsip biomekanika, *manual material handling*, postur kerja, produktivitas dan informasi lain yang menunjang penelitian ini khususnya yang berhubungan dengan topik *Manual Material Handling*. Data-data tersebut didapatkan melakukan kajian literatur pada beberapa sumber seperti jurnal, artikel, buku, skripsi dan informasi lain yang didapatkan dari internet. Selain data-data tersebut data sekunder yang didapatkan adalah data output dari dua operator tersebut yang akan digunakan untuk pengukuran produktivitas.

3.5.6. Pengolahan Data

Masing-masing tahap pengolahan data dihitung pada saat aktivitas pengangkatan masih secara manual dan sesudah menggunakan alat bantu pengangkatan (*automatic handlift* dan *manual handlift*). Adapun beberapa tahap pengolahan data antara lain sebagai berikut :

1. Rekap hasil kuisioner *Nordic Body Map*

Kuisioner *Nordic Body Map* yang telah disebarakan kepada operator lalu direkap hasilnya untuk mengetahui keluhan muskuloskeletal yang dialami oleh operator. Keluhan muskuloskeletal yang dialami operator ini yang mendasari mengapa perlu dilakukan analisis aspek ergonomi pada proses pengangkatan material yang dilakukan operator.

2. Penilaian Postur Kerja Operator

Penilaian postur kerja dilakukan menggunakan metode REBA untuk mengetahui apakah postur kerja operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu mempunyai resiko cedera atau tidak.

3. Perhitungan MPL

Dalam perhitungan MPL yang menjadi fokus utama adalah nilai F_c pada segmen L5/S1 dimana nantinya akan dibandingkan dengan nilai AL dan MPL. Nilai F_c dihitung saat operator melakukan aktivitas pengangkatan manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat *automatic handlift* dan *manual handlift*.

4. Perhitungan RWL

Dalam metode RWL nantinya akan diperoleh beban maksimal yang diperbolehkan berdasarkan kondisi pengangkatan yang dilakukan operator. Selain itu akan didapatkan nilai LI (*Lifting Index*) yang menjadi indikator apakah aktivitas pengangkatan tersebut beresiko atau tidak.

5. Perhitungan Waktu Proses

Perhitungan waktu proses pengangkatan dilakukan menggunakan metode stopwatch. Waktu proses ini nantinya akan dijadikan sebagai salah satu variabel input untuk menghitung produktivitas kerja operator.

6. Perhitungan Produktivitas

Perhitungan produktivitas dihitung pada saat sebelum dan sesudah penggunaan alat sehingga dapat diketahui perubahan produktivitas operator setelah menggunakan alat tersebut.

3.5.7. Pembahasan

Pada bagian ini akan dipaparkan Analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya seperti hasil NBM operator, nilai posur kerja operator, hasil metode MPL dan hasil metode RWL. Selain itu akan dibahas juga kaitan aspek ergonomi pada penggunaan alat angkat otomatis dan manual terhadap produktivitas dari operator.

3.5.8. Kesimpulan dan Saran

Pada bagian ini akan dijelaskan kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan. Selain itu akan diberikan pula beberapa saran yang terkait dari hasil penelitian yang diharapkan bisa menjadi pertimbangan bagi PT. Yamaha Indonesia untuk melakukan pengembangan di waktu yang akan datang.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Pengumpulan Data

4.1.1. Data Subjek Penelitian

Berdasarkan 4 kriteria yang telah ditentukan sebelumnya, maka didapatkan pekerja yang akan dijadikan subjek pada penelitian ini adalah operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw*.

a. Operator mesin *Double Sizer* pada bagian *Cutting Sizer*

Kriteria dari operator mesin *Double Sizer* ini akan dijabarkan berdasarkan empat kriteria yaitu individu, pekerjaan, beban dan lingkungan.

1. Individu

Usia : 38 tahun

Jenis Kelamin : Laki-laki

Tinggi Badan : 155 cm

Berat Badan : 50 kg

Lama Bekerja : 12 bulan

2. Pekerjaan

Operator mesin *Double Sizer* melakukan aktivitas pengangkatan kabinet yang akan di proses di mesin *Double Sizer*. Pada awalnya aktivitas pengangkatan dilakukan secara manual tanpa menggunakan alat, kemudian setelah adanya perbaikan dilakukan menggunakan alat *automatic handlift*. Adapun pekerjaan ini dilakukan selama 8 jam.

3. Beban

Beban yang diangkat yaitu kabinet-kabinet piano yang masih berupa papan kayu panjang berbentuk persegi panjang dengan massa yang bervariasi. Untuk penelitian

ini beban yang diambil adalah beban kabinet *side arm* yang merupakan kabinet dengan massa paling berat yaitu 16,5 kg.

4. Lingkungan

Lingkungan kerja operator mesin *Double Sizer* memiliki kondisi yang cukup baik dengan suhu berkisar 28 – 35 °C, ruang yang cukup untuk melakukan pergerakan pengangkatan, permukaan lantai yang rata, dan pencahayaan yang terang.

b. Operator mesin *Ban Saw* pada bagian *Machine Bridge*.

Kriteria dari operator mesin *Ban Saw* ini akan dijabarkan berdasarkan empat kriteria yaitu individu, pekerjaan, beban dan lingkungan.

1. Individu

Usia : 27 tahun

Jenis Kelamin : Laki-laki

Tinggi Badan : 158 cm

Berat Badan : 70 kg

Lama Bekerja : 12 bulan

2. Pekerjaan

Operator ini memiliki dua tugas pokok yaitu sebagai operator mesin *Ban Saw* dan operator mesin *Moulder*. Dalam hal ini pekerjaan yang berkaitan dengan aktivitas *manual material handling* adalah pada saat operator menggunakan mesin *Ban Saw* karena operator melakukan aktivitas pengangkatan kabinet yang akan di proses di mesin *Ban Saw* sebelum dilakukan proses gambar dan pemotongan. Pada awalnya aktivitas pengangkatan dilakukan secara manual tanpa menggunakan alat, kemudian setelah adanya perbaikan dilakukan menggunakan alat *manual handlift*. Jadi aktivitas pekerjaan yang berkaitan dengan pengangkatan ini dilakukan kurang dari 8 jam karena terkadang operator juga bekerja menggunakan mesin *Moulder*.

3. Beban

Beban yang diangkat yaitu kabinet *treble* yang masih berupa papan kayu panjang berbentuk persegi panjang dengan massa 15 kg.

4. Lingkungan

Lingkungan kerja operator mesin *Double Sizer* memiliki kondisi yang cukup baik dengan suhu berkisar 28 – 35 °C, ruang yang cukup untuk melakukan pergerakan pengangkatan, permukaan lantai yang rata, dan pencahayaan yang terang.

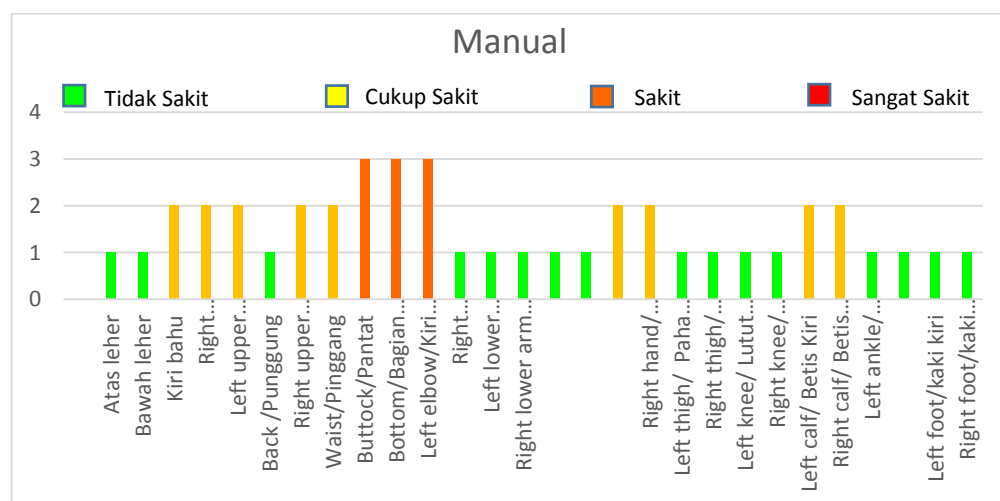
Kedua operator tersebut dalam pekerjaannya sama-sama melakukan aktivitas pengangkatan kabinet namun dengan menggunakan alat yang berbeda yaitu *automatic handlift* dan *manual handlift*. Oleh karena itu penelitian ini berfokus pada bagaimana kondisi aktivitas pengangkatan sebelum dan sesudah menggunakan alat bantu serta bagaimana pengaruh penggunaan alat bantu pengangkatan dalam aktivitas *manual material handling* terhadap produktivitas kerja operator.

4.1.2. Data Hasil Kuisioner *Nordic Body Map*

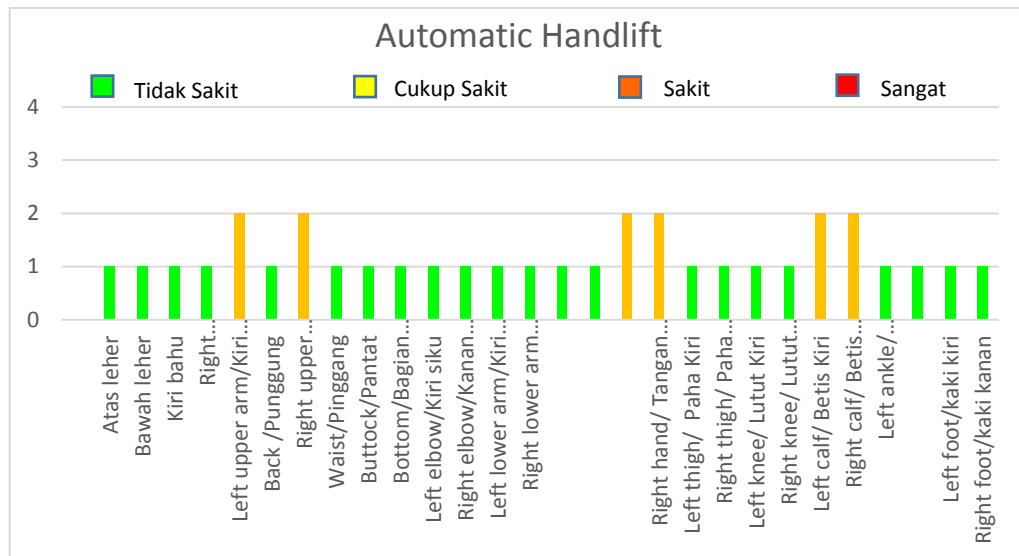
Data hasil kuisioner *Nordic Body Map* didapatkan dari operator yang melakukan aktivitas *manual material handling* dengan kondisi yang berbeda, yaitu aktivitas pengangkatan secara manual dan aktivitas pengangkatan menggunakan alat bantu (*Automatic Handlift* dan *Manual Handlift*). Operator melakukan pengisian kuisioner *Nordic Body Map* secara subjektif mengenai keluhan-keluhan yang dialami operator pada 28 titik tubuh setelah melakukan pekerjaannya.

a. Hasil Kuisioner *Nordic Body Map* Operator Mesin *Double Sizer*

Berikut ini merupakan hasil kuisioner *Nordic Body Map* dari operator mesin *Double Sizer* pada saat melakukan aktivitas pengangkatan secara manual dan menggunakan alat *automatic handlift*. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.



Gambar 4.1 Hasil NBM Operator Mesin *Double Sizer* (Manual)

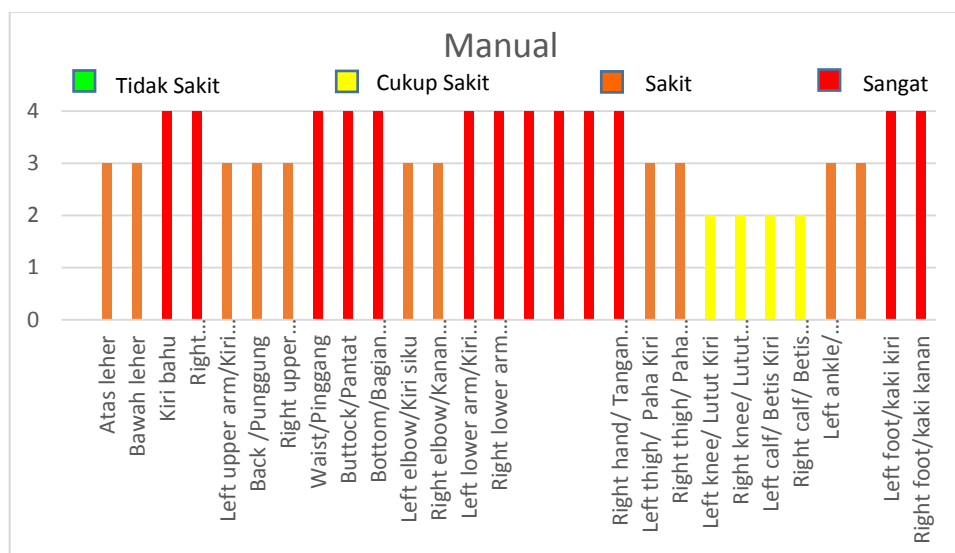


Gambar 4.2 Hasil NBM Operator Mesin *Double Sizer (Automatic Handlift)*

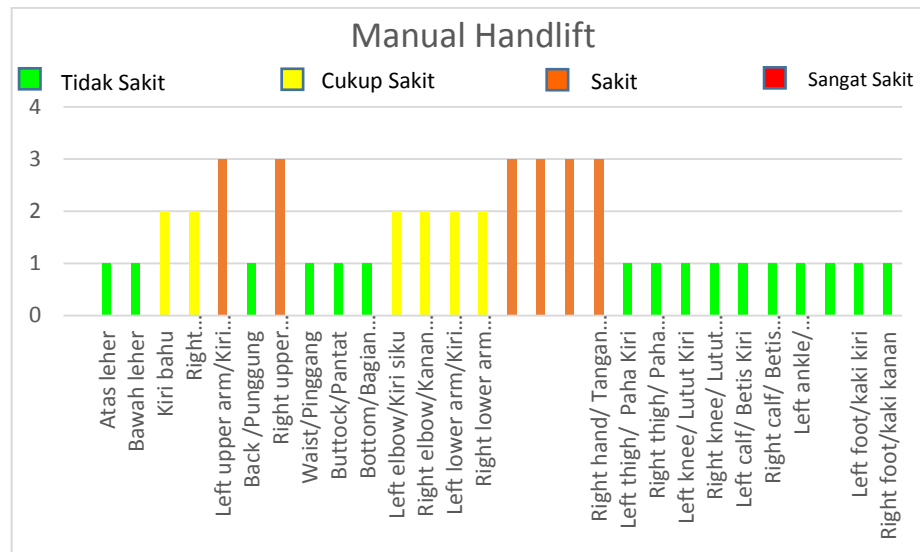
b. Hasil Kuisisioner *Nordic Body Map* Operator Mesin *Ban Saw*

Berikut ini merupakan hasil kuisisioner *Nordic Body Map* dari operator mesin *Ban Saw* pada saat melakukan aktivitas pengangkatan secara manual dan menggunakan alat *automatic handlift*. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

.



Gambar 4.3 Hasil NBM Operator Mesin *Ban Saw (Manual)*



Gambar 4.4 Hasil NBM Operator Mesin *Ban Saw* (*Manual Handlift*)

4.1.3. Data Postur Kerja Metode REBA

Data gerakan postur tubuh pekerja didapatkan berdasarkan rekaman video aktivitas pengangkatan yang kemudian diidentifikasi menggunakan metode REBA. Hasil identifikasi awal dari metode REBA ini adalah gerakan-gerakan kerja yang dilakukan serta sudut yang terbentuk dari setiap gerakan tersebut. Hasil identifikasi gerakan tersebut nantinya yang akan digunakan untuk melakukan analisis lanjutan sehingga diperoleh skor akhir dari metode REBA. Berikut ini merupakan data gerakan bagian tubuh dan sudut postur kerja dari tiga kondisi pengangkatan yang berbeda.

a. Data Gerakan Kerja Pengangkatan Manual Operator Mesin *Double Sizer*

Pada gambar 4.5 terlihat postur pengangkatan operator mesin *Double Sizer* berserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya gerakan setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.1.



Gambar 4.5 Postur Pengangkatan Manual Operartor *Double Sizer*

Tabel 4.1 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor *Double Sizer* (Manual)

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Flexion</i>	43,57°
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	52,97°
Pergelangan Tangan	Posisi netral	-
Leher	<i>Flexion</i>	4,07°
Punggung	<i>Flexion</i>	73,40°
Kaki	Kaki tertopang, bobot tersebar merata	30,06°

b. Data Gerakan Kerja Pengangkatan Menggunakan Alat *Automatic Handlift Operator* Mesin *Double Sizer*

Pada gambar 4.6 terlihat postur pengangkatan operator mesin *Double Sizer* berserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya gerakan setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.2.



Gambar 4.6 Postur Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift Operator Double Sizer*

Tabel 4.2 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor *Double Sizer (Automatic Handlift)*

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Extension</i>	17,28°
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	100,59°
Pergelangan Tangan	<i>Extension</i>	0-15°
Leher	<i>Flexion</i>	19,43°
Punggung	<i>Flexion</i>	2,11°
Kaki	Kaki tertopang, bobot tersebar merata	10,97°

c. Data Gerakan Kerja Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*

Pada gambar 4.7 terlihat postur pengangkatan operator mesin *Ban Saw* berserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya gerakan setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.3.



Gambar 4.7 Postur Pengangkatan Manual Operator *Ban Saw*

Tabel 4.3 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor *Ban Saw* (Manual)

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Extension</i>	17,44°
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	46,09°
Pergelangan Tangan	Posisi netral	0°
Leher	<i>Extension</i>	25,04°
Punggung	<i>Flexion</i>	73,29°
Kaki	Kaki tertopang dan lutut <i>flexion</i>	14,10°

d. Data Gerakan Kerja Pengangkatan Menggunakan Alat *Manual Handlift Operator* Mesin *Ban Saw*

Pada gambar 4.8 terlihat postur pengangkatan operator mesin *Ban Saw* berserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya gerakan setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.4.



Gambar 4.8 Postur Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift Operator Ban Saw*

Tabel 4.4 Pergerakan Segmen Tubuh Operartor *Ban Saw (Manual Handlift)*

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Flexion</i>	11,24°
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	58,24°
Pergelangan Tangan	Posisi netral, pergelangan tangan menyimpang	0°
Leher	<i>Flexion</i>	15,25°
Punggung	<i>Flexion</i>	13,73°
Kaki	Kaki tertopang dan lutut <i>flexion</i>	26,76°

4.1.4. Data Segmen Tubuh Perhitungan MPL

a. Data Pengangkatan Manual Operator Mesin *Double Sizer*

Pada gambar 4.9 terlihat aktivitas pengangkatan operator mesin *Double Sizer* berserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya ukuran setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.5.



Gambar 4.9 Pengangkatan Manual Operator Mesin *Double Sizer*

Massa badan pekerja = 50 kg

Massa beban/kabinet = 16,5 kg

Tabel 4.5 Data Segmen Tubuh Pengakatan Manual

Segmen Tubuh	Panjang (m)	Sudut
Telapak tangan	$SL_1 = 0,06$	$\theta_1 = 62,91^\circ$
Lengan bawah	$SL_2 = 0,235$	$\theta_2 = 68,22^\circ$
Lengan atas	$SL_3 = 0,225$	$\theta_3 = 29,51^\circ$
Punggung	$SL_4 = 0,435$	$\theta_4 = 11,17^\circ$
Inklinasi Perut	-	$\theta_H = 16,89^\circ$
Inklinasi Kaki	-	$\theta_T = 66,60^\circ$

b. Data Pengangkatan Menggunakan Alat *Automatic Handlift Operator* Mesin *Double Sizer*

Pada gambar 4.10 terlihat aktivitas pengangkatan operator mesin *Double Sizer* berserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya ukuran setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.6.



Gambar 4.10 Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift Operator* Mesin *Double Sizer*

Massa badan pekerja = 50 kg

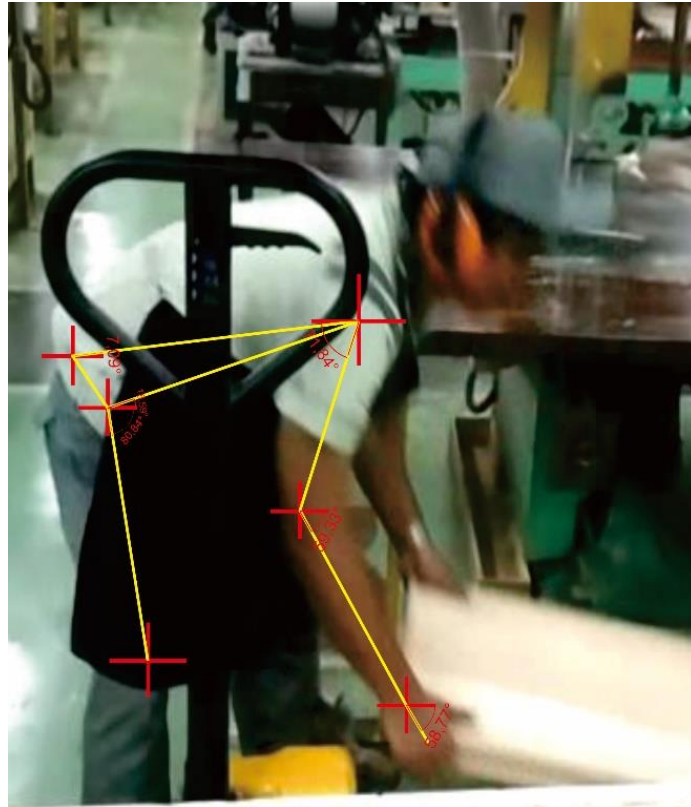
Massa beban/kabinet = 16,5 kg

Tabel 4.6 Data Segmen Tubuh Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift*

Segmen Tubuh	Panjang (m)	Sudut
Telapak tangan	$SL_1 = 0,06$	$\theta_1 = 39,49^\circ$
Lengan bawah	$SL_2 = 0,235$	$\theta_2 = 13,05^\circ$
Lengan atas	$SL_3 = 0,225$	$\theta_3 = 110,62^\circ$
Punggung	$SL_4 = 0,435$	$\theta_4 = 2,28^\circ$
Inklinasi Perut	-	$\theta_H = 85,57^\circ$
Inklinasi Kaki	-	$\theta_T = 77,31^\circ$

c. Data Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*

Pada gambar 4.11 terlihat aktivitas pengangkatan operator mesin *Ban Saw* beserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya ukuran setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.7.



Gambar 4.11 Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*

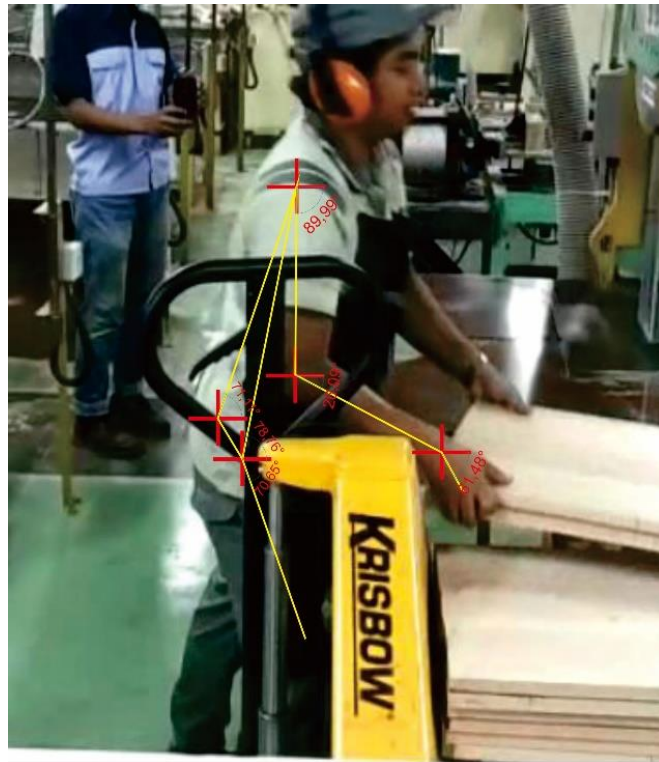
Massa badan pekerja = 70 kg

Massa beban/kabinet = 15 kg

Tabel 4.7 Data Segmen Tubuh Pengangkatan Manual

Segmen Tubuh	Panjang (m)	Sudut
Telapak tangan	$SL_1 = 0,05$	$\theta_1 = 58,77^\circ$
Lengan bawah	$SL_2 = 0,225$	$\theta_2 = 59,33^\circ$
Lengan atas	$SL_3 = 0,225$	$\theta_3 = 71,84^\circ$
Punggung	$SL_4 = 0,425$	$\theta_4 = 7,09^\circ$
Inklinasi Perut	-	$\theta_H = 18,59^\circ$
Inklinasi Kaki	-	$\theta_T = 80,84^\circ$

- d. Data Pengangkatan Menggunakan Alat *Manual Handlift* Operator Mesin *Ban Saw*
- Pada gambar 4.12 terlihat aktivitas pengangkatan operator mesin *Ban Saw* berserta sudut-sudut yang terbentuk pada beberapa segmen tubuh. Untuk lebih jelasnya ukuran setiap segmen beserta sudutnya dapat dilihat pada tabel 4.8.



