

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 (EMG)</i>
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 (OWAS)</i> , <i>Nordic Body Map (NBM)</i>
Raemy Md. Zein, et al. (2015)	Postur Kerja Pekerja Industri Malaysia	Survey Kuisioner
Sutari, et al. (2015)	Postur Kerja Pekerja Batik	<i>RULA, Nordic Body Map (NBM)</i>

Nama Peneliti	Objek Penelitian	Metode
Workineh, S. A. & Yamaura, H (2015)	Postur Kerja Stasiun Kerja Komputer	Kuisisioner 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

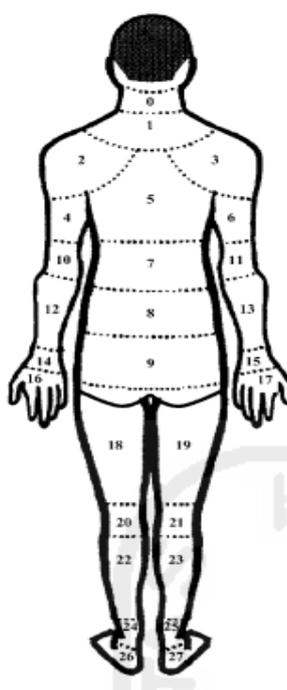
Nordic Body Map adalah alat identifikasi subjektif berupa suatu kuisisioner yang digunakan untuk mengidentifikasi rasa tidak nyaman atau keluhan dari anggota tubuh yang dirasakan ketika melakukan aktivitas kerja. Untuk menekan bias yang terjadi, sebaiknya pengisian *Nordic Body Map* dilakukan sebelum 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.



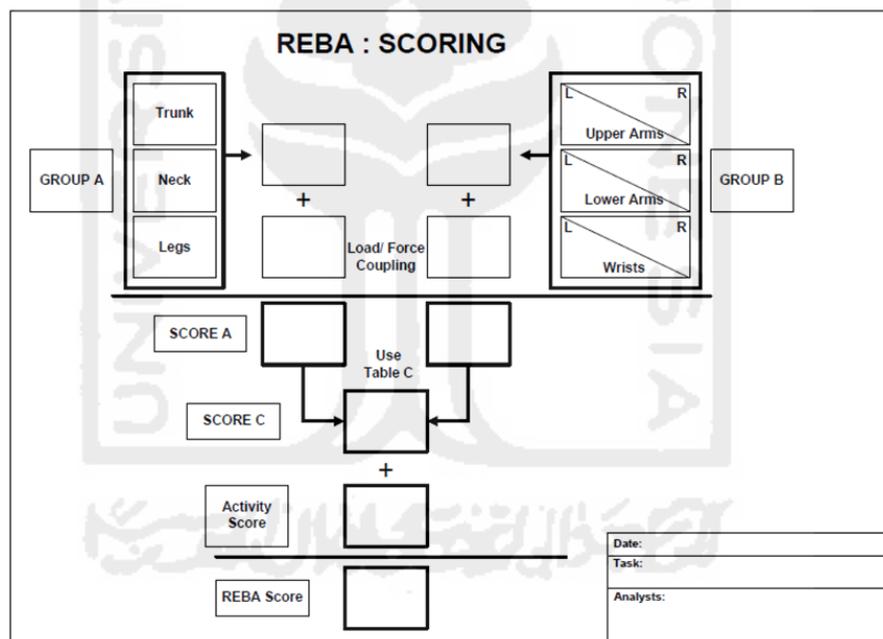
No	Location	Grade of complaints			
		A	B	C	D
0	Pain/stiff in the upper neck				
1	Pain in the lower neck				
2	Pain in the left shoulder				
3	Pain in the right shoulder				
4	Pain in the left upper arm				
5	Pain in the back				
6	Pain in the right upper arm				
7	Pain in the waist				
8	Pain in the buttock				
9	Pain in the bottom				
10	Pain in the left elbow				
11	Pain in the right elbow				
12	Pain in the left lower arm				
13	Pain in the right lower arm				
14	Pain in the left wrist				
15	Pain in the right wrist				
16	Pain in the left hand				
17	Pain in the right hand				
18	Pain in the left thigh				
19	Pain in the right thigh				
20	Pain in the left knee				
21	Pain in the right knee				
22	Pain in the left calf				
23	Pain in the right calf				
24	Pain in the left ankle				
25	Pain in the right ankle				
26	Pain in the left foot				
27	Pain in the right foot				

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 Assesment*).

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.

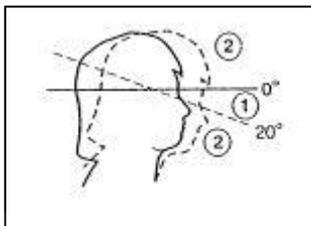


Gambar 2.2 Skema Penilaian REBA
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

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.



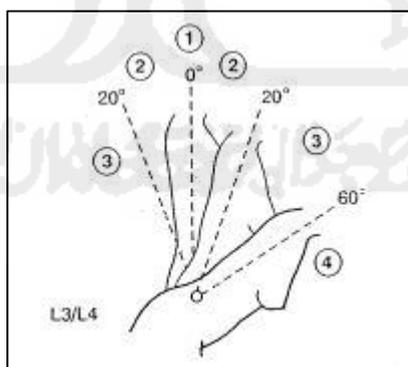
Gambar 2.3 Pergerakan Tubuh Bagian Leher
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

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

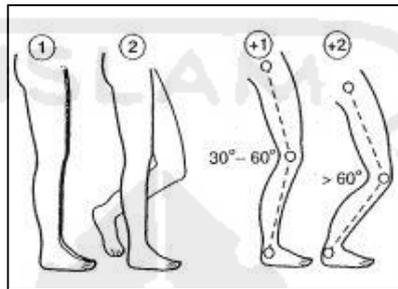
Tabel 2.4 Penentuan Skor Punggung

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° flexion atau $> 20^{\circ}$ extension	3	
$> 60^{\circ}$ flexion	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

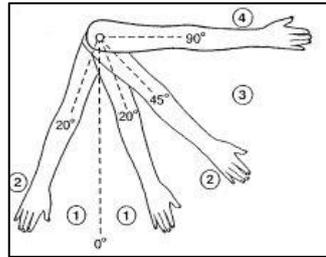
Tabel 2.5 Penentuan Skor Pergelangan Tangan

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



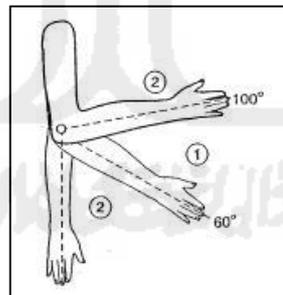
Gambar 2.6 Pergerakan Tubuh Bagian Leher
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

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.



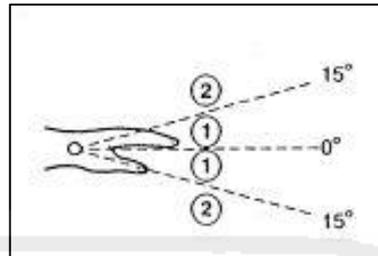
Gambar 2.7 Pergerakan Tubuh Bagian Lengan Bawah
Sumber : Hignett dan McAtamney, 2000