Gambar 4.12 Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift* Operator Mesin *Ban Saw*

Massa badan pekerja = 70 kg

Massa beban/kabinet = 15 kg

Tabel 4.8 Dat Segmen Tubuh Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift*

Segmen Tubuh	Panjang (m)	Sudut
Telapak tangan	$SL_1 = 0,05$	$\theta_1 = 61,48^\circ$
Lengan bawah	$SL_2 = 0,225$	$\theta_2 = 26,09^\circ$
Lengan atas	$SL_3 = 0,225$	$\theta_3 = 89,99^\circ$
Punggung	$SL_4 = 0,425$	$\theta_4 = 71,11^\circ$
Inklinasi Perut	-	$\theta_H = 78,76^\circ$
Inklinasi Kaki	-	$\theta_T = 70,65^\circ$

4.1.5. Data Input Perhitungan RWL

Dalam perhitungan metode RWL data yang diperlukan adalah data mengenai stasiun kerja pada saat aktivitas pengangkatan dilakukan. Data-data tersebut diantaranya adalah jarak horizontal beban terhadap titik pusat tubuh (H), jarak vertikal pusat beban terhadap lantai (V), selisih jarak vertikal beban pada posisi *origin* dan *destination* (D), sudut asimetri yang terbentuk dari aktivitas pengangkatan (A), frekuensi pengangkatan dan jenis *coupling* (genggaman) dari beban yang diangkat. Berikut ini adalah data input perhitungan RWL dari operator mesin *Double Sizer* dan operator *Ban Saw*.

a. Data Perhitungan RWL Operator Mesin *Double Sizer*

Berikut ini adalah data stasiun kerja pengangkatan operator mesin *Double Sizer* yang dapat dilihat pada tabel 4.9 dan tabel 4.10.

Tabel 4.9 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Manual

	H	V	D	A	Frekuensi	Coupling
<i>Origin</i>	20 cm	12 cm	81 cm	30°	3 angkatan/menit	<i>Poor</i>
<i>Destination</i>	16 cm	93 cm	81 cm	30°	3 angkatan/menit	<i>Poor</i>

Tabel 4.10 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift*

	H	V	D	A	Frekuensi	Coupling
<i>Origin</i>	20 cm	80 cm	13 cm	30°	3 angkatan/menit	<i>Poor</i>
<i>Destination</i>	16 cm	93 cm	13 cm	30°	3 angkatan/menit	<i>Poor</i>

b. Data Perhitungan RWL Operator Mesin *Ban Saw*

Berikut ini adalah data stasiun kerja pengangkatan operator mesin *Ban Saw* yang dapat dilihat pada tabel 4.11 dan tabel 4.12.

Tabel 4.11 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Manual

	H	V	D	A	Frekuensi	Coupling
Origin	20 cm	12 cm	71 cm	15°	Sekali dalam 5 menit	Poor
Destination	17 cm	83 cm	71 cm	15°	Sekali dalam 5 menit	Poor

Tabel 4.12 Data Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift*

	H	V	D	A	Frekuensi	Coupling
Origin	20 cm	60 cm	23 cm	15°	Sekali dalam 5 menit	Poor
Destination	17 cm	83 cm	23 cm	15°	Sekali dalam 5 menit	Poor

4.1.6. Data Waktu Proses

a. Data Operator Mesin *Double Sizer*

Untuk menghitung produktivitas operator mesin *Double Sizer* pada saat melakukan pekerjaan menggunakan alat *Automatic Handlift* atau pun secara manual maka dibutuhkan data *standar time* (ST) dari operator tersebut sebagai input dalam perhitungan produktivitas. Berikut ini merupakan data *standar time* (ST) operator mesin *Double Sizer* ketika melakukan pekerjaan menggunakan alat *Automatic Handlift* dan secara manual pada tabel 4.13 dan tabel 4.14. Data yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 4.13 Data Waktu Proses Kabinet *Side Board* (Manual)

Elemen Kerja		Pengamatan					
		1	2	3	.....	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	10,21	11,4	10,53	.....	10,72	10,62
	Menit	0,17	0,19	0,18	.....	0,18	0,18
Memasukkan kabinet ke mesin	Detik	10,55	10,15	10,51	.....	9,54	9,38
	Menit	0,18	0,17	0,18	.....	0,16	0,16

Tabel 4.14 Data Waktu Proses Kabinet *Side Arm* (*Automatic Handlift*)

Elemen Kerja		Pengamatan					
		1	2	3	.....	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	4,78	5,84	4,42	.....	5,51	5,45
	Menit	0,08	0,10	0,07	.....	0,09	0,09

Elemen Kerja		Pengamatan					
		1	2	3	.....	9	10
Memasukkan kabinet ke mesin	Detik	10,55	10,15	10,51	.....	9,54	9,38
	Menit	0,18	0,17	0,18	.....	0,16	0,16

Selain data input dan ouput yang digunakan dalam perhitungan produktivitas, disajikan pula data waktu *setting* alat *Automatic Handlift* pada tabel 4.15 sebagai pertimbangan untuk menilai alat mana yang lebih baik digunakan pada saat melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan aktivitas *manual material handling*.

Tabel 4.15 Data Waktu Setting *Automatic Handlift* (Detik)

Pengamatan										Rata-rata
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
22,51	33,45	43,4	33,6	46,3	43,02	34,3	29,6	38,04	25,44	34,96

b. Data Operator Mesin *Ban Saw*

Untuk menghitung produktivitas operator mesin *Ban Saw* pada saat melakukan pekerjaannya menggunakan alat *Manual Handlift* atau pun secara manual maka dibutuhkan data *standar time* (ST) dari operator tersebut sebagai input dalam perhitungan produktivitas. Berikut ini merupakan data *standar time* (ST) operator mesin *Ban Saw* ketika melakukan pengangkatan manual dan menggunakan alat *Manual Handlift* pada tabel 4.16 dan tabel 4.17.

Tabel 4.16 Data Waktu Proses Kabinet *Treble B1/B2* (Manual)

Elemen Kerja		Pengamatan					
		1	2	3	.....	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	13,67	8,27	7,75	.....	11,54	9,78
	Menit	0,23	0,14	0,13	.....	0,19	0,16
Menggambar	Detik	18,29	20,26	19,80	.....	19,49	18,35
	Menit	0,30	0,34	0,33	.....	0,32	0,31
Potong <i>Treble</i>	Detik	94,32	92,21	104,08	.....	93,78	98,51
	Menit	1,57	1,54	1,73	.....	1,56	1,64
Simpan <i>treble</i>	Detik	12,1	11,45	12,6	.....	12,34	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,21	0,20

Tabel 4.17 Data Waktu Proses Kabinet *Treble* B3 (Manual)

Elemen Kerja		Pengamatan					
		1	2	3	.....	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	13,67	8,27	7,75	.....	11,54	9,78
	Menit	0,23	0,14	0,13	.....	0,19	0,16
Menggambar	Detik	22,31	20,54	21,08	.....	22,05	21,06
	Menit	0,37	0,34	0,35	.....	0,37	0,35
Potong Treble	Detik	79,43	84,56	87,57	.....	88,80	95,57
	Menit	1,32	1,41	1,46	.....	1,48	1,59
Simpan treble	Detik	12,1	11,45	12,6	.....	12,34	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,21	0,20

Tabel 4.18 Data Waktu Proses *Treble* B1/B2 (Manual Handlift)

Elemen Kerja		Pengamatan					
		1	2	3	.....	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	5,73	5,59	5,26	.....	4,87	4,87
	Menit	0,10	0,09	0,09	.....	0,08	0,08
Menggambar	Detik	18,29	20,26	19,80	.....	18,35	18,35
	Menit	0,30	0,34	0,33	.....	0,31	0,31
Potong Treble	Detik	94,32	92,21	104,08	.....	98,51	98,51
	Menit	1,57	1,54	1,73	.....	1,64	1,64
Simpan treble	Detik	12,10	11,45	12,60	.....	12,27	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,20	0,20

Tabel 4.19 Data Waktu Proses *Treble* B3 (Manual Handlift)

Elemen Kerja		Pengamatan					
		1	2	3	.....	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	5,73	5,59	5,26	.....	5,41	4,87
	Menit	0,10	0,09	0,09	.....	0,09	0,08
Menggambar	Detik	22,31	20,54	21,08	.....	22,05	21,06
	Menit	0,37	0,34	0,35	.....	0,37	0,35
Potong Treble	Detik	79,43	84,56	87,57	.....	88,80	95,57
	Menit	1,32	1,41	1,46	.....	1,48	1,59
Simpan treble	Detik	12,10	11,45	12,60	.....	12,34	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,21	0,20

Disajikan pula data waktu *setting* alat *Manual Handlift* pada tabel 4.20 sebagai pertimbangan untuk menilai alat mana yang lebih baik digunakan pada saat melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan aktivitas *manual material handling*.

Tabel 4.20 Data Waktu Setting *Manual Handlift* (Detik)

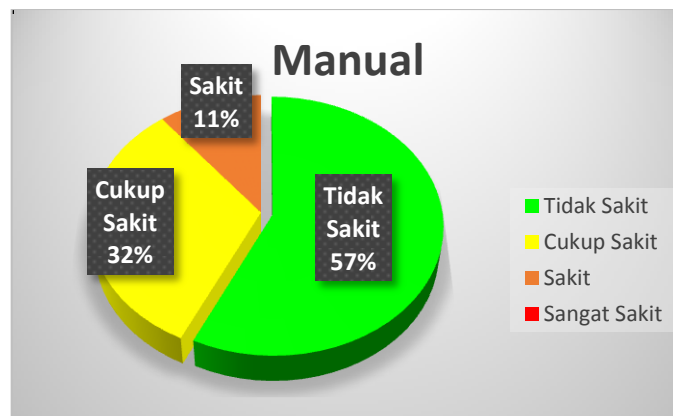
Pengamatan										Rata-rata
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
43,35	40,33	41,56	39,45	44,35	46,27	38,43	42,45	40,52	41,2	41,79

4.2. Pengolahan Data

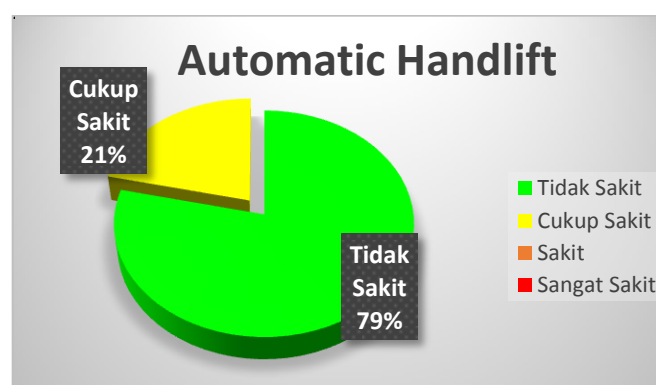
4.2.1. Perhitungan Hasil Kuisisioner *Nordic Body Map*

a. Perhitungan Hasil Kuisisioner *Nordic Body Map* Operator Mesin *Double Sizer*

Hasil kuisisioner *Nordic Body Map* yang dtelah didapatkan selanjutnya dirangkum dan disajikan dalam bentuk *pie chart* sehingga dapat diketahui seberapa besar tingkat keluhan yang dialami oleh oparator mesin *Double Sizer* ketika melakukan aktivitas pengangkatan secara manual dan menggunakan alat *automatic handlift*. Rangkuman persentase tingkat keluhan operator mesin *Double Sizer* dapat dilihat pada gambar 4.13 dan gambar 4.14 di bawah ini.



Gambar 4.13 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Manual



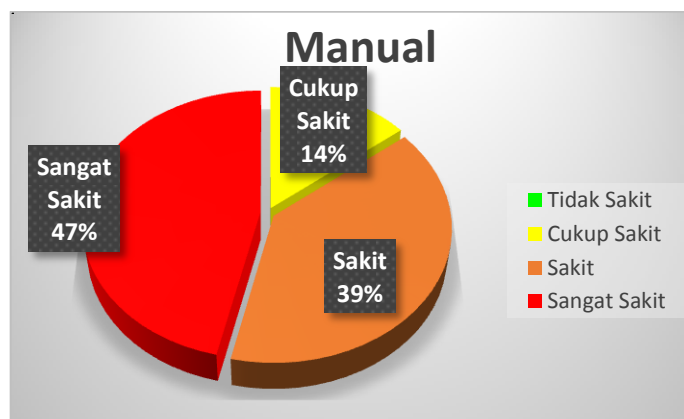
Gambar 4.14 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift*

Dari *pie chart* dapat dilihat bahwa total keluhan dengan berbagai level pada saat aktivitas pengangkatan manual adalah 43%. Sedangkan total keluhan dengan berbagai level pada saat aktivitas pengangkatan menggunakan alat *automatic handlift* adalah

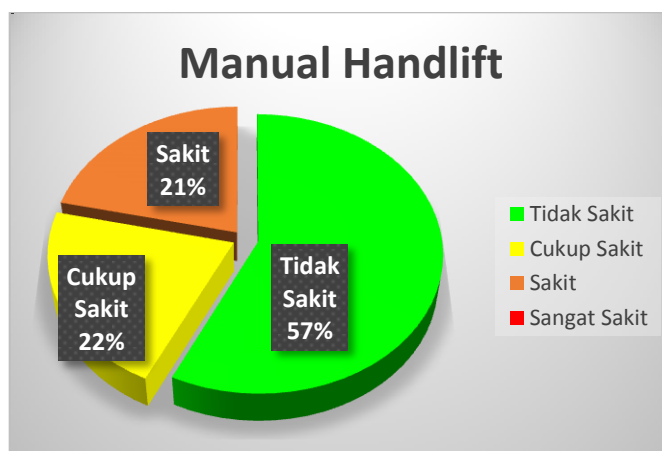
21%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan alat *automatic handlift* dapat menurunkan tingkat keluhan muskuloskeletal yang dialami oleh operator mesin *Double Sizer* sebesar 22%.

b. Perhitungan Hasil Kuisioner *Nordic Body Map* Operator Mesin *Ban Saw*

Hasil kuisioner *Nordic Body Map* yang telah didapatkan selanjutnya dirangkum dan disajikan dalam bentuk *pie chart* sehingga dapat diketahui seberapa besar tingkat keluhan yang dialami oleh oparator mesin *Ban Saw* ketika melakukan aktivitas pengangkatan secara manual dan menggunakan alat *manual handlift*. Rangkuman persentase tingkat keluhan operator mesin *Ban Saw* dapat dilihat pada gambar 4.15 dan gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.15 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Manual



Gambar 4.16 Rangkuman Hasil NBM Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift*

Dari *pie chart* dapat dilihat bahwa total keluhan dengan berbagai level pada saat aktivitas pengangkatan manual adalah 100%. Sedangkan total keluhan dengan berbagai level pada saat aktivitas pengangkatan menggunakan alat *manual handlift* adalah 43%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan alat *manual handlift* dapat menurunkan tingkat keluhan muskuloskeletal yang dialami oleh operator mesin *Double Sizer* sebesar 57%.

4.2.2. Perhitungan Postur Kerja Menggunakan Metode REBA

Dalam evaluasi postur kerja menggunakan metode REBA beberapa segmen tubuh dibagi menjadi dua kelompok yaitu Grup A dan Grup B. Grup B terdiri dari bagian lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Sedangkan Grup A terdiri dari bagian leher, punggung dan kaki.

Selanjutnya proses perhitungan nilai postur kerja dengan metode REBA dilakukan menggunakan bantuan *software* Ergofellow. Hasil dari metode REBA ini akan memberikan gambaran seberapa besar resiko cedera atau gangguan pada sistem muskuloskeletal berdasarkan aktivitas pengangkatan yang dilakukan.

a. Perhitungan REBA Pengangkatan Manual Operator Mesin *Double Sizer*

Data awal berupa deskripsi gerakan dan sudut yang terbentuk dari beberapa segmen tubuh pada saat operator melakukan aktivitas pengangkatan selanjutnya dikelompokkan menjadi Grup A dan Grup B sesuai dengan pengelompokkan yang ada dalam metode REBA. Grup A terdiri dari segmen leher, punggung dan kaki. Sedangkan Grup B terdiri dari lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan.



Gambar 4.0.17 Contoh Pergerakan Segmen Leher

Untuk mengidentifikasi gerakan disetiap segmen tubuh, dibuat dua garis acuan yaitu garis normal bagian tubuh tersebut dan garis pergerakan postur segmen tubuh tersebut. Dari kedua garis tersebut akan terbentuk sudut yang akan dijadikan sebagai input untuk penilaian postur kerja. Selain itu diidentifikasi juga jenis gerakan segmen tubuh yang terjadi. Misalkan untuk segmen tubuh leher dapat dilihat pada gambar 4.17 bahwa leher operator melakukan gerakan *flexion* (gerakan pengurangan sudut) dan membentuk sudut $4,07^{\circ}$. Selanjutnya untuk segmen tubuh yang lainnya juga dilakukan langkah yang sama. Untuk data lengkap pergerakan segmen tubuh operator mesin *Double Sizer* pada saat melakukan aktivitas pengangkatan manual dapat dilihat pada tabel 4.21 dan tabel 4.22.

Tabel 4.21 Segmen Tubuh Grup A

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Leher	<i>Flexion</i>	$4,07^{\circ}$
Punggung	<i>Flexion</i>	$73,40^{\circ}$
Kaki	Kaki tertopang, bobot tersebar merata	-

Tabel 4.22 Segmen Tubuh Grup B

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Flexion</i>	$43,57^{\circ}$
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	$52,97^{\circ}$
Pergelangan Tangan	Posisi netral	-

Selanjutnya pengolahan data metode REBA dilakukan menggunakan *software* Ergofellow. Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data menggunakan *software* Ergofellow.

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☒ Neck, trunk and legs ☐ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Neck, trunk and legs

Neck

☐ In extension ☒ 0 to 20 degrees ☐ More than 20 degrees

Additional

☐ Neck is twisted or side bending

Trunk

☐ In extension ☐ Straight ☒ 0 to 20 degrees ☐ 20 to 60 degrees ☐ More than 60 degrees

Additional

☐ Trunk is twisted or side bending

Legs

☒ Support in the two legs, walking or seated ☐ Support in one leg

Additional

☒ 30 to 60 degrees ☐ More than 60 degrees

Gambar 4.18 Identifikasi Postur Grup A

Pada tahap pengolahan data menggunakan *software* Ergofellow ini, gerakan-gerakan beberapa segmen tubuh yang sebelumnya telah diidentifikasi dimasukkan ke dalam beberapa kategori berdasarkan dengan gambar yang ada di *software* Ergofellow. Pada gambar 4.18 gerakan-gerakan segmen tubuh leher, punggung dan kaki yang dikelompokkan dalam Grup A didinputkan ke dalam *software* Ergofellow.

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs ☒ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Load

☐ Load < 5 kg
Load < 11 lb ☐ Load 5 to 10 kg
Load 11 to 22 lb ☒ Load > 10 kg
Load > 22 lb

Additional

☐ Shock or rapid build up of force

Gambar 4.19 Identifikasi Beban Operator

Selanjutnya identifikasi berat beban yang diangkat oleh operator dengan memilih klasifikasi berat beban yang telah tersedia pada *software* Ergofellow seperti yang terlihat pada gambar 4.19. Beban operator sendiri memiliki berat lebih dari 16,5 kg kg sehingga dipilih kategori beban lebih dari 10 kg.

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs ☐ Load ☒ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Upper arm, lower arm and wrist

Upper arm

☐ In extension more than 20 degrees ☐ -20 to 20 degrees ☒ 20 to 45 degrees ☐ 45 to 90 degrees ☐ More than 90 degrees

Additional:

☒ Upper arm is abducted ☐ Shoulder is raised ☐ Arm is supported or person is leaning

Lower arm

☐ 60 to 100 degrees ☒ 0 to 60 degrees or more than 100 degrees

Wrist

☒ Between 15 degrees up and 15 degrees down ☐ More than 15 degrees up or more than 15 degrees down

Additional:

☐ Wrist is bent from midline or twisted

Gambar 4.20 Identifikasi Postur Grup B

Selanjutnya pada gambar 4.20 menunjukkan identifikasi gerakan-gerakan segmen tubuh lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan yang dikelompokkan dalam Grup B.

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

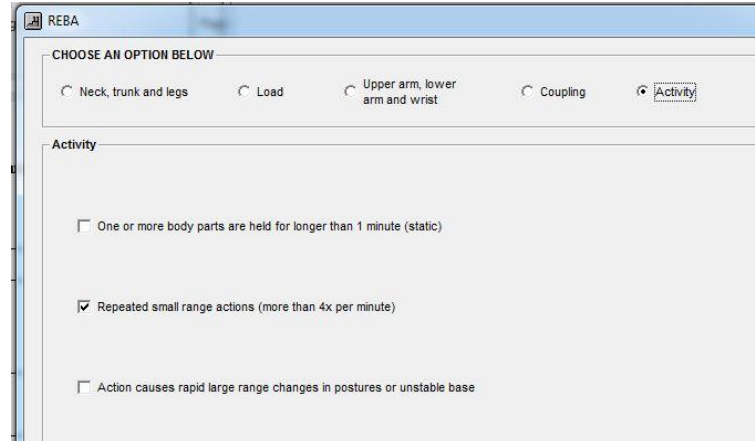
☐ Neck, trunk and legs ☐ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☒ Coupling ☐ Activity

Coupling

☐ Good ☐ Fair ☒ Poor ☐ Unacceptable

Gambar 4.21 Identifikasi *Coupling* (Genggaman)

Tahap berikutnya pada gambar 4.21 adalah menentukan kategori *coupling* (genggaman) yang dilakukan oleh operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan. Adapun kategori *coupling* yang diberikan terdiri dari 4 jenis yaitu *good*, *fair*, *poor*, dan *unacceptable*. Pada aktivitas pengangkatan secara manual operator di bagian Cutting Sizer ini termasuk dalam kategori *poor*.



REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☒ Activity

Activity

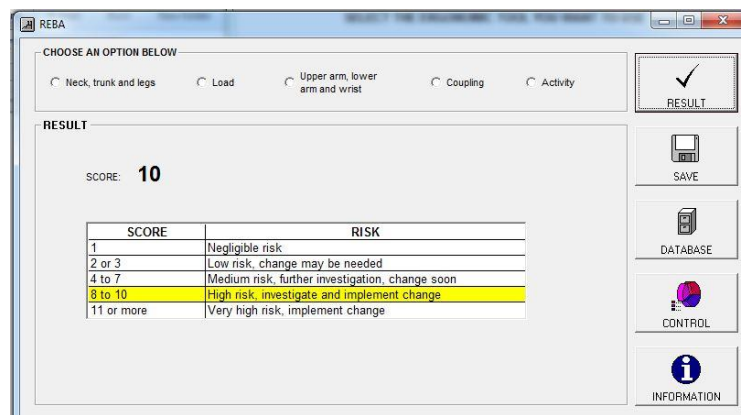
☐ One or more body parts are held for longer than 1 minute (static)

☒ Repeated small range actions (more than 4x per minute)

☐ Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Gambar 4.22 Identifikasi Activity Score

Tahap akhir pada gambar 4.22 yaitu menentukan *activity score* dengan melihat kondisi postur kerja secara umum apakah postur tersebut dilakukan secara statis, berulang-ulang atau postur kerja yang dilakukan berubah-ubah secara acak. *Activity Score* dari operator di bagian *Cutting Sizer* ini dilakukan secara berulang-ulang dalam 1 menit sehingga dipilih kategori kedua pada *software* Ergofellow.



REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☒ Activity

RESULT

SCORE: 10

SCORE	RISK
1	Negligible risk
2 or 3	Low risk, change may be needed
4 to 7	Medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	High risk, investigate and implement change
11 or more	Very high risk, implement change

RESULT

SAVE

DATABASE

CONTROL

INFORMATION

Gambar 4.23 Skor Akhir REBA Operator *Double Sizer* (Manual)

Setelah dilakukan identifikasi gerakan-gerakan pada beberapa segmen tubuh yang dikelompokkan ke dalam Grup A dan Grup B, diperoleh skor akhir postur kerja operator dalam aktivitas pengangkatan secara manual di bagian *Cutting Sizer* adalah 10 seperti yang terlihat pada gambar 4.23.

b. Perhitungan REBA Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift*

Gerakan dan sudut yang terbentuk dari beberapa segmen tubuh pada saat operator melakukan aktivitas pengangkatan selanjutnya dikelompokkan menjadi Grup A dan Grup B sesuai dengan pengelompokkan yang ada dalam metode REBA dapat dilihat pada gambar 4.23 dan gambar 4.24. Grup A terdiri dari segmen leher, punggung dan kaki. Sedangkan Grup B terdiri dari lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan.

Tabel 4.23 Segmen Tubuh Grup A

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Leher	<i>Flexion</i>	19,43°
Punggung	<i>Flexion</i>	2,11°
Kaki	Kaki tertopang, bobot tersebar merata	-

Tabel 4.24 Segmen Tubuh Grup B

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Extension</i>	17,28°
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	100,59°
Pergelangan Tangan	<i>Extension</i>	0-15°

Selanjutnya pengolahan data metode REBA dilakukan menggunakan *software* Ergofellow. Pada tahap pengolahan data menggunakan *software* Ergofellow ini, gerakan-gerakan beberapa segmen tubuh yang telah diidentifikasi dimasukkan ke dalam beberapa kategori berdasarkan dengan gambar yang ada di *software* Ergofellow.

Selain data segmen gerakan yang diinputkan, dilakukan juga identifikasi berat beban yang diangkat oleh operator dengan memilih klasifikasi berat beban yang telah tersedia pada *software* Ergofellow. Beban kabinet yang diangkat operator memiliki berat lebih dari 10 kg.

Tahap berikutnya adalah menentukan kategori *coupling* (genggaman) yang dilakukan oleh operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan. Adapun kategori *coupling* yang diberikan terdiri dari 4 jenis yaitu *good*, *fair*, *poor*, dan *unacceptable*. Pada aktivitas pengangkatan secara manual operator di bagian Cutting Sizer ini termasuk dalam kategori *poor*.

Tahap akhir yaitu menentukan *activity score* dengan melihat kondisi postur kerja secara umum apakah postur tersebut dilakukan secara statis, berulang-ulang atau postur kerja yang dilakukan berubah-ubah secara acak. *Activity Score* dari operator di bagian *Cutting Sizer* ini dilakukan secara berulang-ulang dalam 1 menit sehingga dipilih kategori kedua pada *software* Ergofellow.

Setelah dilakukan identifikasi gerakan-gerakan pada beberapa segmen tubuh yang dikelompokkan ke dalam Grup A dan Grup B, diperoleh skor akhir postur kerja operator dalam aktivitas pengangkatan menggunakan alat angkat automatic di bagian *Cutting Sizer* adalah 4.

The screenshot shows the REBA (Rapid Entire Body Assessment) software interface. At the top, there are radio buttons for selecting body parts: Neck, trunk and legs; Load; Upper arm, lower arm and wrist; Coupling; and Activity. The 'Activity' option is selected. Below this, the 'RESULT' section displays a 'SCORE: 4'. To the right of the score is a table with two columns: 'SCORE' and 'RISK'. The row for '4 to 7' is highlighted in yellow, indicating the current risk level. On the far right, there are buttons for 'RESULT', 'SAVE', 'DATABASE', 'CONTROL', and 'INFORMATION'.

SCORE	RISK
1	Negligible risk
2 or 3	Low risk, change may be needed
4 to 7	Medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	High risk, investigate and implement change
11 or more	Very high risk, implement change

Gambar 4.24 Skor Akhir REBA Operator *Double Sizer* (*Automatic Handlift*)

Pada gambar 4.24 adalah hasil skor REBA operator mesin *Double Sizer* adalah 4, artinya postur kerja yang dilakukan operator ketika melakukan aktivitas pengangkatan menggunakan *automatic handlift* memiliki resiko cedera sistem muskuloseletal pada level medium atau sedang. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

c. Perhitungan REBA Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*

Data awal berupa deskripsi gerakan dan sudut yang terbentuk dari beberapa segmen tubuh pada saat operator melakukan aktivitas pengangkatan selanjutnya dikelompokkan menjadi Grup A dan Grup B sesuai dengan pengelompokkan yang ada dalam metode REBA seperti yang terlihat pada tabel 4.25 dan tabel 4.26. Grup A terdiri dari segmen

leher, punggung dan kaki. Sedangkan Grup B terdiri dari lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan.

Tabel 4.25 Segmen Tubuh Grup A

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Leher	<i>Extension</i>	25,04 ^o
Punggung	<i>Flexion</i>	73,29 ^o
Kaki	Kaki tertopang dan lutut <i>flexion</i>	14,10 ^o

Tabel 4.26 Segmen Tubuh Grup B

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Extension</i>	17,44 ^o
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	46,09 ^o
Pergelangan Tangan	Posisi netral	0 ^o

Selanjutnya pengolahan data metode REBA dilakukan menggunakan *software* Ergofellow. Pada tahap pengolahan data menggunakan *software* Ergofellow ini, gerakan-gerakan beberapa segmen tubuh yang telah diidentifikasi dimasukkan ke dalam beberapa kategori berdasarkan dengan gambar yang ada di *software* Ergofellow.

Selain data segmen gerakan yang diinputkan, dilakukan juga identifikasi berat beban yang diangkat oleh operator dengan memilih klasifikasi berat beban yang telah tersedia pada *software* Ergofellow. Beban kabinet yang diangkat operator memiliki berat lebih dari 10 kg.

Tahap berikutnya adalah menentukan kategori *coupling* (genggaman) yang dilakukan oleh operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan. Adapun kategori *coupling* yang diberikan terdiri dari 4 jenis yaitu *good*, *fair*, *poor*, dan *unacceptable*. Pada aktivitas pengangkatan secara manual operator mesin *Ban Saw* ini termasuk dalam kategori *poor*.

Tahap akhir yaitu menentukan *activity score* dengan melihat kondisi postur kerja secarama umum apakah postur tersebut dilakukan secara statis, berulang-ulang atau postur kerja yang dilakukan berubah-ubah secara acak. *Activity Score* dari operator

mesin *Ban Saw* termasuk kategori ketiga karena aktivitas pengangkatan yang dilakukan menyebabkan perubahan postur yang cukup signifikan.

Setelah dilakukan identifikasi gerakan-gerakan pada beberapa segmen tubuh yang dikelompokkan ke dalam Grup A dan Grup B, diperoleh skor akhir postur kerja operator dalam aktivitas pengangkatan secara manual adalah 8.

The screenshot shows the REBA software interface. At the top, there is a section 'CHOOSE AN OPTION BELOW' with five radio buttons: 'Neck, trunk and legs', 'Load', 'Upper arm, lower arm and wrist', 'Coupling', and 'Activity'. Below this, the 'RESULT' section displays 'SCORE: 8'. To the right of the score is a table with two columns: 'SCORE' and 'RISK'. The table has five rows, with the row for '8 to 10' highlighted in yellow. To the right of the table is a vertical sidebar with five buttons: 'RESULT' (with a checkmark icon), 'SAVE' (with a floppy disk icon), 'DATABASE' (with a database icon), 'CONTROL' (with a circular arrow icon), and 'INFORMATION' (with an 'i' icon).

SCORE	RISK
1	Negligible risk
2 or 3	Low risk, change may be needed
4 to 7	Medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	High risk, investigate and implement change
11 or more	Very high risk, implement change

Gambar 4.25 Skor Akhir REBA Operator *Ban Saw* (Manual)

Gambar 4.25 menunjukkan hasil Skor REBA operator mesin *Ban Saw* adalah 8, artinya postur kerja yang dilakukan operator ketika melakukan aktivitas pengangkatan secara manual memiliki resiko cedera sistem muskulokseletal pada level yang tinggi. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

d. Perhitungan REBA Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift*

Data awal berupa deskripsi gerakan dan sudut yang terbentuk dari beberapa segmen tubuh pada saat operator melakukan aktivitas pengangkatan selanjutnya dikelompokkan menjadi Grup A dan Grup B sesuai dengan pengelompokkan yang ada dalam metode REBA yang terlihat pada tabel 4.27 dan tabel 4.28. Grup A terdiri dari segmen leher, punggung dan kaki. Sedangkan Grup B terdiri dari lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan.

Tabel 4.27 Segmen Tubuh Grup A

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Leher	<i>Flexion</i>	15,25 ^o
Punggung	<i>Flexion</i>	13,73 ^o
Kaki	Kaki tertopang dan lutut <i>flexion</i>	26,76 ^o

Tabel 4.28 Segmen Tubuh Grup B

Segmen Tubuh	Deskripsi Gerakan	Sudut
Lengan Atas	<i>Flexion</i>	11,24 ^o
Lengan Bawah	<i>Flexion</i>	58,24 ^o
Pergelangan Tangan	Posisi netral, pergelangan tangan menyimpang	0 ^o

Selanjutnya pengolahan data metode REBA dilakukan menggunakan *software* Ergofellow. Pada tahap pengolahan data menggunakan *software* Ergofellow ini, gerakan-gerakan beberapa segmen tubuh yang telah diidentifikasi dimasukkan ke dalam beberapa kategori berdasarkan dengan gambar yang ada di *software* Ergofellow.

Selain data segmen gerakan yang diinputkan, dilakukan juga identifikasi berat beban yang diangkat oleh operator dengan memilih klasifikasi berat beban yang telah tersedia pada *software* Ergofellow. Beban kabinet yang diangkat operator memiliki berat lebih dari 10 kg.

Tahap berikutnya adalah menentukan kategori *coupling* (genggaman) yang dilakukan oleh operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan. Adapun kategori *coupling* yang diberikan terdiri dari 4 jenis yaitu *good*, *fair*, *poor*, dan *unacceptable*. Pada aktivitas pengangkatan secara manual operator mesin *Ban Saw* ini termasuk dalam kategori *poor*.

Tahap akhir yaitu menentukan *activity score* dengan melihat kondisi postur kerja secarama umum apakah postur tersebut dilakukan secara statis, berulang-ulang atau postur kerja yang dilakukan berubah-ubah secara acak. *Activity Score* dari operator mesin *Ban Saw* termasuk kategori ketiga karena aktivitas pengangkatan yang dilakukan menyebabkan perubahan postur yang cukup signifikan.

Setelah dilakukan identifikasi gerakan-gerakan pada beberapa segmen tubuh yang dikelompokkan ke dalam Grup A dan Grup B, diperoleh skor akhir postur kerja operator dalam aktivitas pengangkatan secara manual adalah 5.

SCORE	RISK
1	Negligible risk
2 or 3	Low risk, change may be needed
4 to 7	Medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	High risk, investigate and implement change
11 or more	Very high risk, implement change

Gambar 4.26 Skor Akhir REBA Operator *Ban Saw* (*Manual Handlift*)

Gambar 4.26 menunjukkan hasil Skor REBA operator mesin *Ban Saw* adalah 8, artinya postur kerja yang dilakukan operator ketika melakukan aktivitas pengangkatan secara manual memiliki resiko cedera sistem muskulokseletal pada medium atau sedang. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 2.

4.2.3. Perhitungan MPL

Pada metode MPL (*Maximum Permissible Limit*) untuk menganalisis suatu aktivitas pengangkatan maka dilakukan perhitungan nilai gaya tekan atau F_c (*Force Compression*) pada bagian L5/S1. Nilai F_c tersebut yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai MPL yang mempunyai nilai sebesar 6400 N dan nilai AL yang mempunyai nilai sebesar 3400 N.

Untuk menghitung nilai F_c pada bagian L5/S1 dilakukan berdasarkan model yang dikembangkan oleh Chaffin yaitu dengan menghitung momen gaya dan gaya pada beberapa bagian tubuh seperti telapak tangan, lengan bawah, lengan atas dan punggung pada saat aktivitas pengangkatan dilakukan. Selain itu dihitung juga nilai dari tekanan

perut dan gaya pada otot spinal erector. Secara bertahap perhitungan metode MPL untuk aktivitas pengangkatan yang dilakukan oleh operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw* dijabarkan pada perhitungan dibawah ini.

a. Perhitungan MPL Aktivitas Pengangkatan Manual Operator Mesin *Double Sizer*

Telapak Tangan

$$\begin{aligned}
 W_{\text{badan}} &= \text{massa badan} \times g \\
 &= 50 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\
 &= 500 \text{ N} \\
 W_o &= \text{massa benda (kabinet)} \times g \\
 &= 16,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\
 &= 165 \text{ N} \\
 W_H &= 0,6\% \times W_{\text{badan}} \\
 &= 0,6\% \times 500 \text{ N} \\
 &= 3 \text{ N} \\
 F_{yw} &= W_o/2 + W_H \\
 &= (165 \text{ N}/2) + 3 \text{ N} \\
 &= 85,5 \text{ N} \\
 M_w &= (W_o/2 + W_H) \times SL_1 \times \cos \theta_1 \\
 &= 85,5 \text{ N} \times 0,06 \times \cos 62,91^\circ \\
 &= 2,34 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Lengan Bawah

$$\begin{aligned}
 \lambda_2 &= 43\% \\
 W_{LA} &= 1,7\% \times W_{\text{badan}} \\
 &= 1,7\% \times 500 \text{ N} \\
 &= 8,5 \text{ N} \\
 F_{ye} &= F_{yw} + W_{LA} \\
 &= 85,5 \text{ N} + 8,5 \text{ N} \\
 &= 94 \text{ N} \\
 M_e &= M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos \theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos \theta_2) \\
 &= 2,34 \text{ Nm} + (8,5 \text{ N} \times 43\% \times 0,235 \text{ m} \times \cos 68,22^\circ) + (85,5 \text{ N} \times 0,235 \text{ m} \times \cos 68,22^\circ) \\
 &= 10,11 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Lengan Atas

$$\begin{aligned}
 \lambda_3 &= 43,6\% \\
 W_{UA} &= 2,8\% \times W_{\text{badan}} \\
 &= 2,8\% \times 500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 14 \text{ N} \\
F_{ys} &= F_{ye} + W_{UA} \\
&= 94 \text{ N} + 14 \text{ N} \\
&= 108 \text{ N} \\
M_S &= M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos \theta_3) + (F_{ye} \times SL_3 \times \cos \theta_3) \\
&= 10,11 \text{ Nm} + (14 \text{ N} \times 43,6\% \times 0,225 \times \cos 29,51^\circ) + (94 \text{ N} \times 0,225 \text{ m} \times \cos 29,51^\circ) \\
&= 29,71 \text{ Nm}
\end{aligned}$$

Punggung

$$\begin{aligned}
\lambda_4 &= 67\% \\
W_T &= 50\% \times W_{\text{badan}} \\
&= 50\% \times 500 \text{ N} \\
&= 250 \text{ N} \\
F_{yt} &= 2F_{ys} + W_T \\
&= (2 \times 108 \text{ N}) + 250 \text{ N} \\
&= 466 \text{ N} \\
M_t &= 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \theta_4) \\
&= (2 \times 29,71 \text{ Nm}) + (250 \text{ N} \times 67\% \times 0,435 \text{ m} \times \cos 11,17^\circ) + (2 \times 108 \text{ N} \times 0,435 \text{ m} \times \cos 11,17^\circ) \\
&= 223,09 \text{ Nm}
\end{aligned}$$

Total Gaya

$$\begin{aligned}
W_{\text{tot}} &= W_o + 2 W_H + 2 W_{LA} + 2 W_{UA} + W_t \\
&= 165 \text{ N} + (2 \times 3 \text{ N}) + (2 \times 8,5 \text{ N}) + (2 \times 14 \text{ N}) + 250 \text{ N} \\
&= 466 \text{ N}
\end{aligned}$$

Tekanan Perut (PA)

$$\begin{aligned}
PA &= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(\theta_H + \theta_T)]}{75} [M_{\frac{L5}{S1}}^{1,8}] \\
&= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(16,89^\circ + 66,6^\circ)]}{75} [M_{\frac{L5}{S1}}^{1,8}] \\
&= 0,291 \text{ N/cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_A &= P_A \times A_A \\
 &= 0,291 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2 \\
 &= 135,42 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Spinal Erector (F_M)

$$\begin{aligned}
 F_M &= \frac{M_{L5/S1} - F_A \cdot D}{E} \\
 &= \frac{223,09 \text{ Nm} - 135,42 \text{ N} \times 0,11}{0,05 \text{ m}} \\
 &= 4163,77 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Tekan Pada L5/S1 (Force Compression/F_c)

$$\begin{aligned}
 F_c &= W_{\text{tot}} \cdot \cos \theta_4 + F_A + F_M \\
 &= (466 \text{ N} \times \cos 11,17^\circ) + 135,42 \text{ N} + 4163,77 \text{ N} \\
 &= 4756,37 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Hasil akhir nilai F_c adalah sebesar 4756,37 N yang merupakan gaya tekan yang diterima oleh operator pada bagian L5/S1. Jika dibandingkan dengan nilai AL dan MPL maka nilai F_c ada diantara nilai AL dan MPL.

b. Perhitungan MPL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Automatic Handlift* Operator Mesin *Double Sizer*

Telapak Tangan

$$\begin{aligned}
 F_{yw} &= 85,5 \text{ N} \\
 M_w &= 3,96 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Lengan Bawah

$$\begin{aligned}
 F_{ye} &= 94 \text{ N} \\
 M_e &= 24,37 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Lengan Atas

$$\begin{aligned}
 F_{ys} &= 108 \text{ N} \\
 M_s &= 32,30 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Punggung

$$\begin{aligned}
 F_{yt} &= 466 \text{ N} \\
 M_t &= 68,01 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Total Gaya

$$W_{tot} = 466 \text{ N}$$

Tekanan Perut (PA)

$$PA = 0,041 \text{ N/cm}$$

$$FA = 19,28 \text{ N}$$

Gaya Spinal Erector (Fm)

$$F_M = 1317,76 \text{ N}$$

Gaya Tekan Pada L5/S1 (Force Compression/Fc)

$$Fc = 1346,56 \text{ N}$$

Hasil akhir nilai Fc adalah sebesar 1346,56 N yang merupakan gaya tekan yang diterima oleh operator pada bagian L5/S1. Jika dibandingkan dengan nilai AL dan MPL maka nilai Fc ada dibawah nilai AL. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

c. Perhitungan MPL Aktivitas Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*Telapak Tangan

$$F_{yw} = 79,2 \text{ N}$$

$$M_w = 2,05 \text{ Nm}$$

Lengan Bawah

$$F_{ye} = 91,1 \text{ N}$$

$$M_e = 11,73 \text{ Nm}$$

Lengan Atas

$$F_{ys} = 110,7 \text{ N}$$

$$M_s = 18,72 \text{ Nm}$$

Punggung

$$F_{yt} = 571,4 \text{ N}$$

$$M_t = 229,71 \text{ Nm}$$

Total Gaya

$$W_{tot} = 571,4 \text{ N}$$

Gaya Spinal Erector (Fm)

$$F_M = 4419,42 \text{ N}$$

Tekanan Perut (PA)

$$PA = 0,171 \text{ N/cm}^2$$

$$FA = 79,46 \text{ N}$$

Gaya Tekan Pada L5/S1 (Force Compression/Fc)

$$Fc = 4906,99 \text{ N}$$

Hasil akhir nilai Fc adalah sebesar 4806,99 N yang merupakan gaya tekan yang diterima oleh operator pada bagian L5/S1. Jika dibandingkan dengan nilai AL dan MPL

maka nilai F_c ada diantara nilai AL dan nilai MPL. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

d. Perhitungan MPL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Manual Handlift* Operator Mesin *Ban Saw*

Telapak Tangan

$$F_{yw} = 79,2 \text{ N}$$

$$M_w = 0,19 \text{ Nm}$$

Lengan Bawah

$$F_{ye} = 91,1 \text{ N}$$

$$M_e = 17,23 \text{ Nm}$$

Lengan Atas

$$F_{ys} = 110,7 \text{ N}$$

$$M_s = 17,23 \text{ Nm}$$

Punggung

$$F_{yt} = 571,4 \text{ N}$$

$$M_t = 97,19 \text{ Nm}$$

Total Gaya

$$W_{tot} = 571,4 \text{ N}$$

Gaya Spinal Erector (F_m)

$$F_m = 1888,19 \text{ N}$$

Tekanan Perut (PA)

$$PA = 0,19 \text{ N/cm}^2$$

$$FA = 25,30 \text{ N}$$

Gaya Tekan Pada L5/S1 (*Force Compression/Fc*)

$$F_c = 2047,88 \text{ N}$$

Hasil akhir nilai F_c adalah sebesar 2047,88 N yang merupakan gaya tekan yang diterima oleh operator pada bagian L5/S1. Jika dibandingkan dengan nilai AL dan MPL maka nilai F_c ada dibawah nilai AL. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 3.

4.2.4. Perhitungan RWL

Pada perhitungan menggunakan metode RWL, untuk menganalisis suatu aktivitas pengangkatan perlu dianalisis pada saat aktivitas pengangkatan pada posisi awal (*origin*) dan pengangkatan pada posisi tujuan (*destination*). Sehingga untuk setiap aktivitas pengangkatan yang dilakukan oleh operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw* nantinya akan ada dua perhitungan RWL yaitu RWL *origin* dan RWL *destination*. Berikut ini merupakan perhitungan RWL untuk operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw*.

a. Perhitungan RWL Aktivitas Pengangkatan Manual Operator Mesin *Double Sizer*

RWL Origin

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$L = 16,5 \text{ kg}$$

$$V = 12 \text{ cm}$$

$$D = V_{\text{origin}} - V_{\text{destination}} = 81 \text{ cm}$$

$$H = 20 \text{ cm}$$

$$A = 30^\circ$$

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{20} = 1,25$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |12 - 75| = 0,79$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{81} = 0,88$$

$$FM = 3 \text{ angkatan/menit (berdasarkan tabel Frekuensi nilai yang didapat adalah 0,55)}$$

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 30) = 0,90$$

$$CM = 0,90 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,25 \times 0,79 \times 0,88 \times 0,90 \times 0,55 \times 0,90 \\ &= 8,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{16,5 \text{ kg}}{8,95} = 1,84$$

RWL Destination

LC	= 23 kg	L	= 16,5 kg
V	= 93 cm	D	= $V_{origin} - V_{destination} = 81 \text{ cm}$
H	= 16 cm	A	= 30°

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{16} = 1,56$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |93 - 75| = 0,94$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{81} = 0,88$$

$$FM = 3 \text{ angkatan/menit (berdasarkan tabel Frekuensi nilai yang didapat adalah 0,55)}$$

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 30) = 0,90$$

$$CM = 0,95 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,56 \times 0,94 \times 0,88 \times 0,90 \times 0,55 \times 0,95 \\ &= 13,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{16,5 \text{ kg}}{13,99} = 1,18$$

Berdasarkan perhitungan RWL pada kondisi *origin* didapatkan nilai RWL sebesar 8,95 kg dan nilai LI sebesar 1,84. Sedangkan pada kondisi *destination* didapatkan nilai RWL sebesar 13,99 kg dan nilai LI sebesar 1,18.

b. Perhitungan RWL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Automatic Handlift* Operator Mesin *Double Sizer*

Hasil perhitungan operator mesin *Double Sizer* ketika melakukan aktivitas pengangkatan menggunakan alat *automatic handlift* dapat dilihat pada table 4.29 dibawah ini. Untuk perhitungan RWL lengkap dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan Alat *Automatic Handlift*

	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
Origin	1,25	0,98	1,17	0,90	0,55	0,90	14,76	1,12
Destination	1,56	0,94	1,17	0,90	0,55	0,95	18,63	0,89

Berdasarkan perhitungan RWL pada kondisi *origin* didapatkan nilai RWL sebesar 14,76 kg dan nilai LI sebesar 1,12. Sedangkan pada kondisi *destination* didapatkan nilai RWL sebesar 18,63 kg dan nilai LI sebesar 0,89. Hal tersebut menunjukkan adanya penurunan LI operator *Double Sizer* sebesar 39% pada posisi *origin* dan penurunan sebesar 25% pada posisi *destination*.

c. Perhitungan RWL Aktivitas Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*

Hasil perhitungan operator mesin *Ban Saw* ketika melakukan aktivitas pengangkatan secara manual dapat dilihat pada table 4.30 dibawah ini. Untuk perhitungan RWL lengkap dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan RWL Pengangkatan Secara Manual

	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
Origin	1,25	0,79	0,88	0,95	0,85	0,90	14,70	1,02
Destination	1,47	0,97	0,88	0,95	0,85	0,95	22,37	0,67

Berdasarkan perhitungan RWL pada kondisi *origin* didapatkan nilai RWL sebesar 14,70 kg dan nilai LI sebesar 1,02. Sedangkan pada kondisi *destination* didapatkan nilai RWL sebesar 22,37 kg dan nilai LI sebesar 0,67.