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

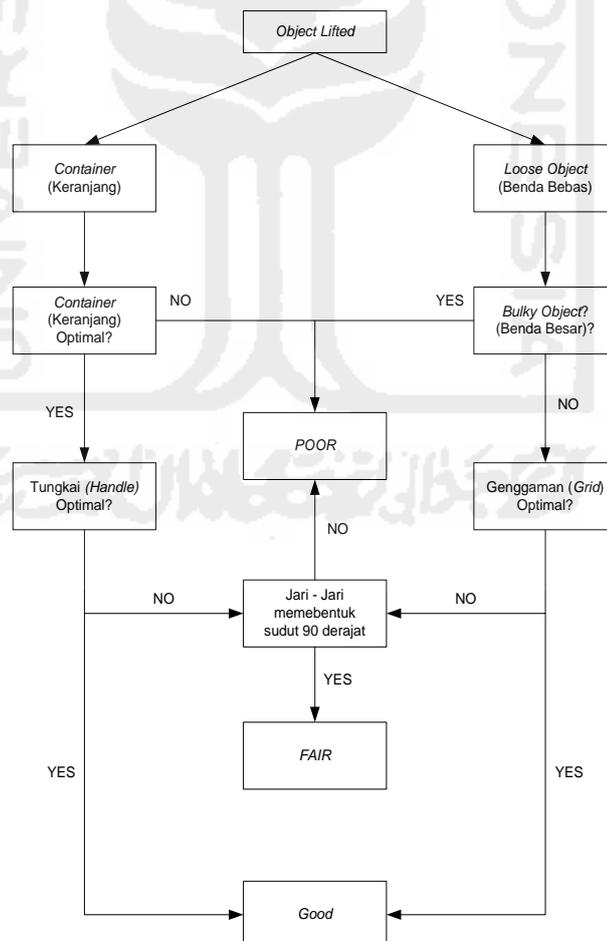
Sistem pengskoran dilanjutkan dengan menentukan nilai *coupling*, beban dan aktivitas pekerjaan (*activity score*) berdasarkan beberapa kategori dapat dilihat pada tabel 2.12 dan tabel 2.13.

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>	Skor REBA	Level Resiko	Tindakan Perbaikan
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

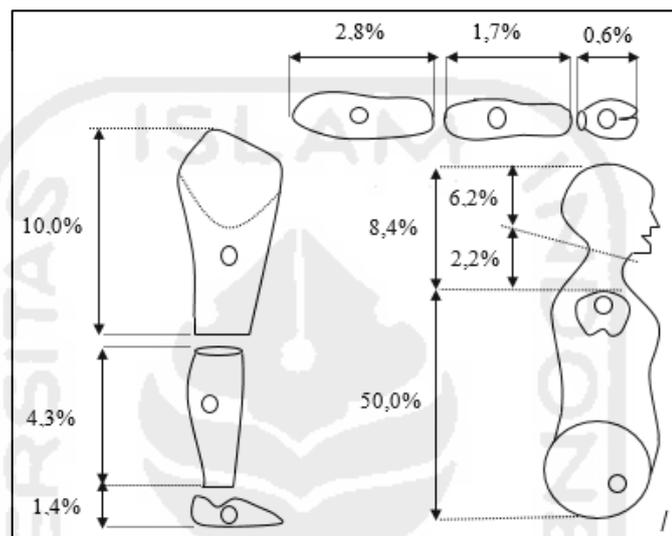
2.2.4. MPL (*Maximum Permissible Limit*)

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 :

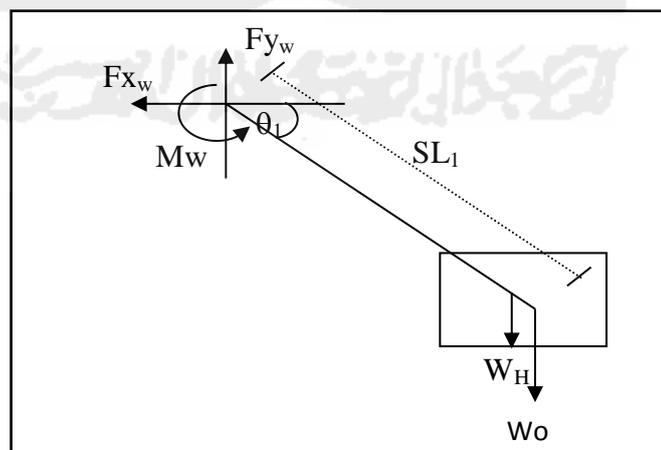
- a. $F_c < AL$: Aman
- b. $AL < F_c < MPL$: Perlu hati-hati
- c. $F_c > MPL$: Berbahaya