- d. Perhitungan RWL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Manual Handlift* Operator Mesin *Ban Saw*

Hasil perhitungan operator mesin *Ban Saw* ketika melakukan aktivitas pengangkatan menggunakan alat *manual handlift* dapat dilihat pada table 4.31 dibawah ini. Untuk perhitungan RWL lengkap dapat dilihat pada lampiran 4.

Tabel 4.31 Hasil Perhitungan RWL Pengangkatan Menggunakan Alat *Manual Handlift*

	HM	VM	DM	AM	FM	CM	RWL	LI
Origin	1,25	0,95	1,02	0,95	0,85	0,90	20,23	0,74
Destination	1,47	0,97	1,02	0,95	0,85	0,95	25,72	0,58

Berdasarkan perhitungan RWL pada kondisi *origin* didapatkan nilai RWL sebesar 20,23 kg dan nilai LI sebesar 0,74. Sedangkan pada kondisi *destination* didapatkan nilai RWL sebesar 25,72 kg dan nilai LI sebesar 0,58. Hal tersebut menunjukkan adanya penurunan LI operator *Double Sizer* sebesar 27% pada posisi *origin* dan penurunan sebesar 13% pada posisi *destination*.

4.2.5. Perhitungan *Stopwatch*

- a. Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Double Sizer*

Data yang diambil untuk menghitung waktu proses dari pekerjaan yang dilakukan oleh operator mesin *Double Sizer* sebanyak 10 pengamatan. Lalu dihitung rata-rata waktu per elemen kerja sehingga didapatkan total waktu proses. Adapun data waktu yang diambil adalah data waktu proses kabinet *side board* yang dapat dilihat pada tabel 4.32 dan tabel 4.33 dibawah ini. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.32 Perhitungan *Stopwatch* Kabinet *Side Arm* (Manual)

Elemen Kerja		Pengamatan						Rata-rata
		1	2	3	.....	9	10	
Mengangkat kabinet	Detik	10,21	11,4	10,53	.....	10,72	10,62	0,18
	Menit	0,17	0,19	0,18	.....	0,18	0,18	
Memasukkan kabinet ke mesin	Detik	10,55	10,15	10,51	.....	9,54	9,38	0,17
	Menit	0,18	0,17	0,18	.....	0,16	0,16	
Total								0,35

Hasil perhitungan stopwatch menunjukkan bahwa waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *side board* dengan pengangkatan manual adalah 0,35 menit atau 20,99 detik. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.33 Perhitungan *stopwatch* Kabinet *Side Arm* (*Automatic Handlift*)

Elemen Kerja		Pengamatan						Rata-rata
		1	2	3	.....	9	10	
Mengangkat kabinet	Detik	4,78	5,84	4,42	.....	5,51	5,45	0,09
	Menit	0,08	0,10	0,07	.....	0,09	0,09	
Memasukkan kabinet ke mesin	Detik	10,55	10,15	10,51	.....	9,54	9,38	0,17
	Menit	0,18	0,17	0,18	.....	0,16	0,16	
Total								0,26

Hasil perhitungan *stopwatch* pada menunjukkan bahwa waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *side board* dengan pengangkatan menggunakan *manual handlift* adalah 0,26 menit atau 15,58 detik. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

b. Perhitungan *Stopwatch* Operator Mesin *Ban Saw*

Data yang diambil untuk menghitung waktu proses dari pekerjaan yang dilakukan oleh operator mesin *Ban Saw* sebanyak 10 pengamatan. Dari 10 pengamatan lalu dihitung rata-rata waktu per elemen kerja sehingga didapatkan total waktu proses. Adapun data waktu yang diambil adalah data waktu proses kabinet *treble* B1, B2 dan B3 yang dapat dilihat pada tabel 4.34, 4.35, 4.36 dan 4.37. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.34 Perhitungan *stopwatch* Kabinet *Treble* B1/B2 (Manual)

Elemen Kerja		Pengamatan						Rata-rata
		1	2	3	.....	9	10	
Mengangkat kabinet	Detik	13,67	8,27	7,75	.....	11,54	9,78	0,19
	Menit	0,23	0,14	0,13	.....	0,19	0,16	
Menggambar	Detik	18,29	20,26	19,80	.....	19,49	18,35	0,32
	Menit	0,30	0,34	0,33	.....	0,32	0,31	
Potong Treble	Detik	94,32	92,21	104,08	.....	93,78	98,51	1,61
	Menit	1,57	1,54	1,73	.....	1,56	1,64	
Simpan treble	Detik	12,1	11,45	12,6	.....	12,34	12,27	0,19
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,21	0,20	
Total								2,31

Hasil perhitungan stopwatch menunjukkan bahwa waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *treble* B1/B2 dengan pengangkatan manual adalah 2,31 menit atau 138,81 detik. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.35 Perhitungan *stopwatch* Kabinet *Treble* B3 (Manual)

Elemen Kerja		Pengamatan						Rata-rata
		1	2	3	.....	9	10	
Mengangkat kabinet	Detik	0,19	0,19	0,19	.....	0,19	0,19	0,19
	Menit	0,23	0,14	0,13	.....	0,19	0,16	
Menggambar	Detik	0,36	0,36	0,36	.....	0,36	0,36	0,36
	Menit	0,37	0,34	0,35	.....	0,37	0,35	
Potong Treble	Detik	1,46	1,46	1,46	.....	1,46	1,46	1,46
	Menit	1,32	1,41	1,46	.....	1,48	1,59	
Simpan treble	Detik	0,19	0,19	0,19	.....	0,19	0,19	0,19
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,21	0,20	
Total								2,20

Hasil perhitungan stopwatch menunjukkan bahwa waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *treble* B3 dengan pengangkatan manual adalah 2,20 menit atau 131,85 detik. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.36 Perhitungan *stopwatch* Kabinet *Treble* B1/B2 (Manual Handlift)

Elemen Kerja		Pengamatan						Rata-rata
		1	2	3	.....	9	10	
Mengangkat kabinet	Detik	5,73	5,59	5,26	.....	4,87	4,87	0,09
	Menit	0,10	0,09	0,09	.....	0,08	0,08	
Menggambar	Detik	18,29	20,26	19,80	.....	18,35	18,35	0,32
	Menit	0,30	0,34	0,33	.....	0,31	0,31	

Elemen Kerja		Pengamatan						Rata-rata
		1	2	3	.....	9	10	
Potong	Detik	94,32	92,21	104,08	.....	98,51	98,51	1,61
Treble	Menit	1,57	1,54	1,73	.....	1,64	1,64	
Simpan treble	Detik	12,10	11,45	12,60	.....	12,27	12,27	0,19
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,20	0,20	
Total								2,22

Hasil perhitungan stopwatch menunjukkan bahwa waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *treble* B1/B2 dengan pengangkatan *manual handlift* adalah 2,22 menit atau 133,07 detik. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

Tabel 4.37 Perhitungan stopwatch Kabinet *Treble* B3 (*Manual Handlift*)

Elemen Kerja		Pengamatan						Rata-rata
		1	2	3	.....	9	10	
Mengangkat kabinet	Detik	5,73	5,59	5,26	.....	5,41	4,87	0,09
	Menit	0,10	0,09	0,09	.....	0,09	0,08	
Menggambar	Detik	22,31	20,54	21,08	.....	22,05	21,06	0,36
	Menit	0,37	0,34	0,35	.....	0,37	0,35	
Potong Treble	Detik	79,43	84,56	87,57	.....	88,80	95,57	1,46
	Menit	1,32	1,41	1,46	.....	1,48	1,59	
Simpan treble	Detik	12,10	11,45	12,60	.....	12,34	12,27	0,19
	Menit	0,20	0,19	0,21	.....	0,21	0,20	
Total								2,10

Hasil perhitungan stopwatch menunjukkan bahwa waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *treble* B3 dengan pengangkatan *manual handlift* adalah 2,10 menit atau 126,10 detik. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 5.

4.2.6. Perhitungan Produktivitas

Perhitungan produktivitas dilakukan terhadap operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw*. Perhitungan produktivitas dilakukan berdasarkan perhitungan produktivitas yang digunakan oleh PT. Yamaha Indonesia. Secara umum rumus perhitungan produktivitas adalah sebagai berikut :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Output merupakan jumlah kabinet yang dihasilkan dan input merupakan jumlah jam kerja dalam satu hari kerja yaitu 8 jam. Namun dalam perhitungan yang digunakan oleh PT. Yamaha Indonesia untuk menghitung output yang dihasilkan terlebih dahulu dilakukan perhitungan Total Jam Kerja berikut :

$$\text{Total Jam Kerja} = \sum (\text{ST kabinet per model} \times \text{Output Awal})$$

Setelah didapatkan Total Jam Kerja barulah didapatkan nilai Output dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Output} = \frac{\text{Total Jam Kerja}}{\sum \text{ST per model}}$$

Setelah didapatkan output maka selanjutnya dapat dihitung produktivitas dari operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw*.

a. Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Double Sizer*

Dalam perhitungan produktivitas operator mesin *Double Sizer* data output yang digunakan adalah data bulan September dan Oktober tahun 2015 karena pada bulan September operator masih melakukan pekerjaan pengangkatan secara manual dan pada bulan Oktober sudah menggunakan alat *automatic handlift* sehingga akan bisa dilihat perbedaanya.

Tabel 4.38 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Double Sizer* Bulan September

Tanggal	Model	ST (menit)	Output Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Output (Unit)	Produktivitas
1	B1	0,35	42	38,82	24	3,47
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	21			
	U1J	0,35	12			
2	B1	0,35	0	13,99	10	1,25
	B2	0,35	0			
	B3	0,35	25			
	U1J	0,35	15			
.....						
30	B1	0,35	40	30,43	22	2,72
	B2	0,35	15			
	B3	0,35	20			
	U1J	0,35	12			
Rata-rata						3,06

Berdasarkan pada tabel 4.38 hasil perhitungan produktivitas pada bulan September 2015 didapatkan produktivitas operator mesin *Double Sizer* sebesar 3,06. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6.

Tabel 4.39 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Double Sizer* Bulan Oktober

Tanggal	Model	ST (menit)	Output Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Output (Unit)	Produktivitas
1	B1	0,26	45	29,86	29	3,59
	B2	0,26	40			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	15			
2	B1	0,26	45	27,26	26	3,28
	B2	0,26	32			
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	10			
.....						
30	B1	0,26	40	29,34	28	3,53
	B2	0,26	40			
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	15			
Rata-rata						3,32

Tabel 4.39 menunjukkan hasil perhitungan produktivitas pada bulan Oktober 2015 didapatkan produktivitas operator mesin *Double Sizer* sebesar 3,32. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan produktivitas operator mesin *Double Sizer* sebesar 9% ketika sebelumnya pekerjaan pengangkatan dilakukan secara manual yang kemudian dilakukan menggunakan alat *automatic handlift*. Perhitungan selengkapanya dapat dilihat pada lampiran 6.

b. Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Ban Saw*

Dalam perhitungan produktivitas operator mesin *Ban Saw* data output yang digunakan adalah data bulan September dan Oktober 2016 karena pada bulan September operator masih melakukan pekerjaan pengangkatan secara manual dan pada bulan Oktober sudah menggunakan alat *manual handlift* sehingga dapat bisa dilihat perbedaanya. Hasil perhitungan produktivitas dapat dilihat pada tabel 4.40 dan tabel 4.41.

Tabel 4.40 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Ban Saw* Bulan September

Tanggal	Model	ST	Ouput Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Ouput (Unit)	Produktivitas
1	B1	2,31	43,00	215,95	32	9,86
	B2	2,31	19,00			
	B3	2,20	33			
2	B1	2,31	37	114,40	17	5,22
	B2	2,31	2			
	B3	2,20	11			
.....						
29	B1	2,31	49	168,30	24,66	7,68
	B2	2,31	19			
	B3	2,20	5			
Rata-rata						8,79

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas pada bulan September 2016 didapatkan produktivitas operator mesin *Ban Saw* sebesar 8,79. Yang perlu diperhatikan adalah input jam kerja untuk operator mesin *Ban Saw* bukan 8 jam karena operator tersebut juga mengerjakan pekerjaan di mesin lain yang tidak melibatkan aktivitas *manual*

material handling. Sehingga untuk input jam kerjanya adalah 3,40 jam yang merupakan rata-rata jam kerja operator mengerjakan kabinet *treble* di mesin *Ban Saw* selama bulan September 2016. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampira 6.

Tabel 4.41 Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Ban Saw* Bulan Oktober

Tanggal	Model	ST	Ouput Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Ouput (Unit)	Produktivitas
3	B1	2,22	28	120,47	18	5,74
	B2	2,22	14			
	B3	2,10	13			
4	B1	2,22	56	207,31	32	9,88
	B2	2,22	28			
	B3	2,10	10			
.....						
31	B1	2,22	44	175,91	27	8,38
	B2	2,22	23			
	B3	2,10	13			
Rata-rata						9,18

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas pada bulan Oktober 2016 didapatkan produktivitas operator mesin *Ban Saw* sebesar 9,18. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan produktivitas operator mesin *Ban Saw* sebesar 4% ketika sebelumnya pekerjaan pengangkatan dilakukan secara manual yang kemudian dilakukan menggunakan alat *manual handlift*. Yang perlu diperhatikan adalah input jam kerja untuk operator mesin *Ban Saw* bukan 8 jam karena operator tersebut juga mengerjakan pekerjaan di mesin lain yang tidak melibatkan aktivitas *manual material handling*. Sehingga untuk input jam kerjanya adalah 3,03 jam yang merupakan rata-rata jam kerja operator mengerjakan kabinet *treble* di mesin *Ban Saw* selama bulan Oktober 2016. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 6.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1. Analisis Hasil Kuisisioner Nordic Body Map

5.1.1. Analisis Hasil Kuisisioner Nordic Body Map Operator Mesin *Double Sizer*

Berdasarkan hasil kuisisioner NBM yang telah diisi oleh operator terdapat keluhan subjektif yang dialami oleh operator sebanyak 43% atau 11 bagian tubuh pada saat melakukan pengangkatan kabinet secara manual. Dari 43% bagian tubuh yang merasakan keluhan, sebanyak 11% atau 3 bagian tubuh merasakan keluhan pada level menyakitkan yaitu pada bagian pinggang, pantat dan bagian bawah pantat. Sedangkan 32% sisianya atau 8 bagian lain terasa cukup menyakitkan yaitu pada bagian bahu kanan, bahu kiri, lengan atas kiri, lengan atas kanan, tangan kanan, tangan kiri, serta betis kanan dan betis kiri.

Dengan adanya keluhan yang dialami operator maka PT. Yamaha Indonesia melakukan perbaikan dengan cara memberikan alat bantu pengangkatan yaitu *Automatic Handlift* pada operator mesin *Double Sizer*. Hasil kuisisioner NBM yang diisi oleh operator setelah menggunakan *Automatic Handlift* menunjukkan hanya 21% atau 6 bagian yang mengalami keluhan. Keenam bagian tersebut adalah lengan atas kanan, lengan atas kiri, tangan kanan, tangan kiri, betis kiri dan betis kanan yang mengalami rasa sakit yang cukup. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan alat *automatic handlift* dapat menurunkan tingkat keluhan muskuloskeletal yang dialami oleh operator mesin *Double Sizer* sebesar 22%.

5.1.2. Analisis Hasil Kuisisioner Nordic Body Map Operator Mesin *Ban Saw*

Berdasarkan hasil kuisisioner NBM yang telah diisi oleh operator terdapat keluhan subjektif yang dialami oleh operator pada hampir seluruh bagian tubuh dengan tingkatan yang berbeda-beda. Adapun 79% atau 13 bagian tubuh mengalami keluhan sangat menyakitkan yaitu bahu kiri, bahu kanan, pinggang, pantat, bagian bawah pantat, lengan bawah kanan/kiri, pergelangan tangan kanan/kiri, tangan kanan/kiri dan kaki kanan/kiri. Dan 39% atau 11 bagian tubuh lainnya mengalami keluhan sakit adalah leher atas, leher bawah, lengan atas kanan/kiri, punggung, siku kanan/kiri dan pergelangan kaki kanan/kiri. Dan sisanya 14% atau 4 bagian tubuh yaitu lutut kanan/kiri dan betis kanan/kiri mengalami keluhan cukup menyakitkan.

Dengan adanya keluhan yang dialami operator maka PT. Yamaha Indonesia melakukan perbaikan dengan cara memberikan alat bantu pengangkatan yaitu *Manual Handlift* pada operator mesin *Ban Saw*. Hasil kuisisioner NBM yang diisi oleh operator setelah menggunakan *Manual Handlift* menunjukkan hanya 43% atau 12 bagian yang mengalami keluhan. Sebanyak 22% atau 6 bagian yaitu bahu kanan/kiri, siku kanan/kiri dan lengan bawah kanan/kiri mengalami keluhan cukup sakit. Sedangkan 21% sisanya atau 6 bagian lain yaitu lengan atas kanan/kiri, pergelangan tangan kanan/kiri dan tangan kanan/kiri mengalami keluhan pada level sakit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan alat *manual handlift* dapat menurunkan tingkat keluhan muskuloskeletal yang dialami oleh operator mesin *Double Sizer* sebesar 57%.

5.2. Analisis Hasil Skor Postur Kerja Metode REBA

5.2.1. Postur Kerja Operator Mesin *Double Suzer*

Setelah semua gerakan beberapa bagian tubuh sudah diidentifikasi beserta dengan klasifikasi beban, *coupling* dan *activity score* selanjutnya data tersebut diolah menggunakan *software* Ergofellow dan menghasilkan skor REBA dari aktivitas pengangkatan secara manual adalah 10. Skor REBA tersebut menunjukkan bahwa

postur kerja pada saat aktivitas pengangkatan secara manual memiliki resiko yang tinggi akan terjadinya cedera pada sistem muskuloskeletal sehingga diperlukan investigasi lebih lanjut untuk mengetahui penyebab postur tersebut berbahaya sehingga dapat dilakukan tindakan perubahan atau perbaikan. Beberapa hal yang menyebabkan postur kerja aktivitas pengangkatan secara manual memiliki resiko yang tinggi salah satunya adalah postur yang tidak natural (*awkward posture*) dari beberapa bagian tubuh seperti lengan atas, lengan bawah dan punggung.

Bagian punggung yang membentuk sudut sebesar $73,40^{\circ}$ menyebabkan operator membungkuk pada saat melakukan aktivitas pengangkatan manual. Jaringan pada bagian punggung umumnya kendur dalam postur tegak netral, dan setiap postur non-netral seperti gerakan membungkuk akan menyebabkan ketegangan pada beberapa jaringan tersebut sehingga dapat menyebabkan ketidaknyamanan atau kerusakan ketika melebihi nilai ambang batas atau ketika dilakukan dalam waktu yang lama (Delleman et al., 2004). Kondisi tersebut terlihat saat operator melakukan gerakan membungkuk ketika melakukan pengangkatan kabinet yang berada pada pallet dan gerakan ini dilakukan selama 8 jam kerja sehingga resiko cedera pada bagian punggung meningkat. Aktivitas pengangkatan manual tersebut juga menyebabkan lengan atas melakukan gerakan *flexion* sehingga terbentuk sudut antara lengan atas dan bahu sebesar $43,57^{\circ}$, sedangkan postur lengan bawah menyebabkan terbentuknya sudut dengan lengan atas atau sudut pada siku sebesar $52,97^{\circ}$. Dengan besarnya sudut pada bagian bahu dan siku maka hal ini akan menimbulkan resiko cedera muskuloskeletal karena semakin besar sudut yang terbentuk akibat gerakan *flexion* pada dua bagian tersebut semakin tinggi pula resiko cedera yang dapat ditimbulkan (Nath et al., 2017).

Sedangkan pada aktivitas pengangkatan menggunakan alat *automatic handlift* hasil akhir skor REBA sebesar 4. Skor REBA tersebut menunjukkan bahwa postur kerja pada saat aktivitas pengangkatan menggunakan alat *automatic handlift* yang dilakukan oleh operator memiliki tingkat resiko sedang/medium akan terjadinya cedera pada sistem muskuloskeletal. Sebelumnya ketinggian kabinet sangat rendah sehingga menimbulkan postur membungkuk pada bagian punggung, namun dengan menggunakan alat *automatic handlift* maka ketinggian kabinet dapat disesuaikan dengan tubuh operator sehingga gerakan pengangkatan dapat dilakukan dengan postur

yang lebih baik seperti punggung yang tidak membungkuk dan pengurangan sudut pada bagian bahu. Namun untuk bagian siku sudutnya mengalami penambahan nilai yang disebabkan karena gerakan alami pengangkatan yang menyebabkan bagian lengan bawah tetap melakukan gerakan *flexion* sehingga level resiko menurun hanya pada level medium dan belum mencapai level ringan. Dari hasil evaluasi dua postur kerja operator mesin *Double Sizer* menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan dengan cara menggunakan alat *automatic handlift* memberikan efek yang cukup signifikan jika dilihat dari aspek postur kerja operator.

5.2.2. Postur Kerja Operator Mesin *Ban Saw*

Setelah semua gerakan beberapa bagian tubuh sudah diidentifikasi beserta dengan klasifikasi beban, *coupling* dan *activity score* selanjutnya data tersebut diolah menggunakan software Ergofellow dan menghasilkan skor REBA dari aktivitas pengangkatan secara manual adalah 8. Skor REBA tersebut menunjukkan bahwa postur kerja pada saat aktivitas pengangkatan secara manual yang dilakukan oleh operator memiliki resiko yang tinggi akan terjadinya cedera pada sistem muskuloskeletal. Penyebab postur kerja aktivitas pengangkatan secara manual memiliki resiko yang tinggi salah satunya adalah postur yang tidak alami (*awkward posture*) dari beberapa bagian tubuh seperti lengan bawah, leher dan punggung.

Bagian punggung yang membentuk sudut sebesar $73,29^{\circ}$ menyebabkan operator membungkuk pada saat melakukan aktivitas pengangkatan secara manual. Seperti yang terjadi pada operator mesin *Double Sizer*, telah dijelaskan bahwa gerakan yang tidak natural seperti membungkuk dapat menimbulkan ketegangan pada jaringan-jaringan pada area tersebut yang dapat memicu terjadinya cedera (Delleman et al., 2004). Sedangkan gerakan pada bagian lengan bawah menyebabkan terbentuknya sudut pada bagian siku sebesar $46,09^{\circ}$. Besarnya sudut pada bagian siku tersebut dapat menyebabkan peningkatan resiko cedera (Nath et al., 2017). Untuk bagian leher terbentuk gerakan *extension* sebesar $25,04^{\circ}$. Bagian leher yang mengalami gerakan *extension* pada saat kegiatan pengangkatan dengan tinggi jarak pengangkatan sekitar

siku seperti yang dilakukan operator *Ban Saw* akan menyebabkan ketegangan otot pada bagian belakang leher karena penggunaan kekuatan otot hingga 50% sehingga menimbulkan resiko terjadinya cedera (Nimbarte 2014; Peolsson et al. 2013).

Sedangkan pada aktivitas pengangkatan menggunakan alat *manual handlift* hasil akhir skor REBA sebesar 5. Skor REBA tersebut menunjukkan bahwa postur kerja pada saat aktivitas pengangkatan menggunakan alat *manual handlift* yang dilakukan oleh operator memiliki tingkat resiko sedang/medium akan terjadinya cedera pada sistem muskuloskeletal. Sebelumnya ketinggian kabinet sangat rendah sehingga menimbulkan postur membungkuk pada bagian punggung, namun dengan menggunakan alat *automatic handlift* maka ketinggian kabinet dapat disesuaikan dengan tubuh operator sehingga gerakan pengangkatan dapat dilakukan dengan postur yang lebih baik seperti punggung yang tidak membungkuk dan leher yang tegak. Namun untuk bagian siku sudutnya mengalami penambahan nilai yang disebabkan karena gerakan alami pengangkatan yang menyebabkan bagian lengan bawah tetap melakukan gerakan *flexion* sehingga level resiko menurun hanya pada level medium dan belum mencapai level ringan. Dari hasil evaluasi dua postur kerja operator mesin *Ban Saw* menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan dengan cara menggunakan alat *manual handlift* memberikan efek yang cukup signifikan jika dilihat dari aspek postur kerja operator.

5.3. Analisis Hasil Perhitungan MPL

5.3.1. Analisis Hasil MPL Aktivitas Pengangkatan Operator Mesin *Double Sizer*

Operator mesin *Double Sizer* dalam pekerjaannya melakukan aktivitas pengangkatan berbagai macam kabinet yang akan diproses pada mesin *Double Sizer*. Namun dalam penelitian ini diambil sampel kabinet papan *side arm* yang mempunyai berat 16,5 kg. Berdasarkan hasil perhitungan nilai F_c operator mesin *Double Sizer* pada saat melakukan aktivitas pengangkatan secara manual mempunyai nilai F_c sebesar 4756,37 N. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan secara manual yang dilakukan oleh operator mesin *Double Sizer* mempunyai resiko terjadinya *low back pain*

pada pekerja. Oleh karena itu untuk mencegah resiko tersebut PT. Yamaha Indonesia melakukan perbaikan dengan melakukan pengadaan alat angkat otomatis (*Automatic Handlift*).

Setelah dilakukan perbaikan tersebut nilai Fc dari operator mesin *Double Sizer* mengalami penurunan menjadi 1346,56 N. Berdasarkan nilai Fc tersebut maka aktivitas pengangkatan yang dilakukan oleh operator dengan menggunakan alat *automatic handlift* tidak menimbulkan resiko terjadinya *low back pain*. Jika dihitung lebih lanjut akibat penggunaan alat *automatic handlift* menyebabkan penurunan nilai Fc sebesar 72%. Efek dari penggunaan alat *automatic handlift* ini terlihat dari jarak ketinggian pengangkatan awal yang berubah dimana dengan menggunakan alat *automatic handlift* ketinggian kabinet yang akan diangkat dapat disesuaikan sesuai tinggi tubuh operator. Jarak tinggi posisi awal pengangkatan merupakan salah satu penyebab tingginya momen gaya dimana semakin rendah jarak tinggi pengangkatan awal maka semakin besar juga momen gaya yang tercipta sehingga meningkatkan besarnya gaya pada segmen L5/S1 (Lavender et al., 2003). Pada pengangkatan manual, kabinet diangkat dari bawah (ketinggian lantai) sehingga menciptakan momen gaya yang besar dan gaya yang besar pula pada segmen L5/S1. Dengan penggunaan alat *automatic handlift* maka ketinggian kabinet dapat disesuaikan sehingga momen gaya dan gaya pada segmen L5/S1 dapat dikurangi. Hal ini menunjukkan dengan adanya langkah perbaikan menggunakan alat *Automatic Handlift* dapat menurunkan resiko terjadinya *low back pain* bagi operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan kabinet.

5.3.2. Analisis Hasil MPL Aktivitas Pengangkatan Operator Mesin *Ban Saw*

Analisis biomekanika juga dilakukan pada operator mesin *Ban Saw* untuk mengetahui besarnya nilai Fc yang diterima operator pada saat melakukan aktivitas pengangkatan kabinet papan *treble*. Pada saat melakukan aktivitas pengangkatan secara manual, nilai Fc yang didapatkan sebesar 4906,99 N sehingga dapat dikatakan bahwa aktivitas pengangkatan kabinet yang dilakukan operator mesin *Ban Saw* tersebut memiliki resiko terjadinya *low back pain*. Untuk mengurangi resiko yang dialami oleh operator maka

dilakukan perbaikan dengan menggunakan alat bantu yaitu alat *manual handlift* untuk mempermudah operator dalam melakukan pekerjaannya.

Perhitungan Fc kembali dilakukan ketika operator sudah menggunakan alat *manual handlift* untuk mengangkat kabinet papan *treble* dan hasilnya menunjukkan nilai Fc yang didapatkan sebesar 2047,88 N. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan yang dilakukan operator mesin *Ban Saw* ketika menggunakan alat *manual handlift* tidak memiliki resiko terjadinya *low back pain* bagi operator. Jika dihitung lebih lanjut akibat penggunaan alat *manual handlift* menyebabkan penurunan nilai Fc sebesar 58%. Efek dari penggunaan alat *manual handlift* ini terlihat dari jarak ketinggian pengangkatan awal yang berubah dimana dengan menggunakan alat *manual handlift* ketinggian kabinet yang akan diangkat dapat disesuaikan sesuai tinggi tubuh operator. Namun penurunan nilai Fc pada operator *Ban Saw* tidak sebesar operator *Double Sizer*. Hal ini disebabkan oleh perubahan ketinggian posisi awal pengangkatan dari kedua operator yang menyebabkan perbedaan penurunan nilai momen gaya pada segmen L5/S1. Namun secara umum perbaikan yang dilakukan dengan menggunakan alat *manual handlift* mampu mengurangi resiko cedera bagi operator mesin *Ban Saw* ketika melakukan aktivitas pengangkatan kabinet papan *treble*.

5.4. Analisis Hasil Perhitungan RWL

5.4.1. Analisis Hasil Perhitungan RWL Operator Mesin *Double Sizer*

Dari hasil perhitungan metode RWL, operator memiliki nilai RWL *origin* sebesar 8,95 kg dan nilai LI *origin* sebesar 1,84 pada saat pengangkatan manual. Artinya pada kondisi pengangkatan tersebut seharusnya operator hanya mampu mengangkat beban maksimal sebesar 8,95 kg agar tidak beresiko terjadinya *low back pain*, namun kenyatannya operator harus mengangkat kabinet yang mempunyai beban sebesar 16,5 kg. Nilai LI sebesar 1,84 yang melebihi 1 juga mengindikasikan bahwa pada saat aktivitas pengangkatan yang masih dilakukan secara manual operator memiliki resiko akan terjadinya *low back pain*. Sedangkan pada posisi *destination* mempunyai nilai RWL sebesar 13,99 kg dan nilai LI sebesar 1,18. Dari hasil tersebut juga

mengindikasikan bahwa kondisi pengangkatan pada posisi *destination* masih memiliki resiko yang tinggi terjadinya *low back pain* pada operator.

Berdasarkan hasil RWL dan LI pada kondisi *origin* dan *destination* dapat disimpulkan bahwa aktivitas pengangkatan operator mesin *Double Sizer* secara manual masih menimbulkan resiko bagi operator. Jika diteliti dari segi analisis metode RWL, ada beberapa faktor yang menjadi penyebab tinggi rendahnya resiko *low back pain* terjadi. Faktor tersebut adalah input pada metode RWL sendiri yaitu nilai jarak vertikal (VM), jarak horizontal (H), frekuensi pengangkatan (FM), jenis *coupling* (CM) dan sudut asimetri (AM) yang terbentuk. Jika dilihat pada aktivitas pengangkatan manual ini salah satu faktor yang berpengaruh adalah faktor jarak vertikal beban (VM) atau ketinggian posisi pengangkatan. Ketinggian posisi pengangkatan yang terlalu rendah memicu penambahan sudut bagian pinggang dan sudut inklinasi punggung sehingga menyebabkan postur membungkuk yang berbahaya (Plamondon et al., 2012). Hal ini lah yang terjadi pada operator mesin *Double Sizer* ketika melakukan pengangkatan manual dimana posisi kabinet yang rendah menyebabkan operator membungkuk ketika melakukan pengangkatan

Selanjutnya analisis metode RWL dilakukan kembali pada saat aktivitas pengangkatan dilakukan menggunakan alat *automatic handlift*. Pada posisi *origin*, operator memiliki nilai RWL *origin* sebesar 14,76 kg dan nilai LI *origin* sebesar 1,12. Artinya pada kondisi pengangkatan tersebut seharusnya operator hanya mampu mengangkat beban maksimal sebesar 14,76 kg agar tidak beresiko terjadinya *low back pain*, namun kenyatannya operator harus mengangkat kabinet yang mempunyai beban sebesar 16,5 kg. Nilai LI sebesar 1,12 yang melebihi 1 juga mengindikasikan bahwa aktivitas tersebut memiliki resiko akan terjadinya *low back pain*. Namun nilai LI tersebut lebih kecil dibandingkan dengan nilai LI *origin* pada saat aktivitas pengangkatan manual. Sedangkan pada posisi *destination* mempunyai nilai RWL sebesar 18,63 kg dan nilai LI sebesar 0,89. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kondisi pengangkatan pada posisi *destination* tidak memiliki resiko terjadinya *low back pain* karena nilai LI yang kurang dari 1. Hal ini disebabkan jarak ketinggian vertikal kabinet (V) yang menjadi lebih tinggi akibat dari penggunaan alat *automatic handlift* sehingga mempermudah operator ketika melakukan pengangkatan kabinet.

5.4.2. Analisis Hasil Perhitungan RWL Operator Mesin *Ban Saw*

Hasil perhitungan RWL pada saat operator mesin *Ban Saw* melakukan aktivitas pengangkatan secara manual didapatkan bahwa nilai RWL pada posisi *origin* sebesar 14,70 kg dan nilai LI *origin* sebesar 1,02. Artinya pada kondisi pengangkatan tersebut seharusnya operator hanya mampu mengangkat beban maksimal sebesar 14,70 kg agar tidak beresiko terjadinya *low back pain*, namun kenyatannya operator harus mengangkat kabinet yang mempunyai beban sebesar 16,5 kg. Nilai LI sebesar 1,02 yang melebihi 1 juga mengindikasikan bahwa pada saat aktivitas pengangkatan yang masih dilakukan secara manual operator memiliki resiko akan terjadinya *low back pain* meskipun nilainya hanya sedikit lebih besar dari 1. Sedangkan pada posisi *destination* mempunyai nilai RWL sebesar 22,37 kg dan nilai LI sebesar 0,67.

Berdasarkan hasil RWL dan LI pada kondisi *origin* dapat disimpulkan bahwa aktivitas pengangkatan operator mesin *Ban Saw* secara manual masih menimbulkan resiko bagi operator, sedangkan pada kondisi *destination* dapat disimpulkan bahwa aktivitas pengangkatan tidak menimbulkan resiko bagi operator. Jika diteliti dari segi analisis metode RWL, ada beberapa faktor yang menjadi penyebab tinggi rendahnya resiko *low back pain* terjadi. Faktor tersebut adalah input pada metode RWL sendiri yaitu nilai jarak vertikal (VM), jarak horizontal (H), frekuensi pengangkatan (FM), jenis *coupling* (CM) dan sudut asimetri (AM) yang tebentuk.

Jika dianalisis lebih lanjut nilai jarak vertikal (FM) sangat berpengaruh, karena dengan adanya selisih jarak vertikal (DM) yang cukup besar maka dapat menyulitkan operator ketika melakukan pengangkatan karena posisi *origin* kabinet yang berada dibawah. Hal tersebut tentunya akan menyebabkan operator melakukan postur kerja yang tidak baik (membungkuk) pada saat pengangkatan sehingga bisa menimbulkan resiko *low back pain*. Namun jika dilihat nilai LI dan RWL operator mesin *Ban Saw* mempunyai selisih yang cukup jauh dibandingkan nilai RWL dan LI operator mesin *Double Sizer* pada saat aktivitas pengangkatan manual, dimana nilai RWL dan LI operator mesin *Ban Saw* lebih kecil. Hal ini disebabkan salah satu faktor lainnya yaitu frekuensi pengangkatan (FM). Peningkatan frekuensi pengangkatan memicu aktivitas

otot yang lebih tinggi sehingga memicu terjadinya ketegangan otot yang dapat menimbulkan cedera (Al-Ashaik et al., 2015). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa operator mesin *Ban Saw* tidak selama 8 jam penuh bekerja pada mesin *Ban Saw* namun terkadang bekerja menggunakan mesin lain yang dalam pekerjaannya tidak melibatkan aktivitas pengangkatan. Sehingga frekuensi pengangkatan yang dilakukan tidak sebanyak operator mesin *Double Sizer* yang mempunyai frekuensi pengangkatan 3 angkatan/menit. Jadi walaupun postur yang tidak baik pada saat pengangkatan, namun karena frekuensi pengangkatan yang dilakukan tidak terlalu sering maka resiko yang ditimbulkan tidak sebesar pada operator mesin *Double Sizer* pada saat aktivitas pengangkatan manual.

Selanjutnya analisis metode RWL dilakukan kembali pada saat aktivitas pengangkatan dilakukan menggunakan alat *manual handlift*. Pada posisi *origin*, operator memiliki nilai RWL *origin* sebesar 20,23 kg dan nilai LI *origin* sebesar 0,74. Sedangkan pada posisi *destination* mempunyai nilai RWL sebesar 25,72 kg dan nilai LI sebesar 0,58. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa kondisi pengangkatan pada posisi *destination* tidak memiliki resiko terjadinya *low back pain* karena nilai LI yang kurang dari 1. Berdasarkan hasil RWL dan LI pada kondisi *origin* dan *destination* dapat disimpulkan bahwa aktivitas pengangkatan operator mesin *Ban Saw* menggunakan alat *manual handlift* tidak beresiko menimbulkan *low back pain*. Hal ini disebabkan jarak ketinggian vertikal kabinet (V) yang menjadi lebih tinggi akibat dari penggunaan alat *manual handlift* sehingga mempermudah operator ketika melakukan pengangkatan kabinet.

5.5. Analisis Perhitungan Stopwatch

5.5.1. Analisis Perhitungan Stopwatch Operator Mesin *Double Sizer*

Berdasarkan perhitungan *stopwatch* didapatkan waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *side arm* dengan pengangkatan secara manual adalah 20,99 detik. Sedangkan waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *side arm* dengan pengangkatan menggunakan *automatic handlift* adalah 15,58 detik atau terjadi

penurunan sebesar 26%. Hal ini menunjukkan dengan penggunaan *automatic handlift* dapat mempercepat proses kabinet side arm pada mesin *double sizer*.

Penurunan waktu proses yang signifikan dikarenakan penurunan waktu yang terjadi pada elemen kerja mengangkat kabinet ke mesin *double sizer*. Alat *automatic handlift* yang digunakan mampu membantu operator dengan mengangkat tumpukan kabinet *side board* sesuai dengan ketinggian yang diinginkan sehingga proses pengangkatan oleh operator dapat dilakukan dengan lebih cepat. Hal ini tentunya berbeda jika dibandingkan ketika pengangkatan dilakukan secara manual dimana operator melakukan pengangkatan dengan ketinggian yang bisa saja sangat rendah sehingga menyulitkan operator dan menyebabkan waktu pengangkatan menjadi lebih lama. Adapun berdasarkan pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali setting *automatic handlift* adalah 34,96 detik.

5.5.2. Analisis Perhitungan *Stopwatch* Operator Mesin *Ban Saw*

Berdasarkan perhitungan *stopwatch* didapatkan waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *treble* B1/B2 dengan pengangkatan secara manual adalah 138,81 detik. Sedangkan waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *treble* B1/B2 dengan pengangkatan menggunakan *manual handlift* adalah 133,07 detik. Untuk waktu proses *treble* B3 dengan penggunaan secara manual adalah 131,85 detik. Sedangkan waktu proses operator ketika melakukan proses kabinet *treble* B1/B2 dengan pengangkatan menggunakan *manual handlift* adalah 126,10 detik. Secara keseluruhan terjadi penurunan waktu proses sebesar 4%.

Hal ini menunjukkan penggunaan alat *manual handlift* mampu mengurangi waktu proses pada mesin *Ban Saw*. Penurunan waktu tentunya dapat dilihat pada elemen mengangkat kabinet ke mesin *Ban Saw*. Penurunan waktu pada elemen kerja mengangkat kabinet dikarenakan dengan menggunakan alat *manual handlift* operator dapat menentukan ketinggian yang sesuai dengan mesin *Ban Saw* sehingga memudahkan dalam proses pengangkatan kabinet ke mesin *Ban Saw*. Adapun

berdasarkan pengamatan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali setting *manual handlift* adalah 41,18 detik.

Jika melihat efek penurunan waktu proses yang disebabkan penggunaan alat, dapat dikatakan baik *automatic handlift* dan *manual handlift* dapat secara efektif mempercepat *standard time* operator khususnya yang pekerjaannya melibatkan aktivitas *manual material handling*. Namun jika dilihat dari segi efisiensi, alat *automatic handlift* dapat dikatakan lebih efisien karena mempunyai waktu *setting* yang lebih cepat dibandingkan *manual handlift*. Selain itu alat *automatic handlift* lebih efisien dalam penggunaan energi yang dikeluarkan operator karena setting alat *automatic handlift* dilakukan dengan menggunakan tenaga listrik sedangkan setting *manual handlift* dilakukan secara manual dengan cara memompa tuas sehingga operator harus mengeluarkan energi lebih selain untuk melakukan pokoknya. Oleh karena itu jika dilihat dari segi produktivitas maka alat *automatic handlift* dapat lebih meningkatkan produktivitas kerja operator ketika melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan aktivitas *manual material handling*.

5.6. Analisis Perhitungan Produktivitas

5.6.1. Analisis Perhitungan Produktivitas Operator Mesin Double *Sizer*

Berdasarkan perhitungan produktivitas yang telah dilakukan didapatkan bahwa produktivitas operator mesin *Double Sizer* pada bulan September 2015 adalah 3,06. Pada bulan tersebut operator masih melakukan aktivitas pengangkatan secara manual dalam pekerjaannya. Sedangkan pada bulan Oktober 2015 produktivitas operator meningkat menjadi 3,32 dimana saat itu operator sudah menggunakan alat *automatic handlift* dalam melakukan pekerjaannya.

Peningkatan produktivitas yang terjadi tentunya tidak lepas dari pengaruh adanya perbaikan yang dilakukan dengan menggunakan alat *automatic handlift*. Jika dilihat pada analisis *time study* yang telah dilakukan jelas terlihat bahwa waktu proses atau *standard time* dari operator mengalami penurunan ketika menggunakan alat *automatic*

handlift. Adanya penurunan *standard time* tentunya sangat berpengaruh terhadap produktivitas operator karena waktu merupakan salah satu input terpenting dalam pengukuran produktivitas. Semakin cepat *standard time* maka semakin banyak pula output kabinet yang dihasilkan oleh operator dan semakin banyak pula waktu yang dihemat sehingga meningkatkan produktivitas operator. Selain itu kondisi volume produksi yang meningkat pada saat periode tersebut juga merupakan pengaruh adanya peningkatan produktivitas operator sehingga operator mampu menghasilkan output yang lebih tinggi.

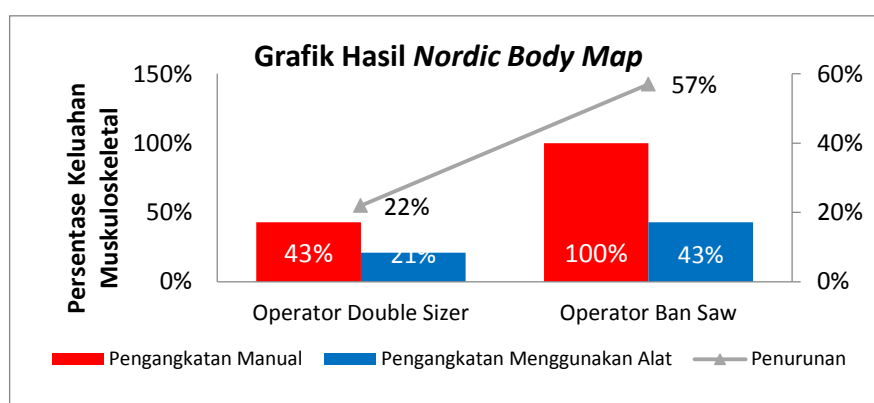
5.6.2. Analisis Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Ban Saw*

Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas operator mesin *Ban Saw* pada bulan September 2016 didapatkan bahwa produktivitas operator sebesar 8,79 dimana pada saat itu operator masih melakukan pengangkatan secara manual dalam melakukan pekerjaannya. Sedangkan produktivitas operator pada bulan Oktober 2016 ketika operator sudah menggunakan alat *manual handlift* adalah sebesar 9,18.

Dari hasil tersebut terlihat adanya peningkatan produktivitas yang terjadi pada operator. Jika dilihat pada analisis *time study* yang telah dilakukan jelas terlihat bahwa *standard time* dari operator mengalami penurunan sebesar 4% ketika menggunakan alat *manual handlift*. Penurunan *standard time* tentunya sangat berpengaruh terhadap produktivitas karena waktu merupakan salah satu input terpenting dalam pengukuran produktivitas. Semakin cepat *standard time* maka semakin banyak pula output kabinet yang dihasilkan oleh operator dan semakin banyak pula waktu yang dihemat sehingga meningkatkan produktivitas operator. Namun peningkatan produktivitas operator mesin *Ban Saw* masih lebih kecil dibandingkan operator mesin *Double Sizer*. Jika dilihat berdasarkan fakta lapangan, faktor produksi menjadi salah satu faktor yang berpengaruh karena pada periode tersebut PT. Yamaha Indonesia mengalami penurunan volume produksi sehingga tentunya *output* yang dihasilkan oleh operator mengalami penurunan mengikuti angka permintaan.

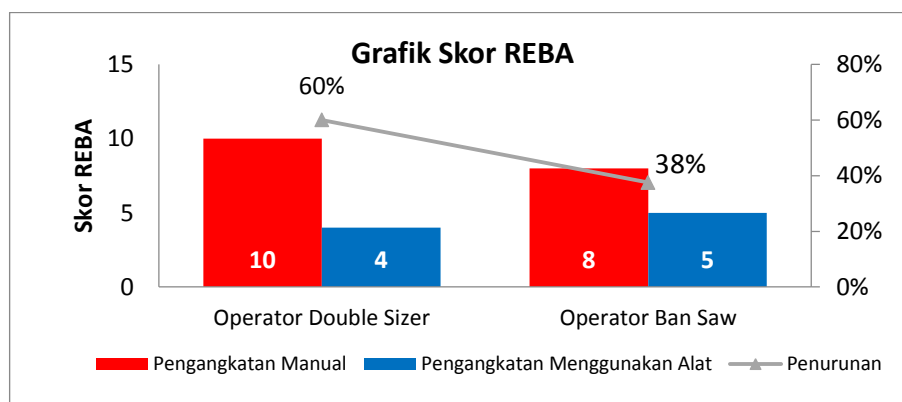
5.7. Rangkuman Hasil

Pada sub bab ini akan ditampilkan perbedaan kondisi sebelum dan sesudah penggunaan kedua alat tersebut berdasarkan hasil dari setiap metode yang digunakan. Hasil identifikasi keluhan muskuloskeletal menggunakan kuisioner *Nordic Body Map* menunjukkan adanya penurunan tingkat keluhan pada operator mesin *Double Sizer* sebesar 22% dan operator mesin *Ban Saw* sebesar 57% seperti yang terlihat pada gambar



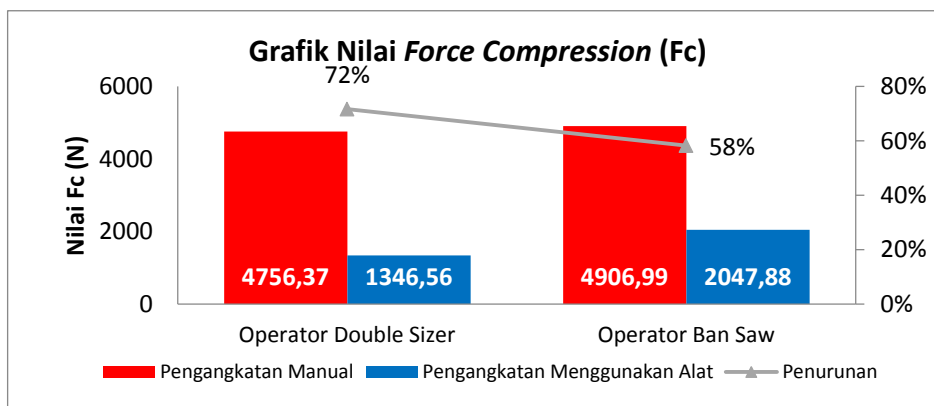
Gambar 5.27 Grafik Hasil *Nordic Body Map*

Pada analisis postur kerja menggunakan metode REBA memberikan hasil bahwa setelah penggunaan kedua alat pengangkatan skor postur kerja dari operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw* mengalami penurunan yang artinya resiko cedera juga menurun. Penurunan skor yang terjadi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



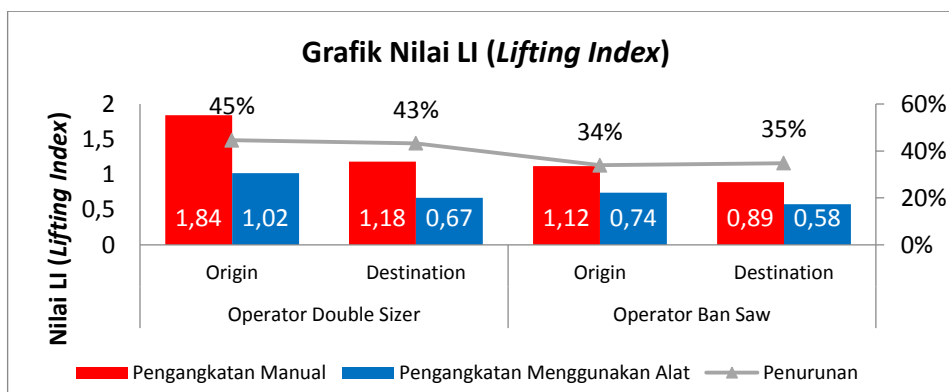
Gambar 5.28 Grafik Skor REBA

Sedangkan pada hasil metode MPL, nilai F_c (*Force Compression*) dari kedua operator juga menurun setelah menggunakan alat bantu pengangkatan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



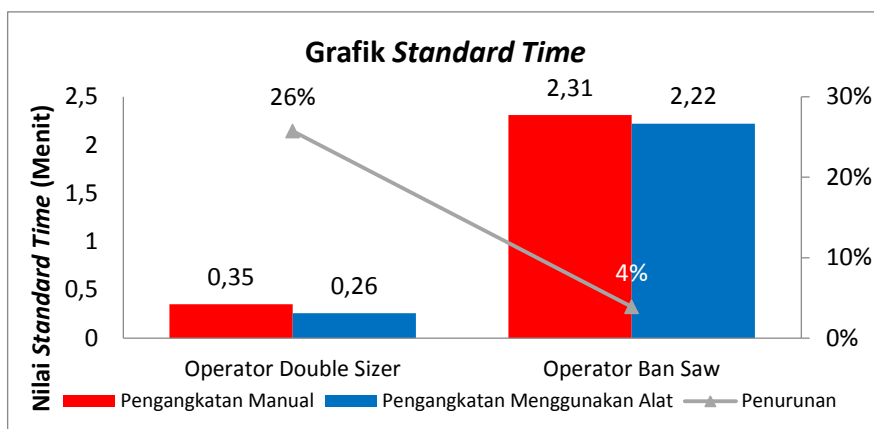
Gambar 5.3 Grafik Nilai *Force Compression* (F_c)

Selanjutnya dari hasil metode RWL, nilai LI (*Lifting Index*) yang didapatkan menunjukkan penurunan pada operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw* saat posisi *origin* dan *destination* seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.