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

$$\Sigma F_y = 0$$

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

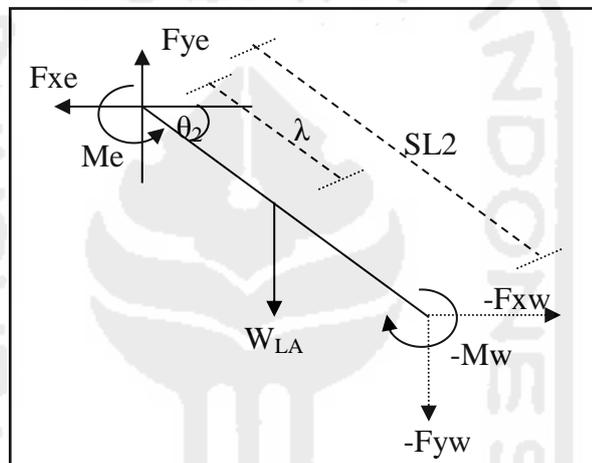
$$\Sigma M = 0$$

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

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

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

2. Lengan Bawah



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

$$\Sigma F_y = 0$$

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

$$\Sigma M = 0$$

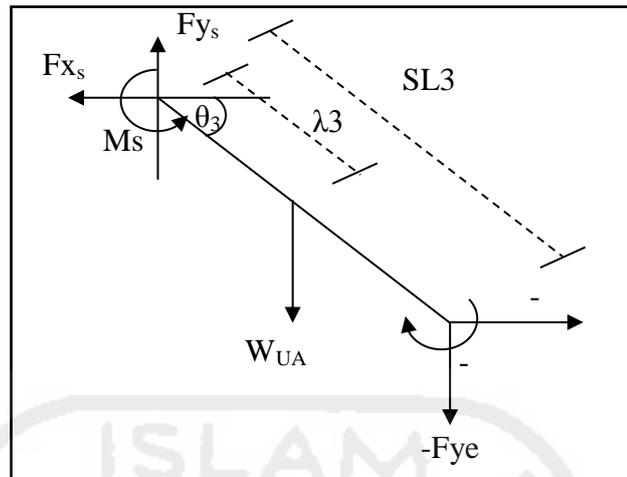
$$\lambda_2 = 43\%$$

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

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

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

3. Lengan Atas



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

$$\Sigma F_y = 0$$

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

$$\Sigma M = 0$$

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

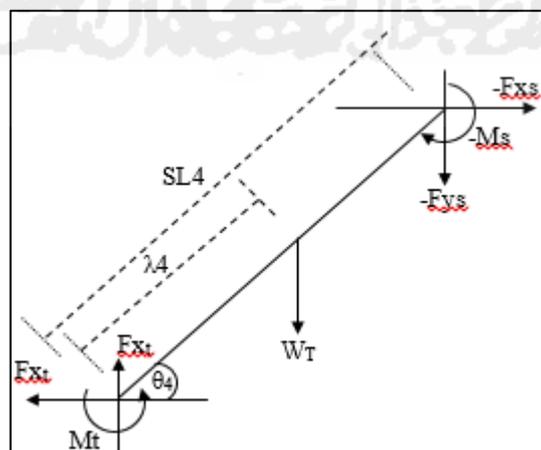
$$W_{UA} = 2,8\% \times W_{\text{badan}}$$

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

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

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 :

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

$$FA = PA \times AA$$

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 :