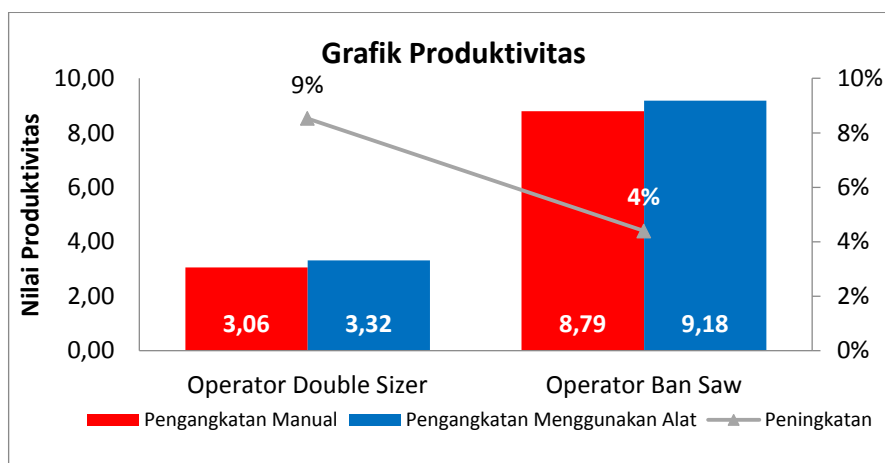


Gambar 5.4 Grafik Nilai LI (*Lifting Index*)

Kemudian pada analisis *time study* menggunakan metode perhitungan *stopwatch* menunjukkan adanya penurunan waktu proses standar (*standard time*) setelah kedua operator menggunakan alat bantu pengangkatan seperti terlihat pada gambar.

Gambar 5.5 Grafik *Standard Time*

Dan terakhir dari hasil perhitungan produktivitas, kedua operator mengalami peningkatan sebesar produktivitas setelah menggunakan alat bantu pengangkatan seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 5.6 Grafik *Produktivitas*

Beberapa hasil dari setiap metode menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan dengan penggunaan alat bantu pengangkatan pada operator mesin *Double Sizer* dan operator mesin *Ban Saw* memberikan efek yang cukup efektif dengan adanya penurunan resiko dari aktivitas pengangkatan. Namun berdasarkan analisis *time study*, penurunan waktu signifikan terjadi pada operator mesin *Double Sizer* yang menggunakan *automatic handlift* sehingga berdampak pada peningkatan produktivitas yang lebih besar daripada operator mesin *Ban Saw*. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan alat *automatic handlift* lebih baik dibandingkan dengan *manual handlift*, hal ini didukung juga dengan waktu *setting* alat *automatic handlift* yang lebih cepat.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan. Beberapa kesimpulan yang didapat antara lain sebagai berikut :

- a. Berdasarkan kusioner *Nordic Body Map* yang telah diisi oleh para operator, operator mesin *Double Sizer* mengalami penurunan tingkat keluhan sebesar 22% setelah menggunakan alat *automatic handlift*. Sedangkan operator mesin *Ban Saw* mengalami penurunan tingkat keluhan sebesar 57% setelah menggunakan alat *manual handlift*.
- b. Berdasarkan hasil metode REBA, postur pengangkatan manual pada operator mesin *Double Sizer* dengan skor 10 dan operator mesin *Ban Saw* dengan skor 8 memiliki resiko tinggi timbulnya cedera muskuloskeletal. Setelah menggunakan alat *automatic handlift*, skor postur operator mesin *Double Sizer* turun menjadi 4 sedangkan operator mesin *Ban Saw* turun skornya menjadi 5 setelah menggunakan *manual handlift* sehingga resiko muskuloskeletal turun pada level medium/sedang.
- c. Berdasarkan hasil metode MPL, nilai *Force Compression* (Fc) operator mesin *Double Sizer* yaitu 4756,37 N dan operator mesin *Ban Saw* sebesar 4906,99 N ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual mengindikasikan bahwa beresiko timbulnya *low back pain*. Setelah menggunakan alat *manual handlift* dan *automatic handlift*, resiko *low back pain* tidak ada karena adanya penurunan nilai *Force Compression* (Fc) pada operator mesin *Double Sizer* yaitu menjadi 1346,56 N dan pada operator mesin *Ban Saw* menjadi 2047,88 N.

- d. Berdasarkan hasil metode RWL, nilai LI (*Lifting Index*) *origin* dan LI *destination* operator mesin *Double Sizer* sebesar 1,84 dan 1,18 dan operator mesin *Ban Saw* sebesar 1,02 dan 0,67 ketika melakukan aktivitas pengangkatan manual mengindikasikan bahwa beresiko timbulnya *low back pain*. Setelah menggunakan alat *manual handlift* dan *automatic handlift*, terjadi penurunan resiko *low back pain* karena adanya penurunan nilai LI menjadi 1,12 dan 0,89 pada operator mesin *Double Sizer* dan pada operator mesin *Ban Saw* nilai LI menjadi 0,74 dan 0,58.
- e. Berdasarkan perhitungan *stopwatch*, terjadi penurunan waktu proses ketika operator menggunakan kedua alat pengangkatan sehingga mampu meningkatkan produktivitas operator *Double Sizer* sebesar 9% dan produktivitas operator *Ban Saw* sebesar 4%. Namun alat *automatic handlift* lebih baik dari segi efisiensi dan efektifitas karena mempunyai waktu *setting* yang lebih cepat dan metode cara *setting* yang lebih mudah. Sehingga jika dilihat dari segi produktivitas, *automatic handlift* dapat membantu operator lebih produktif ketika melakukan pekerjaan yang berkaitan dengan aktivitas pengangkatan dibandingkan alat *manual handlift*.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengurangi resiko yang mungkin masih bisa terjadi akibat aktivitas pengangkatan maka perlu dilakukan penyuluhan dan training mengenai bagaimana melakukan aktivitas pengangkatan atau aktivitas *manual material handling* yang lain dengan aman.
- b. Sebaiknya perusahaan membuat suatu SOP (*Standard Operation Procedure*) bagi beberapa pekerjaan yang melibatkan aktivitas *manual material handling*. Contoh SOP dapat dilihat pada lampiran 7.
- c. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dibutuhkan analisis lebih lanjut pada aspek ergonomi lain yang lebih luas seperti lingkungan kerja fisik (kebisingan, suhu, getaran dan lain-lain) pada PT. Yamaha Indonesia sehingga dapat diciptakan lingkungan kerja yang baik bagi pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ashaik, R.A., Ramadan, M.Z., Al-Saleh, K.S. & Khalaf, T.M., 2015. Effect of safety shoes type, lifting frequency, and ambient temperature on subject's MAWL and physiological responses. *International Journal of Industrial Ergonomics*, L.43-51.
- Ayoub, M.M. & Dempsey, P.G., 1999. The Psychophysical Approach to Material Handling Task Design. *Journal Ergonomics*, XXXXII(1).17-31.
- Barnes, R.M., 1980. *Motion and Time Study : Design and Measurement of Work*. 7th ed. Canada: John Wiley and Sons, Inc.
- Canadian Center of Occupational Health and Safety, 2016. www.ccohs.ca. [Online] Available at: <https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/mmh/mmhintro.html> [Accessed 31 Oktober 2016].
- Center for Disease Control and Prevention, 2007. *Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling*. [Booklet] California Department of Industrial Relations Available at: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-131/pdfs/2007-131.pdf> [Accessed 16 March 2017].
- Delleman, N.J., Haslegrave, C.M. & Chaffin, D.B., 2004. *Working Postures and Movements : Tools for Evaluation and Engineering*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Enggaela, D.I., Effendi, M. & Deoranto, P., 2015. *Analisis Postur Kerja Pengangkutan Gula di Gudang Penyimpanan Dengan Metode Ovako Work Posture Analysis System (OWAS). (Studi Kasus di PG. Rejo Agung Baru Madiun)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- European Agency for Safety and Health at Work, 2007. osha.europa.eu. [Online] Available at: <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/e-facts/efact14/view> [Accessed 28 Februari 2017].
- F. Tayyari dan J. L. Smith, 1997. *Occupational Ergonomics : Principles and Applications*. Chapman & Hall.
- Hignett, S. & McAtamney, L., 2000. Technical Note Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, XXXI.201-205.
- Kementrian Perindustrian Republik Indonesia, 2016. kemenperin.go.id. [Online] Available at: http://www.kemenperin.go.id/statistik/pdb_growthc.php [Accessed 16 March 2017].
- Klein, B., Jensen, R.C. & Sanderson, L.M., 1984. Assesment of Workers' Compensation Claims for Back Strains/Sprains. *Journal of Occupational Medicine*, XXVI(6). 443-48.
- Kroemer, K.H.E., Kroemer, H.B. & Kroemer-Elbert, K.E., 2001. *Ergonomics How To Design For Ease And Efficiency*. New Jersey: Prentice Hall.
- Lavender, S.A., Andersson, G.B.J., Schipplein, O.D. & Fuentes, H.J., 2003. The effects of initial lifting height, load magnitude, and lifting speed on the peak dynamic L5/S1 moments. *International Journal of Industrial Ergonomics*, XXXI.51–59.
- Nakajima, T., Koji, N. & Toshiyuki, M., 2004. *Total Factor Productivity Growth*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Nath, N.D., Akhvian, R. & Behzadan, A.H., 2017. Ergonomic Analysis of Construction Worker's Body Postures Using Wearable Mobile Sensors. *Aplied Ergonomics*, LXII, p.107e117.

- Nimbarte, A.D., 2014. Risk of Neck Musculoskeletal Disorders Among Males and Females in Lifting Exertions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, XLIV.253-59.
- Nurmianto, E., 1996. *Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya Tinjauan Anatomi, Fisiologi, Antropometri, Psikologi, dan Komputasi untuk Perancangan Kerja dan Produk*. Jakarta: PT. Guna Widya.
- Peolsson, A., Marstein, E., McNamara, T. & Nolan, D., 2013. Does posture of the cervical spine influence dorsal neck muscle. *Manual Therapy*, XXX.1-5.
- Plamondon, A. et al., 2012. Relative importance of expertise, lifting height and weight lifted on posture and lumbar external loading during a transfer task in manual material handling. *Journal Ergonomics*, LV(1).87–102.
- Pratomo, N., 2017. *koran.bisnis.com*. [Online] Available at: <http://koran.bisnis.com/read/20170103/448/616059/manufaktur-butuh-pekerja-terampil> [Accessed 16 March 2017].
- Rahmawati, M., 2014. *Perbaikan Postur Kerja Aktivitas Manual Material Handling Untuk Mengurangi Resiko Low-Back Pain Dengan Pendekatan Biomekanika*. Jogjakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Randall, S.B. & Jeter, G., 1997. *A Guide to Manual Materials Handling and Back Safety*. North Carolina: Division of Occupational Safety and Health, North Carolina Dept. of Labor.
- Ravianto, J., 1985. *Produktivitas dan Manusia Indonesia*. Jakarta: Lembaga Sarana Informasi Usaha dan Produktivitas.
- Ray, P.K., Parida, R. & Sarkar, S., 2015. Ergonomic analysis of construction jobs in India: A biomechanical. *Procedia Manufacturing*, III.4606 – 4612.
- Resnick, M.L. & Zanotti, A., 1997. USING ERGONOMICS TO TARGET PRODUCTIVITY IMPROVEMENTS. *Computers & Industrial Engineering*, XXXIII(2).185-88.
- Santiasih, I., 2013. Kajian Manual Material Handling Terhadap Kejadian Low Back Pain Pada Pekerja Tekstil. *Jurnal Teknik Industri UNDIP*, III(1).
- Sedarmayanti, 2001. *Sumber Daya Manusia dan Produktivitas Kerja*. Jakarta: Mandar Maju.
- Smith, F.T.a.J.L., 1997. *Occupational Ergonomics : Principles and Applications*. Chapman & Hall.
- Stambolian, D., Eltoukhy, M. & Asfour, S., 2016. Development and Validation of a Three dimensional Dynamic Diomechanical Lifting Model for Lower Back Evaluation for Careful Box Placement. *International Journal of Industrial Ergonomics*, LIV.10-18.
- Sukania, I.W., Widodo, L. & Natalia, D., 2013. Identifikasi Keluhan Biomekanik dan Kebutuhan Operator Proses Packing di PT X. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, VI(1).1-94.
- Sutari, W., Yekti, Y.N.D., Astuti, M.D. & Sarid, Y.M., 2015. Analysis of Working Posture on Muscular Skeleton Disorders of Operator in Stamp Scraping in 'Batik Cap' Industry. *Procedia Manufacturing*, 4.133-38.
- Tirtayasa, K., Adiputra, I.N. & Djestawana, I.G., 2003. The Change of Working Posture in Manggur Decreases Cardiovascular Load and Musculoskeletal Complaints Among Balinese Craftmen. *Jurnal Human Ergology*. *Jurnal Human Ergology*, 32.71-76.
- Waters, T.R., Putz-Anderson, V. & Garg, A., 1994. *Application Manual for The Revised NIOSH Lifting Equation*. Ohio: U.S Department of Health and Human Services.

- Wignjosoebroto, S., 2003. *ERGONOMI : Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya.
- Workineh, S.A. & Yamaura, H., 2016. Multi-position Ergonomic Computer Workstation Design to Increase Comfort of Computer Work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53.1-9.
- Zein, R.M. et al., 2015. A Survey on Working Postures among Malaysian Industrial. *Procedia Manufacturing*, II.450-59.

LAMPIRAN 1

Data Kusiner *Nordic Body Map* (NBM)

- a. Data Kusiner *Nordic Body Map* Operator Mesin Double Sizer Pengangkatan Manual

No	Location	Level of Complaints			
		A	B	C	D
0	<i>Upper neck</i> /Atas leher	V			
1	<i>Lower neck</i> /Bawah leher	V			
2	<i>Left shoulder</i> /Kiri bahu		V		
3	<i>Right shoulder</i> /Kanan bahu		V		
4	<i>Left upper arm</i> /Kiri atas lengan		V		
5	<i>Back</i> /Punggung	V			
6	<i>Right upper arm</i> /Kanan atas lengan		V		
7	<i>Waist</i> /Pinggang			V	
8	<i>Buttock</i> /Pantat			V	
9	<i>Bottom</i> /Bagian bawah pantat				
10	<i>Left elbow</i> /Kiri siku	V			
11	<i>Right elbow</i> /Kanan siku	V			
12	<i>Left lower arm</i> /Kiri lengan bawah	V			
13	<i>Right lower arm</i> /Kanan lengan bawah	V			
14	<i>Left wrist</i> / Pergelangan tangan Kiri	V			
15	<i>Right wrist</i> / Pergelangan tangan Kanan	V			
16	<i>Left hand</i> / Tangan Kiri		V		
17	<i>Right hand</i> / Tangan Kanan		V		
18	<i>Left thigh</i> / Paha Kiri	V			
19	<i>Right thigh</i> / Paha Kanan	V			
20	<i>Left knee</i> / Lutut Kiri	V			
21	<i>Right knee</i> / Lutut Kanan	V			
22	<i>Left calf</i> / Betis Kiri		V		
23	<i>Right calf</i> / Betis Kanan		V		
24	<i>Left ankle</i> / Pergelangan kaki Kiri	V			
25	<i>Right ankle</i> / Pergelangan kaki Kanan	V			
26	<i>Left foot</i> /kaki kiri	V			
27	<i>Right foot</i> /kaki kanan	V			

- b. Data Kusioner *Nordic Body Map* Operator Mesin Double Sizer Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift*

No	Location	Level of Complaints			
		A	B	C	D
0	<i>Upper neck</i> /Atas leher	V			
1	<i>Lower neck</i> /Bawah leher	V			
2	<i>Left shoulder</i> /Kiri bahu	V			
3	<i>Right shoulder</i> /Kanan bahu	V			
4	<i>Left upper arm</i> /Kiri atas lengan		V		
5	<i>Back</i> /Punggung	V			
6	<i>Right upper arm</i> /Kanan atas lengan		V		
7	<i>Waist</i> /Pinggang	V			
8	<i>Buttock</i> /Pantat	V			
9	<i>Bottom</i> /Bagian bawah pantat	V			
10	<i>Left elbow</i> /Kiri siku	V			
11	<i>Right elbow</i> /Kanan siku	V			
12	<i>Left lower arm</i> /Kiri lengan bawah	V			
13	<i>Right lower arm</i> /Kanan lengan bawah	V			
14	<i>Left wrist</i> / Pergelangan tangan Kiri	V			
15	<i>Right wrist</i> / Pergelangan tangan Kanan	V			
16	<i>Left hand</i> / Tangan Kiri		V		
17	<i>Right hand</i> / Tangan Kanan		V		
18	<i>Left thigh</i> / Paha Kiri	V			
19	<i>Right thigh</i> / Paha Kanan	V			
20	<i>Left knee</i> / Lutut Kiri	V			
21	<i>Right knee</i> / Lutut Kanan	V			
22	<i>Left calf</i> / Betis Kiri		V		
23	<i>Right calf</i> / Betis Kanan		V		
24	<i>Left ankle</i> / Pergelangan kaki Kiri	V			
25	<i>Right ankle</i> / Pergelangan kaki Kanan	V			
26	<i>Left foot</i> /kaki kiri	V			
27	<i>Right foot</i> /kaki kanan	V			

c. Data Kusioner *Nordic Body Map* Operator Mesin Ban Saw Pengangkatan Manual

No	Location	Level of Complaints			
		A	B	C	D
0	<i>Upper neck</i> /Atas leher			V	
1	<i>Lower neck</i> /Bawah leher			V	
2	<i>Left shoulder</i> /Kiri bahu				V
3	<i>Right shoulder</i> /Kanan bahu				V
4	<i>Left upper arm</i> /Kiri atas lengan			V	
5	<i>Back</i> /Punggung			V	
6	<i>Right upper arm</i> /Kanan atas lengan			V	
7	<i>Waist</i> /Pinggang				V
8	<i>Buttock</i> /Pantat				V
9	<i>Bottom</i> /Bagian bawah pantat				V
10	<i>Left elbow</i> /Kiri siku			V	
11	<i>Right elbow</i> /Kanan siku			V	
12	<i>Left lower arm</i> /Kiri lengan bawah				V
13	<i>Right lower arm</i> /Kanan lengan bawah				V
14	<i>Left wrist</i> / Pergelangan tangan Kiri				V
15	<i>Right wrist</i> / Pergelangan tangan Kanan				V
16	<i>Left hand</i> / Tangan Kiri				V
17	<i>Right hand</i> / Tangan Kanan				V
18	<i>Left thigh</i> / Paha Kiri			V	
19	<i>Right thigh</i> / Paha Kanan			V	
20	<i>Left knee</i> / Lutut Kiri		V		
21	<i>Right knee</i> / Lutut Kanan		V		
22	<i>Left calf</i> / Betis Kiri		V		
23	<i>Right calf</i> / Betis Kanan		V		
24	<i>Left ankle</i> / Pergelangan kaki Kiri			V	
25	<i>Right ankle</i> / Pergelangan kaki Kanan			V	
26	<i>Left foot</i> /kaki kiri				V
27	<i>Right foot</i> /kaki kanan				V

- d. Data Kusioner *Nordic Body Map* Operator Mesin Ban Saw Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift*

No	Location	Level of Complaints			
		A	B	C	D
0	<i>Upper neck</i> /Atas leher	V			
1	<i>Lower neck</i> /Bawah leher	V			
2	<i>Left shoulder</i> /Kiri bahu		V		
3	<i>Right shoulder</i> /Kanan bahu		V		
4	<i>Left upper arm</i> /Kiri atas lengan			V	
5	<i>Back</i> /Punggung	V			
6	<i>Right upper arm</i> /Kanan atas lengan			V	
7	<i>Waist</i> /Pinggang	V			
8	<i>Buttock</i> /Pantat	V			
9	<i>Bottom</i> /Bagian bawah pantat	V			
10	<i>Left elbow</i> /Kiri siku		V		
11	<i>Right elbow</i> /Kanan siku		V		
12	<i>Left lower arm</i> /Kiri lengan bawah		V		
13	<i>Right lower arm</i> /Kanan lengan bawah		V		
14	<i>Left wrist</i> / Pergelangan tangan Kiri			V	
15	<i>Right wrist</i> / Pergelangan tangan Kanan			V	
16	<i>Left hand</i> / Tangan Kiri			V	
17	<i>Right hand</i> / Tangan Kanan			V	
18	<i>Left thigh</i> / Paha Kiri	V			
19	<i>Right thigh</i> / Paha Kanan	V			
20	<i>Left knee</i> / Lutut Kiri	V			
21	<i>Right knee</i> / Lutut Kanan	V			
22	<i>Left calf</i> / Betis Kiri	V			
23	<i>Right calf</i> / Betis Kanan	V			
24	<i>Left ankle</i> / Pergelangan kaki Kiri	V			
25	<i>Right ankle</i> / Pergelangan kaki Kanan	V			
26	<i>Left foot</i> /kaki kiri	V			
27	<i>Right foot</i> /kaki kanan	V			

LAMPIRAN 2

Langkah Pengolahan Data Metode REBA Menggunakan *Software Ergofellow*

- a. Operator Mesin Double Sizer Pengangkatan Menggunakan *Automatic Handlift*
Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data menggunakan *software Ergofellow*.