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

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

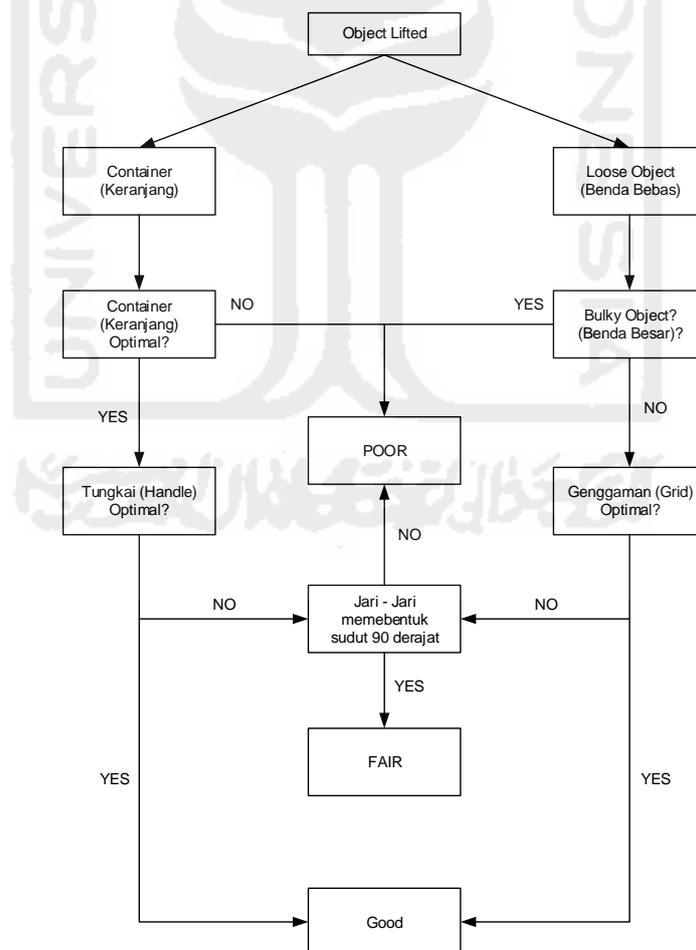
Frekuensi Angkatan/menit (F)	Durasi Kerja					
	≤ 1 jam		1 jam < t ≤ 2 jam		2 jam < t ≤ 8 jam	
	V < 75*	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
≤ 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
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 ≤ 2 jam		2 jam < t ≤ 8 jam	
	V < 75*	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 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*

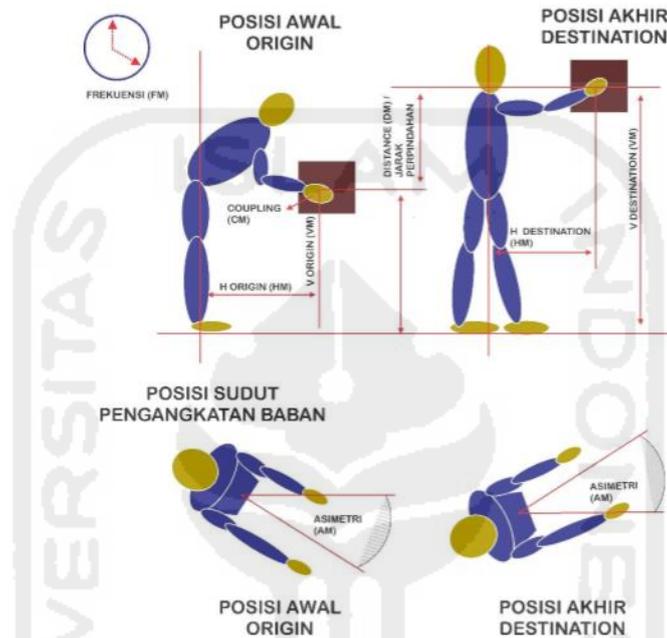
Jenis <i>Coupling</i>	<i>Coupling Multiplier</i>	
	V < 75 cm	V > 75 cm
<i>Good</i>	1.00	1.00
<i>Fair</i>	0.95	1.00
<i>Poor</i>	0.90	0.95

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

Gambar 2.15 Diagram 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 (°)



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.