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☒ Neck, trunk and legs ☐ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Neck, trunk and legs

Neck

☐ In extension ☒ 0 to 20 degrees ☐ More than 20 degrees

Additional

☐ Neck is twisted or side bending

Trunk

☐ In extension ☒ Straight ☐ 0 to 20 degrees ☐ 20 to 60 degrees ☐ More than 60 degrees

Additional

☐ Trunk is twisted or side bending

Legs

☒ Support in the two legs, walking or seated ☐ Support in one leg ☐ 30 to 60 degrees ☐ More than 60 degrees

Gambar.1 Identifikasi Postur Grup A

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs ☒ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Load

☐ Load < 5 kg
Load < 11 lb ☐ Load 5 to 10 kg
Load 11 to 22 lb ☒ Load > 10 kg
Load > 22 lb

Additional

☐ Shock or rapid build up of force

Gambar.2 Identifikasi Beban Operator

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☒ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☐ Activity

Upper arm, lower arm and wrist

Upper arm

☐ In extension more than 20 degrees
 ☒ - 20 to 20 degrees
 ☐ 20 to 45 degrees
 ☐ 45 to 90 degrees
 ☐ More than 90 degrees

Additional

☒ Upper arm is abducted
 ☐ Shoulder is raised
 ☐ Arm is supported or person is leaning

Lower arm

☐ 60 to 100 degrees
 ☒ 0 to 60 degrees or more than 100 degrees

Wrist

☒ Between 15 degrees up and 15 degrees down
 ☐ More than 15 degrees up or more than 15 degrees down

Additional

☐ Wrist is bent from midline or twisted

Gambar.3 Identifikasi Postur Grup B

REBA

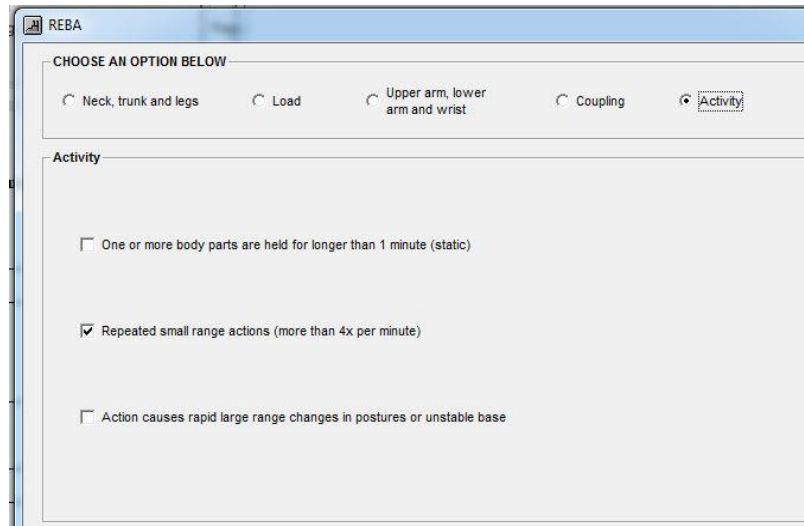
CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☒ Coupling
 ☐ Activity

Coupling

☐ Good
 ☐ Fair
 ☒ Poor
 ☐ Unacceptable

Gambar.4 Identifikasi *Coupling* (Genggaman)



REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☒ Activity

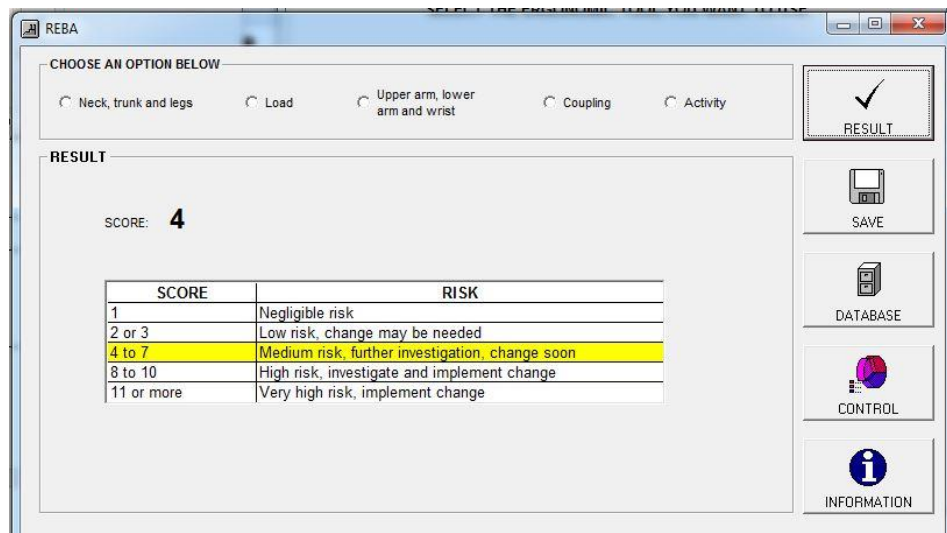
Activity

☐ One or more body parts are held for longer than 1 minute (static)

☒ Repeated small range actions (more than 4x per minute)

☐ Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Gambar.5 Identifikasi Activity Score



REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☒ Activity

RESULT

SCORE: **4**

SCORE	RISK
1	Negligible risk
2 or 3	Low risk, change may be needed
4 to 7	Medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	High risk, investigate and implement change
11 or more	Very high risk, implement change

RESULT

SAVE

DATABASE

CONTROL

INFORMATION

Gambar.6 Skor Akhir REBA

b. Operator Mesin Ban Saw Pengangkatan Manual

Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data menggunakan *software* Ergofellow.

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☒ Neck, trunk and legs ☐ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Neck, trunk and legs

Neck

☒ In extension ☐ 0 to 20 degrees ☐ More than 20 degrees

Trunk

☐ In extension ☐ Straight ☐ 0 to 20 degrees ☐ 20 to 60 degrees ☒ More than 60 degrees

Legs

☒ Support in the two legs, walking or seated ☐ Support in one leg

Additional

☐ Neck is twisted or side bending

☐ Trunk is twisted or side bending

☐ 30 to 60 degrees

☐ More than 60 degrees

Gambar.7 Identifikasi Postur Grup A

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs ☒ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Load

☐ Load < 5 kg
Load < 11 lb ☐ Load 5 to 10 kg
Load 11 to 22 lb ☒ Load > 10 kg
Load > 22 lb

Additional

☐ Shock or rapid build up of force

Gambar.8 Identifikasi Beban Operator

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☒ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☐ Activity

Upper arm, lower arm and wrist

Upper arm

☐ In extension more than 20 degrees
 ☒ - 20 to 20 degrees
 ☐ 20 to 45 degrees
 ☐ 45 to 90 degrees
 ☐ More than 90 degrees

Additional

☐ Upper arm is abducted
 ☐ Shoulder is raised
 ☐ Arm is supported or person is leaning

Lower arm

☐ 60 to 100 degrees
 ☒ 0 to 60 degrees or more than 100 degrees

Wrist

☒ Between 15 degrees up and 15 degrees down
 ☐ More than 15 degrees up or more than 15 degrees down

Additional

☐ Wrist is bent from midline or twisted

Gambar.9 Identifikasi Postur Grup B

REBA

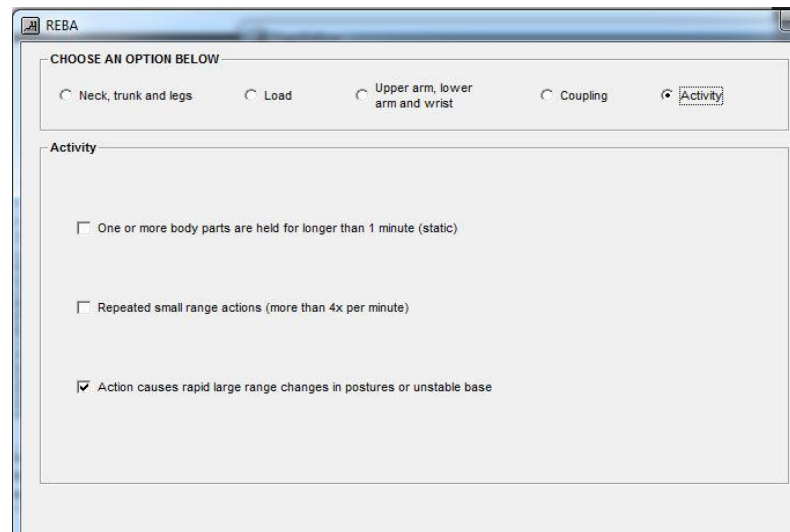
CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☒ Coupling
 ☐ Activity

Coupling

☐ Good
 ☐ Fair
 ☒ Poor
 ☐ Unacceptable

Gambar.10 Identifikasi *Coupling* (Genggaman)



REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☒ Activity

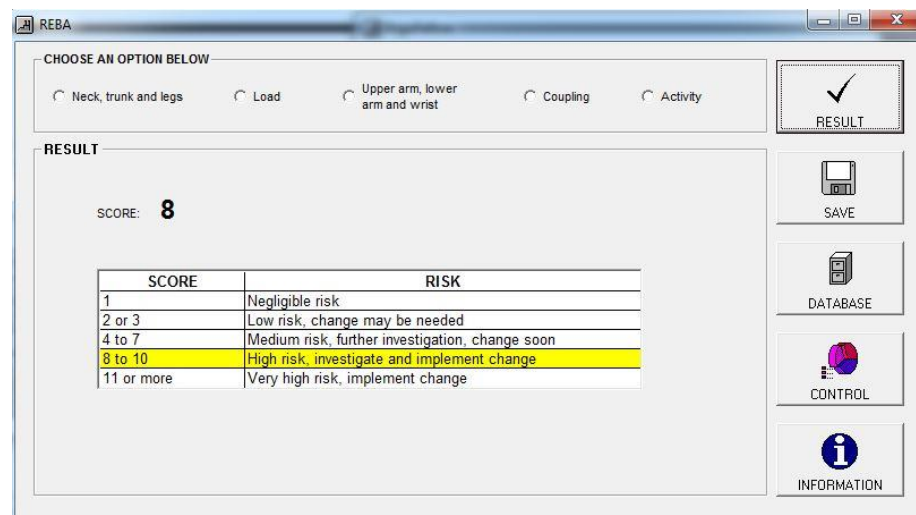
Activity

☐ One or more body parts are held for longer than 1 minute (static)

☐ Repeated small range actions (more than 4x per minute)

☒ Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Gambar.11 Identifikasi Activity Score



REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☒ Activity

RESULT

SCORE: **8**

SCORE	RISK
1	Negligible risk
2 or 3	Low risk, change may be needed
4 to 7	Medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	High risk, investigate and implement change
11 or more	Very high risk, implement change

RESULT

SAVE

DATABASE

CONTROL

INFORMATION

Gambar.12 Skor Akhir REBA

- c. Operator Mesin Double Sizer Pengangkatan Menggunakan *Manual Handlift*
Berikut ini merupakan tahapan pengolahan data menggunakan *software* Ergofellow.

The screenshot shows the REBA software interface with the 'Neck, trunk and legs' option selected. The interface is divided into three main sections: Neck, Trunk, and Legs. Each section has a set of icons representing different postures and an 'Additional' checkbox for specific conditions.

Neck, trunk and legs

Neck

- ☐ In extension
- ☒ 0 to 20 degrees
- ☐ More than 20 degrees
- ☐ Neck is twisted or side bending

Trunk

- ☐ In extension
- ☐ Straight
- ☒ 0 to 20 degrees
- ☐ 20 to 60 degrees
- ☐ More than 60 degrees
- ☐ Trunk is twisted or side bending

Legs

- ☒ Support in the two legs, walking or seated
- ☐ Support in one leg
- ☐ 30 to 60 degrees
- ☐ More than 60 degrees

Gambar.13 Identifikasi Postur Grup A

The screenshot shows the REBA software interface with the 'Load' option selected. The interface is divided into a 'Load' section and an 'Additional' section.

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs ☒ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

Load

- ☐ Load < 5 kg
Load < 11 lb
- ☐ Load 5 to 10 kg
Load 11 to 22 lb
- ☒ Load > 10 kg
Load > 22 lb

Additional

- ☐ Shock or rapid build up of force

Gambar.14 Identifikasi Beban Operator

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☒ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☐ Activity

Upper arm, lower arm and wrist

Upper arm

☐ In extension more than 20 degrees
 ☒ - 20 to 20 degrees
 ☐ 20 to 45 degrees
 ☐ 45 to 90 degrees
 ☐ More than 90 degrees

Additional

☐ Upper arm is abducted
 ☐ Shoulder is raised
 ☐ Arm is supported or person is leaning

Lower arm

☒ 60 to 100 degrees
 ☐ 0 to 60 degrees or more than 100 degrees

Wrist

☒ Between 15 degrees up and 15 degrees down
 ☐ More than 15 degrees up or more than 15 degrees down

Additional

☒ Wrist is bent from midline or twisted

Gambar.15 Identifikasi Postur Grup B

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☒ Coupling
 ☐ Activity

Coupling

☐ Good
 ☐ Fair
 ☒ Poor
 ☐ Unacceptable

Gambar.16 Identifikasi *Coupling* (Genggaman)

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs
 ☐ Load
 ☐ Upper arm, lower arm and wrist
 ☐ Coupling
 ☒ Activity

Activity

☐ One or more body parts are held for longer than 1 minute (static)

☐ Repeated small range actions (more than 4x per minute)

☒ Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Gambar.17 Identifikasi *Activity Score*

REBA

CHOOSE AN OPTION BELOW

☐ Neck, trunk and legs ☐ Load ☐ Upper arm, lower arm and wrist ☐ Coupling ☐ Activity

RESULT

SCORE: **5**

SCORE	RISK
1	Negligible risk
2 or 3	Low risk, change may be needed
4 to 7	Medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	High risk, investigate and implement change
11 or more	Very high risk, implement change

RESULT

SAVE

DATABASE

CONTROL

INFORMATION

Gambar.18 Skor Akhir REBA

LAMPIRAN 3

Langkah Perhitungan Metode MPL

- a. Perhitungan MPL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Automatic Handlift* Operator Mesin *Double Sizer*

Telapak Tangan

$$\begin{aligned} W_{\text{badan}} &= \text{massa badan} \times g \\ &= 50 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_H &= 0,6\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 0,6\% \times 500 \text{ N} \\ &= 3 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_o &= \text{massa benda (kabinet)} \times g \\ &= 16,5 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 165 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yw} &= W_o/2 + W_H \\ &= (165 \text{ N}/2) + 3 \text{ N} \\ &= 85,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_w &= (W_o/2 + W_H) \times SL_1 \times \cos \theta_1 \\ &= 85,5 \text{ N} \times 0,06 \times \cos 39,49^\circ \\ &= 3,96 \text{ N} \end{aligned}$$

Lengan Bawah

$$\lambda_2 = 43\%$$

$$\begin{aligned} W_{LA} &= 1,7\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 1,7\% \times 500 \text{ N} \\ &= 8,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ye} &= F_{yw} + W_{LA} \\ &= 85,5 \text{ N} + 8,5 \text{ N} \\ &= 94 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_e &= M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos \theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos \theta_2) \\ &= 3,96 \text{ Nm} + (8,5 \text{ N} \times 43\% \times 0,235 \text{ m} \times \cos 13,05^\circ) + (85,5 \text{ N} \times 0,235 \text{ m} \times \cos 13,05^\circ) \\ &= 24,37 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Lengan Atas

$$\lambda_3 = 43,6\%$$

$$\begin{aligned} W_{UA} &= 2,8\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 2,8\% \times 500 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 14 \text{ N} \\
 F_{ys} &= F_{ye} + W_{UA} \\
 &= 94 \text{ N} + 14 \text{ N} \\
 &= 108 \text{ N} \\
 M_S &= M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos \theta_3) + (F_{ye} \times SL_3 \times \cos \theta_3) \\
 &= 24,37 \text{ Nm} + (14 \text{ N} \times 43,6\% \times 0,225 \times \cos 69,38^\circ) + (94 \text{ N} \times 0,225 \text{ m} \times \cos 69,38^\circ) \\
 &= 32,30 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Punggung

$$\begin{aligned}
 \lambda_4 &= 67\% \\
 W_T &= 50\% \times W_{\text{badan}} \\
 &= 50\% \times 500 \text{ N} \\
 &= 250 \text{ N} \\
 F_{yt} &= 2F_{ys} + W_T \\
 &= (2 \times 108 \text{ N}) + 250 \text{ N} \\
 &= 466 \text{ N} \\
 M_t &= 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \theta_4) \\
 &= (2 \times 32,30 \text{ Nm}) + (250 \text{ N} \times 67\% \times 0,435 \text{ m} \times \cos 88,83^\circ) + (2 \times 108 \text{ N} \times 0,435 \text{ m} \times \cos 88,83^\circ) \\
 &= 68,01 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Total Gaya

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tot}} &= W_o + 2 W_H + 2 W_{LA} + 2 W_{UA} + W_t \\
 &= 165 \text{ N} + (2 \times 3 \text{ N}) + (2 \times 8,5 \text{ N}) + (2 \times 14 \text{ N}) + 250 \text{ N} \\
 &= 466 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tekanan Perut (PA)

$$\begin{aligned}
 PA &= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(\theta_H + \theta_T)]}{75} [M_{\frac{L_5}{S_1}}^{1,8}] \\
 &= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(85,57^\circ + 77,31^\circ)]}{75} [M_{\frac{L_5}{S_1}}^{1,8}] \\
 &= 0,041 \text{ N/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_A &= P_A \times A_A \\
 &= 0,041 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2 \\
 &= 19,28 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Spinal Erector (F_M)

$$\begin{aligned}
 F_M &= \frac{M_{L5/S1} - F_A \cdot D}{E} \\
 &= \frac{68,01 \text{ Nm} - 19,8 \text{ N} \times 0,11}{0,05 \text{ m}} \\
 &= 1317,76 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Tekan Pada L5/S1 (Force Compression/F_c)

$$\begin{aligned}
 F_c &= W_{\text{tot}} \cdot \cos \theta_4 + F_A + F_M \\
 &= (466 \text{ N} \times \cos 88,83^\circ) + 19,28 \text{ N} + 1317,76 \text{ N} \\
 &= 1346,56 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Hasil akhir nilai F_c adalah sebesar 1346,56 N yang merupakan gaya tekan yang diterima oleh operator pada bagian L5/S1. Jika dibandingkan dengan nilai AL dan MPL maka nilai F_c ada dibawah nilai AL.

b. Perhitungan MPL Aktivitas Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*Telapak Tangan

$$\begin{aligned} W_{\text{badan}} &= \text{massa badan} \times g \\ &= 70 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 700 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_H &= 0,6\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 0,6\% \times 700 \text{ N} \\ &= 4,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_o &= \text{massa benda (kabinet)} \times g \\ &= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 150 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yw} &= W_o/2 + W_H \\ &= (150 \text{ N}/2) + 4,2 \text{ N} \\ &= 79,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_w &= (W_o/2 + W_H) \times SL_1 \times \cos \theta_1 \\ &= 79,2 \text{ N} \times 0,05 \times \cos 58,77^\circ \\ &= 2,05 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Lengan Bawah

$$\lambda_2 = 43\%$$

$$\begin{aligned} W_{LA} &= 1,7\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 1,7\% \times 700 \text{ N} \\ &= 11,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ye} &= F_{yw} + W_{LA} \\ &= 79,2 \text{ N} + 11,9 \text{ N} \\ &= 91,1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_e &= M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos \theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos \theta_2) \\ &= 2,05 \text{ Nm} + (11,9 \text{ N} \times 43\% \times 0,225 \text{ m} \times \cos 59,33^\circ) + (79,2 \text{ N} \times 0,225 \text{ m} \times \cos 59,33^\circ) \\ &= 11,73 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Lengan Atas

$$\lambda_3 = 43,6\%$$

$$\begin{aligned} W_{UA} &= 2,8\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 2,8\% \times 700 \text{ N} \\ &= 19,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ys} &= F_{ye} + W_{UA} \\ &= 91,1 \text{ N} + 19,6 \text{ N} \\ &= 110,7 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_S &= M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos \theta_3) + (F_{ye} \times SL_3 \times \cos \theta_3) \\
&= 11,73 \text{ Nm} + (19,6 \text{ N} \times 43,6\% \times 0,225 \times \cos 71,84^\circ) + (91,1 \text{ N} \times 0,225 \text{ m} \times \cos 71,84^\circ) \\
&= 18,72 \text{ Nm}
\end{aligned}$$

Punggung

$$\lambda_4 = 67\%$$

$$\begin{aligned}
W_T &= 50\% \times W_{\text{badan}} \\
&= 50\% \times 700 \text{ N} \\
&= 350 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F_{yt} &= 2F_{ys} + W_T \\
&= (2 \times 110,7 \text{ N}) + 350 \text{ N} \\
&= 571,4 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_t &= 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \theta_4) \\
&= (2 \times 18,72 \text{ Nm}) + (350 \text{ N} \times 67\% \times 0,425 \text{ m} \times \cos 7,09^\circ) + (2 \times 110,7 \text{ N} \times 0,425 \text{ m} \times \cos 7,09^\circ) \\
&= 229,71 \text{ Nm}
\end{aligned}$$

Total Gaya

$$\begin{aligned}
W_{\text{tot}} &= W_o + 2 W_H + 2 W_{LA} + 2 W_{UA} + W_t \\
&= 150 \text{ N} + (2 \times 4,2 \text{ N}) + (2 \times 11,9 \text{ N}) + (2 \times 19,6 \text{ N}) + 350 \text{ N} \\
&= 571,4 \text{ N}
\end{aligned}$$

Tekanan Perut (PA)

$$\begin{aligned}
PA &= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(\theta_H + \theta_T)]}{75} [M_{\frac{L5}{S1}}^{1,8}] \\
&= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(18,59^\circ + 80,84^\circ)]}{75} [M_{\frac{L5}{S1}}^{1,8}] \\
&= 0,171 \text{ N/cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
FA &= PA \times AA \\
&= 0,171 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2 \\
&= 79,46 \text{ N}
\end{aligned}$$

Gaya Spinal Erector (F_M)

$$\begin{aligned}
 F_M &= \frac{M_{L5/S1} - F_A \cdot D}{E} \\
 &= \frac{229,71 \text{ Nm} - 19,8 \text{ N} \times 0,11}{0,05 \text{ m}} \\
 &= 4419,42 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Tekan Pada L5/S1 (Force Compression/F_C)

$$\begin{aligned}
 F_C &= W_{\text{tot}} \cdot \cos \theta_4 + F_A + F_M \\
 &= (571,4 \text{ N} \times \cos 7,09^\circ) + 79,46 \text{ N} + 4419,42 \text{ N} \\
 &= 4906,99 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Hasil akhir nilai F_C adalah sebesar 4806,99 N yang merupakan gaya tekan yang diterima oleh operator pada bagian L5/S1. Jika dibandingkan dengan nilai AL dan MPL maka nilai F_C ada diantara nilai AL dan nilai MPL.

c. Perhitungan MPL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Manual Handlift*
Operator Mesin *Ban Saw*

Telapak Tangan

$$\begin{aligned} W_{\text{badan}} &= \text{massa badan} \times g \\ &= 70 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 700 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_H &= 0,6\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 0,6\% \times 700 \text{ N} \\ &= 4,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_o &= \text{massa benda (kabinet)} \times g \\ &= 15 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 150 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{yw} &= W_o/2 + W_H \\ &= (150 \text{ N}/2) + 4,2 \text{ N} \\ &= 79,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_w &= (W_o/2 + W_H) \times SL_1 \times \cos \theta_1 \\ &= 79,2 \text{ N} \times 0,05 \times \cos 61,48^\circ \\ &= 0,19 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Lengan Bawah

$$\lambda_2 = 43\%$$

$$\begin{aligned} W_{LA} &= 1,7\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 1,7\% \times 700 \text{ N} \\ &= 11,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{ye} &= F_{yw} + W_{LA} \\ &= 79,2 \text{ N} + 11,9 \text{ N} \\ &= 91,1 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_e &= M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \cos \theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \cos \theta_2) \\ &= 0,19 \text{ Nm} + (11,9 \text{ N} \times 43\% \times 0,225 \text{ m} \times \cos 26,09^\circ) + (79,2 \text{ N} \times 0,225 \text{ m} \times \cos 26,09^\circ) \\ &= 17,23 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Lengan Atas

$$\lambda_3 = 43,6\%$$

$$\begin{aligned} W_{UA} &= 2,8\% \times W_{\text{badan}} \\ &= 2,8\% \times 700 \text{ N} \\ &= 19,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{ys} &= F_{ye} + W_{UA} \\
 &= 91,1 \text{ N} + 19,6 \text{ N} \\
 &= 110,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_s &= M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos \theta_3) + (F_{ye} \times SL_3 \times \cos \theta_3) \\
 &= 17,23 \text{ Nm} + (19,6 \text{ N} \times 43,6\% \times 0,225 \times \cos 89,99^\circ) + (91,1 \text{ N} \times 0,225 \text{ m} \times \cos 89,99^\circ) \\
 &= 17,23 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Punggung

$$\lambda_4 = 67\%$$

$$\begin{aligned}
 W_T &= 50\% \times W_{\text{badan}} \\
 &= 50\% \times 700 \text{ N} \\
 &= 350 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{yt} &= 2F_{ys} + W_T \\
 &= (2 \times 110,7 \text{ N}) + 350 \text{ N} \\
 &= 571,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_t &= 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \theta_4) \\
 &= (2 \times 17,23 \text{ Nm}) + (350 \text{ N} \times 67\% \times 0,425 \text{ m} \times \cos 71,11^\circ) + (2 \times 110,7 \text{ N} \times 0,425 \text{ m} \times \cos 71,11^\circ) \\
 &= 97,19 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Total Gaya

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tot}} &= W_o + 2 W_H + 2 W_{LA} + 2 W_{UA} + W_t \\
 &= 150 \text{ N} + (2 \times 4,2 \text{ N}) + (2 \times 11,9 \text{ N}) + (2 \times 19,6 \text{ N}) + 350 \text{ N} \\
 &= 571,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Tekanan Perut (PA)

$$\begin{aligned}
 PA &= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(\theta_H + \theta_T)]}{75} [M_{\frac{L_5}{S_1}}^{1,8}] \\
 &= \frac{10^{-4} [43 - 0,360(78,76^\circ + 70,65^\circ)]}{75} [M_{\frac{L_5}{S_1}}^{1,8}] \\
 &= 0,19 \text{ N/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_A &= P_A \times A_A \\
 &= 0,19 \text{ N/cm}^2 \times 465 \text{ cm}^2 \\
 &= 25,30 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Spinal Erector (F_M)

$$\begin{aligned}
 F_M &= \frac{M_{L5/S1} - F_A \cdot D}{E} \\
 &= \frac{97,19 \text{ Nm} - 19,8 \text{ N} \times 0,11}{0,05 \text{ m}} \\
 &= 1888,19 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Tekan Pada L5/S1 (Force Compression/F_c)

$$\begin{aligned}
 F_c &= W_{\text{tot}} \cdot \cos \theta_4 + F_A + F_M \\
 &= (571,4 \text{ N} \times \cos 71,11^\circ) + 25,30 \text{ N} + 1888,19 \text{ N} \\
 &= 2047,88 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Hasil akhir nilai F_c adalah sebesar 2047,88 N yang merupakan gaya tekan yang diterima oleh operator pada bagian L5/S1. Jika dibandingkan dengan nilai AL dan MPL maka nilai F_c ada dibawah nilai AL.

LAMPIRAN 4

Perhitungan Metode RWL (*Recommended Weight Limit*)

- a. Perhitungan RWL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Automatic Handlift* Operator Mesin *Double Sizer*

RWL Origin

LC = 23 kg	L = 16,5 kg
V = 80 cm	D = $V_{origin} - V_{destination} = 13$ cm
H = 20 cm	A = 30°

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{20} = 1,25$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |80 - 75| = 0,98$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{13} = 1,17$$

$$FM = 3 \text{ angkatan/menit (berdasarkan tabel Frekuensi nilai yang didapat adalah 0,55)}$$

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 30) = 0,90$$

$$CM = 0,90 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,25 \times 0,98 \times 1,17 \times 0,90 \times 0,55 \times 0,90 \\ &= 14,76 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{16,5 \text{ kg}}{14,76 \text{ kg}} = 1,12$$

RWL Destination

LC = 23 kg	L = 16,5 kg
V = 93 cm	D = $V_{origin} - V_{destination} = 13$ cm
H = 16 cm	A = 30°

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{16} = 1,56$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |93 - 75| = 0,94$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{13} = 1,17$$

$$FM = 3 \text{ angkatan/menit (berdasarkan tabel Frekuensi nilai yang didapat adalah 0,55)}$$

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 30) = 0,90$$

$$CM = 0,95 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,56 \times 0,94 \times 1,17 \times 0,90 \times 0,55 \times 0,95 \\ &= 18,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{16,5 \text{ kg}}{18,63 \text{ kg}} = 0,89$$

Berdasarkan perhitungan RWL pada kondisi *origin* didapatkan nilai RWL sebesar 14,76 kg dan nilai LI sebesar 1,12. Sedangkan pada kondisi *destination* didapatkan nilai RWL sebesar 18,63 kg dan nilai LI sebesar 0,89.

b. Perhitungan RWL Aktivitas Pengangkatan Manual Operator Mesin *Ban Saw*

RWL Origin

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$L = 15 \text{ kg}$$

$$V = 12 \text{ cm}$$

$$D = V_{origin} - V_{destination} = 71 \text{ cm}$$

$$H = 20 \text{ cm}$$

$$A = 15^\circ$$

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{20} = 1,25$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |12 - 75| = 0,79$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{71} = 0,88$$

$$FM = 0,85 \text{ (Frekuensi pengangkatan kurang atau hanya 1 kali dalam 5 menit ditetapkan } F = 0,2 \text{ angkatan/menit)}$$

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 15) = 0,95$$

$$CM = 0,90 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,25 \times 0,79 \times 0,88 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,90 \\ &= 14,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{15 \text{ kg}}{14,70 \text{ kg}} = 1,02$$

RWL Destination

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$L = 15 \text{ kg}$$

$$V = 83 \text{ cm}$$

$$D = V_{origin} - V_{destination} = 71 \text{ cm}$$

$$H = 17 \text{ cm}$$

$$A = 15^\circ$$

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{17} = 1,47$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |83 - 75| = 0,97$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{71} = 0,88$$

$$FM = 0,85 \text{ (Frekuensi pengangkatan kurang atau hanya 1 kali dalam 5 menit ditetapkan } F = 0,2 \text{ angkatan/menit)}$$

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 15) = 0,95$$

$$CM = 0,95 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,47 \times 0,97 \times 0,88 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,95 \\ &= 22,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{15 \text{ kg}}{22,37 \text{ kg}} = 0,67$$

Berdasarkan perhitungan RWL pada kondisi *origin* didapatkan nilai RWL sebesar 14,70 kg dan nilai LI sebesar 1,02. Sedangkan pada kondisi *destination* didapatkan nilai RWL sebesar 22,37 kg dan nilai LI sebesar 0,67.

- c. Perhitungan RWL Aktivitas Pengangkatan Menggunakan Alat *Manual Handlift* Operator Mesin *Ban Saw*

RWL Origin

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$L = 15 \text{ kg}$$

$$V = 60 \text{ cm}$$

$$D = V_{origin} - V_{destination} = 23 \text{ cm}$$

$$H = 20 \text{ cm}$$

$$A = 15^\circ$$

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{20} = 1,25$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |60 - 75| = 0,95$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{23} = 1,02$$

$$FM = 0,85 \text{ (Frekuensi pengangkatan kurang atau hanya 1 kali dalam 5 menit)}$$

ditetapkan $F = 0,2$ angkatan/menit)

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 15) = 0,95$$

$$CM = 0,90 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,25 \times 0,95 \times 1,02 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,90 \\ &= 20,23 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{15 \text{ kg}}{20,23 \text{ kg}} = 0,74$$

RWL Destination

$$LC = 23 \text{ kg}$$

$$L = 15 \text{ kg}$$

$$V = 83 \text{ cm}$$

$$D = V_{origin} - V_{destination} = 23 \text{ cm}$$

$$H = 17 \text{ cm}$$

$$A = 15^\circ$$

$$HM = \frac{25}{H} = \frac{25}{17} = 1,47$$

$$VM = 1 - 0,00326 |V - 75| = 1 - 0,00326 |83 - 75| = 0,97$$

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D} = 0,82 + \frac{4,5}{23} = 1,02$$

$$FM = 0,85 \text{ (Frekuensi pengangkatan kurang atau hanya 1 kali dalam 5 menit ditetapkan } F = 0,2 \text{ angkatan/menit)}$$

$$AM = 1 - 0,0032A = 1 - (0,0032 \times 15) = 0,95$$

$$CM = 0,95 \text{ (berdasarkan table coupling, dengan tipe coupling : poor)}$$

$$LC = 23$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} RWL &= LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \\ &= 23 \times 1,47 \times 0,97 \times 1,02 \times 0,95 \times 0,85 \times 0,95 \\ &= 25,72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai *Lifting Index* (LI)

$$LI = \frac{L}{RWL} = \frac{15 \text{ kg}}{25,72} = 0,58$$

Berdasarkan perhitungan RWL pada kondisi *origin* didapatkan nilai RWL sebesar 20,23 kg dan nilai LI sebesar 0,74. Sedangkan pada kondisi *destination* didapatkan nilai RWL sebesar 25,72 kg dan nilai LI sebesar 0,58.

LAMPIRAN 5

Data Waktu Proses

a. Data Waktu Proses Kabinet *Side Arm* (Operator Mesin *Double Sizer*)

Manual

Elemen Kerja		Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	10,21	11,4	10,53	10,51	11,21	10,31	11,47	10,3	10,72	10,62
	Menit	0,17	0,19	0,18	0,18	0,19	0,17	0,19	0,17	0,18	0,18
Memasukkan kabinet ke mesin	Detik	10,55	10,15	10,51	10,76	11,65	11,6	10,54	7,89	9,54	9,38
	Menit	0,18	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,18	0,13	0,16	0,16

Handlift

Elemen Kerja		Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	4,78	5,84	4,42	4,51	6,73	5,76	5,38	4,82	5,51	5,45
	Menit	0,08	0,10	0,07	0,08	0,11	0,10	0,09	0,08	0,09	0,09
Memasukkan kabinet ke mesin	Detik	10,55	10,15	10,51	10,76	11,65	11,6	10,54	7,89	9,54	9,38
	Menit	0,18	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,18	0,13	0,16	0,16

b. Data Operator Mesin *Ban Saw*

Untuk menghitung produktivitas operator mesin *Ban Saw* pada saat melakukan pekerjaannya menggunakan alat *Manual Handlift* atau pun secara manual maka dibutuhkan data *standar time* (ST) dari operator tersebut sebagai input dalam perhitungan produktivitas. Berikut ini merupakan data *standar time* (ST) operator mesin *Ban Saw* ketika melakukan pekerjaan menggunakan alat *Manual Handlift*.

Manual B1/B2

Elemen Kerja		Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	13,67	8,27	7,75	12,45	12,43	11,6	13,5	12,76	11,54	9,78
	Menit	0,23	0,14	0,13	0,21	0,21	0,19	0,23	0,21	0,19	0,16
Menggambar	Detik	18,29	20,26	19,80	18,35	19,21	18,37	18,62	20,07	19,49	18,35
	Menit	0,30	0,34	0,33	0,31	0,32	0,31	0,31	0,33	0,32	0,31
Potong Treble	Detik	94,32	92,21	104,08	92,69	96,92	101,07	100,79	92,65	93,78	98,51
	Menit	1,57	1,54	1,73	1,54	1,62	1,68	1,68	1,54	1,56	1,64
Simpan treble	Detik	12,1	11,45	12,6	10,57	12,1	10,7	11,7	10,7	12,34	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	0,18	0,20	0,18	0,20	0,18	0,21	0,20

Manual B3

Elemen Kerja		Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	13,67	8,27	7,75	12,45	12,43	11,6	13,5	12,76	11,54	9,78
	Menit	0,23	0,14	0,13	0,21	0,21	0,19	0,23	0,21	0,19	0,16
Menggambar	Detik	22,31	20,54	21,08	21,06	21,81	21,07	22,54	21,31	22,05	21,06
	Menit	0,37	0,34	0,35	0,35	0,36	0,35	0,38	0,36	0,37	0,35
Potong Treble	Detik	79,43	84,56	87,57	92,93	79,43	97,89	85,93	81,26	88,80	95,57
	Menit	1,32	1,41	1,46	1,55	1,32	1,63	1,43	1,35	1,48	1,59
Simpan treble	Detik	12,1	11,45	12,6	10,57	12,1	10,7	11,7	10,7	12,34	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	0,18	0,20	0,18	0,20	0,18	0,21	0,20

Menggunakan *Manual Handlift* B1/B2

Elemen Kerja		Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	5,73	5,59	5,26	5,14	5,56	6,59	5,58	6,58	5,41	4,87
	Menit	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,11	0,09	0,08
Menggambar	Detik	18,29	20,26	19,80	18,35	19,21	18,37	18,62	20,07	19,49	18,35
	Menit	0,30	0,34	0,33	0,31	0,32	0,31	0,31	0,33	0,32	0,31
Potong Treble	Detik	94,32	92,21	104,08	92,69	96,92	101,07	100,79	92,65	93,78	98,51
	Menit	1,57	1,54	1,73	1,54	1,62	1,68	1,68	1,54	1,56	1,64
Simpan treble	Detik	12,10	11,45	12,60	10,57	12,10	10,70	11,70	10,70	12,34	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	0,18	0,20	0,18	0,20	0,18	0,21	0,20

Menggunakan *Manual Handlift* B3

Elemen Kerja		Pengamatan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mengangkat kabinet	Detik	5,73	5,59	5,26	5,14	5,56	6,59	5,58	6,58	5,41	4,87
	Menit	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,11	0,09	0,08
Menggambar	Detik	22,31	20,54	21,08	21,06	21,81	21,07	22,54	21,31	22,05	21,06
	Menit	0,37	0,34	0,35	0,35	0,36	0,35	0,38	0,36	0,37	0,35
Potong Treble	Detik	79,43	84,56	87,57	92,93	79,43	97,89	85,93	81,26	88,80	95,57
	Menit	1,32	1,41	1,46	1,55	1,32	1,63	1,43	1,35	1,48	1,59
Simpan treble	Detik	12,10	11,45	12,60	10,57	12,10	10,70	11,70	10,70	12,34	12,27
	Menit	0,20	0,19	0,21	0,18	0,20	0,18	0,20	0,18	0,21	0,20

LAMPIRAN 6

Perhitungan Produktivitas

a. Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Double Sizer*

Perhitungan Produktivitas Bulan September 2015

Tanggal	Model	ST	Output Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Output (Unit)	Produktivitas
1	B1	0,35	42	38,82	28	3,47
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	21			
	U1J	0,35	12			
2	B1	0,35	0	13,99	10	1,25
	B2	0,35	0			
	B3	0,35	25			
	U1J	0,35	15			
3	B1	0,35	56	44,94	32	4,02
	B2	0,35	40			
	B3	0,35	18			
	U1J	0,35	15			
4	B1	0,35	10	19,94	14	1,78
	B2	0,35	15			
	B3	0,35	20			
	U1J	0,35	12			
7	B1	0,35	52	42,14	30	3,77
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	18			
	U1J	0,35	15			
8	B1	0,35	45	36,72	26	3,28
	B2	0,35	0			
	B3	0,35	25			
	U1J	0,35	35			
9	B1	0,35	12	18,89	14	1,69
	B2	0,35	6			
	B3	0,35	21			
	U1J	0,35	15			
10	B1	0,35	32	35,32	25	3,16
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	21			
	U1J	0,35	12			
11	B1	0,35	36	48,62	35	4,34
	B2	0,35	21			
	B3	0,35	12			
	U1J	0,35	70			
14	B1	0,35	0	12,59	9	1,13
	B2	0,35	21			
	B3	0,35	15			
	U1J	0,35	0			
15	B1	0,35	42	34,45	25	3,08
	B2	0,35	24			
	B3	0,35	18			
	U1J	0,35	15			
16	B1	0,35	42	23,08	17	2,06

Tanggal	Model	ST	Output Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Output (Unit)	Produktivitas
17	B2	0,35	24	48,27	35	4,31
	B3	0,35	0			
	U1J	0,35	0			
	B1	0,35	42			
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	25			
	U1J	0,35	35			
18	B1	0,35	42	27,28	20	2,44
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	0			
	U1J	0,35	0			
21	B1	0,35	42	38,65	28	3,45
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	18			
	U1J	0,35	15			
22	B1	0,35	42	38,65	28	3,45
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	18			
	U1J	0,35	15			
23	B1	0,35	65	49,31	35	4,41
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	25			
	U1J	0,35	15			
24	B1	0,35	57	45,12	32	4,03
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	21			
	U1J	0,35	15			
25	P121	0,35	12	18,89	14	1,69
	B2	0,35	6			
	B3	0,35	21			
	U1J	0,35	15			
28	B1	0,35	70	37,07	27	3,31
	B2	0,35	0			
	B3	0,35	21			
	U1J	0,35	15			
29	B1	0,35	65	49,31	35	4,41
	B2	0,35	36			
	B3	0,35	25			
	U1J	0,35	15			
30	B1	0,35	40	30,43	22	2,72
	B2	0,35	15			
	B3	0,35	20			
	U1J	0,35	12			
Rata-rata						3,06

Perhitungan Produktivitas Bulan Oktober 2015

Tanggal	Model	ST	Output Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Output (Unit)	Produktivitas
1	B1	0,26	45	29,86	29	3,59
	B2	0,26	40			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	15			
2	B1	0,26	45	27,26	26	3,28
	B2	0,26	32			
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	10			
5	B1	0,26	45	25,44	25	3,06
	B2	0,26	28			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	10			
6	B1	0,26	45	18,17	18	2,19
	B2	0,26	0			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	10			
7	B1	0,26	45	28,56	28	3,44
	B2	0,26	40			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	10			
8	B1	0,26	45	18,17	18	2,19
	B2	0,26	0			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	10			
9	B1	0,26	45	29,34	28	3,53
	B2	0,26	40			
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	10			
12	B1	0,26	87	48,29	47	5,81
	B2	0,26	66			
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	15			
13	B1	0,26	116	48,55	47	5,84
	B2	0,26	46			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	10			
14	B1	0,26	0	9,35	9	1,13
	B2	0,26	21			
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	0			
15	B1	0,26	53	30,63	30	3,69

Tanggal	Model	ST	Output Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Output (Unit)	Produktivitas
16	B2	0,26	40	22,33	22	2,69
	B3	0,26	15			
	U1J	0,26	10			
	B1	0,26	21			
	B2	0,26	15			
	B3	0,26	25			
	U1J	0,26	25			
19	B1	0,26	85	42,84	41	5,16
	B2	0,26	60			
	B3	0,26	0			
	U1J	0,26	20			
	B1	0,26	56			
20	B2	0,26	36	30,38	29	3,66
	B3	0,26	0			
	U1J	0,26	25			
	B1	0,26	0			
21	B2	0,26	24	10,77	10	1,30
	B3	0,26	0			
	U1J	0,26	18			
	B1	0,26	0			
22	B2	0,26	48	12,46	12	1,50
	B3	0,26	0			
	U1J	0,26	0			
	B1	0,26	108			
23	B2	0,26	12	31,15	30	3,75
	B3	0,26	0			
	U1J	0,26	0			
	B1	0,26	32			
26	B2	0,26	21	18,04	17	2,17
	B3	0,26	12			
	U1J	0,26	5			
	P121	0,26	45			
27	B2	0,26	40	29,34	28	3,53
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	10			
	B1	0,26	0			
28	B2	0,26	80	29,34	28	3,53
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	15			
	B1	0,26	65			
29	B2	0,26	36	36,61	35	4,41
	B3	0,26	25			

Tanggal	Model	ST	Output Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Output (Unit)	Produktivitas
30	U1J	0,26	15	29,34	28	3,53
	B1	0,26	40			
	B2	0,26	40			
	B3	0,26	18			
	U1J	0,26	15			
Rata-rata						3,32

b. Perhitungan Produktivitas Operator Mesin *Ban Saw*

Perhitungan Produktivitas Bulan September 2016

Tanggal	Model	ST	Ouput Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Ouput (Unit)	Produktivitas
01/09/2016	B1	2,31	43	215,95	32	9,86
	B2	2,31	19			
	B3	2,20	33			
02/09/2016	B1	2,31	37	114,40	17	5,22
	B2	2,31	2			
	B3	2,20	11			
05/09/2016	B1	2,31	42	228,45	33	10,43
	B2	2,31	33			
	B3	2,20	25			
06/09/2016	B1	2,31	47	228,80	34	10,44
	B2	2,31	31			
	B3	2,20	22			
07/09/2016	B1	2,31	4	217,00	32	9,90
	B2	2,31	67			
	B3	2,20	24			
08/09/2016	B1	2,31	5	216,65	32	9,89
	B2	2,31	63			
	B3	2,20	27			
09/09/2016	B1	2,31	30	183,34	27	8,37
	B2	2,31	35			
	B3	2,20	15			
13/09/2016	B1	2,31	36	241,75	35	11,03
	B2	2,31	40			
	B3	2,20	30			
14/09/2016	B1	2,31	39	228,45	33	10,43
	B2	2,31	36			
	B3	2,20	25			
15/09/2016	B1	2,31	41	229,03	34	10,45
	B2	2,31	39			
	B3	2,20	20			
16/09/2016	B1	2,31	73	282,01	41	12,87
	B2	2,31	28			
	B3	2,20	22			
19/09/2016	B1	2,31	44	182,18	27	8,31
	B2	2,31	11			
	B3	2,20	25			
20/09/2016	B1	2,31	53	158,12	23	7,22

Tanggal	Model	ST	Ouput Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Ouput (Unit)	Produktivitas
21/09/2016	B2	2,31	3	219,78	32	10,03
	B3	2,20	13			
	B2	2,31	38			
	B2	2,31	57			
	B3	2,20	0			
22/09/2016	B1	2,31	44	205,20	30	9,36
	B2	2,31	20			
	B3	2,20	26			
23/09/2016	B1	2,31	43	160,32	23	7,32
	B2	2,31	13			
	B3	2,20	14			
26/09/2016	B1	2,31	33	206,13	30	9,41
	B2	2,31	39			
	B3	2,20	18			
27/09/2016	B1	2,31	58	204,97	30	9,35
	B2	2,31	23			
	B3	2,20	8			
28/09/2016	B1	2,31	35	191,55	28	8,74
	B2	2,31	25			
	B3	2,20	24			
29/09/2016	B1	2,31	49	168,30	25	7,68
	B2	2,31	19			
	B3	2,20	5			
Rata-rata						8,79

Perhitungan Produktivitas Bulan Oktober 2016

Tanggal	Model	ST (Menit)	Ouput Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Ouput (Unit)	Produktivitas
03/10/2016	B1	2,22	28	120,47	18	5,74
	B2	2,22	14			
	B3	2,10	13			
04/10/2016	B1	2,22	56	207,31	32	9,88
	B2	2,22	28			
	B3	2,10	10			
05/10/2016	B1	2,22	33	174,64	27	8,32
	B2	2,22	23			
	B3	2,10	24			
06/10/2016	B1	2,22	62	171,59	26	8,17
	B2	2,22	4			
	B3	2,10	12			
07/10/2016	B1	2,22	44	141,72	22	6,75
	B2	2,22	0			
	B3	2,10	21			
10/10/2016	B1	2,22	41	132,96	20	6,33
	B2	2,22	0			
	B3	2,10	20			
11/10/2016	B1	2,22	30	174,29	27	8,30
	B2	2,22	23			
	B3	2,10	27			
12/10/2016	B1	2,22	34	158,76	24	7,56
	B2	2,22	12			
	B3	2,10	27			

Tanggal	Model	ST (Menit)	Ouput Awal	Total Jam Kerja (Menit)	Ouput (Unit)	Produktivitas
13/10/2016	B1	2,22	19	161,21	25	7,68
	B2	2,22	30			
	B3	2,10	25			
14/10/2016	B1	2,22	47	222,73	34	10,61
	B2	2,22	25			
	B3	2,10	30			
17/10/2016	B1	2,22	24	163,55	25	7,79
	B2	2,22	27			
	B3	2,10	24			
18/10/2016	B1	2,22	43	207,79	32	9,90
	B2	2,22	27			
	B3	2,10	25			
19/10/2016	B1	2,22	40	219,69	34	10,47
	B2	2,22	42			
	B3	2,10	18			
20/10/2016	B1	2,22	37	218,29	33	10,40
	B2	2,22	33			
	B3	2,10	30			
21/10/2016	B1	2,22	38	164,24	25	7,82
	B2	2,22	19			
	B3	2,10	18			
24/10/2016	B1	2,22	48	209,18	32	9,97
	B2	2,22	34			
	B3	2,10	13			
25/10/2016	B1	2,22	42	219,57	34	10,46
	B2	2,22	39			
	B3	2,10	19			
26/10/2016	B1	2,22	34	176,26	27	8,40
	B2	2,22	36			
	B3	2,10	10			
27/10/2016	B1	2,22	49	220,27	34	10,49
	B2	2,22	38			
	B3	2,10	13			
28/10/2016	B1	2,22	34	176,03	27	8,39
	B2	2,22	34			
	B3	2,10	12			
31/10/2016	B1	2,22	44	175,91	27	8,38
	B2	2,22	23			
	B3	2,10	13			
Rata-rata						9,18

LAMPIRAN 7

Contoh SOP Untuk Pekerjaan Yang Melibatkan Aktivitas Pengangkatan

Sumber : (Center for Disease Control and Prevention, 2007)

1. Hindari postur tubuh membungkuk pada saat melakukan aktivitas pengangkatan. Rendahkan dahulu posisi punggung baru kemudian ambil barang yang akan diangkat seperti pada gambar di bawah ini.



2. Dekatkan barang yang diangkat ke badan pada saat aktivitas pengangkatan



3. Lakukan pengangkatan berkelompok jika barang terlalu besar atau tidak memungkinkan dibawa sendiri.



4. Jika mengangkat barang yang berada pada posisi lebih tinggi gunakanlah tangga.



5. Jika barang diangkat pada bagian bahu, tempatkan bantalan pada bagian bahu untuk mencegah cedera yang timbul.



6. Istirahat cukup sesuai dengan kebutuhan fisik pekerja.
7. Prosedur lain dapat dilihat pada dokumen *Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling* yang dikeluarkan oleh *California Department of Industrial Relations*.