

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

Ergonomi merupakan suatu ilmu yang berhubungan dengan interaksi antara manusia dengan objek yang digunakan. Peralatan dan kondisi kerja yang mempengaruhi performa kerja sangat penting dalam ergonomi. Hasil dan kinerja kerja yang diberikan akan meningkat jika produk, peralatan, stasiun kerja, dan metode kerja dirancang dengan mempertimbangkan kemampuan dan keterbatasan manusia. Sebaliknya akan terjadi jika ergonomi tidak dipertimbangkan saat merancang peralatan, *workstation*, dan metode kerja. situasi kerja yang dimaksudkan untuk mempengaruhi operator. Istilah "*fitting the task to the person*" digunakan dalam ergonomi yang berarti bahwa pekerjaan harus dirancang dengan mempertimbangkan kapasitas pekerja. (Susanti *et al.*, 2015)

Menurut sutalaksana *et al* (1979) menjelaskan bahwa kata Yunani *ergon*, yang berarti "bekerja", dan *nomos*, yang berarti "aturan", adalah asal mula ergonomi. Maka dari itu, ergonomi adalah cabang ilmu yang menyelidiki bagaimana orang berinteraksi dengan tempat kerja mereka (Febrianti dkk. 2016). Tujuan utama ergonomi adalah merancang mesin, peralatan, dan objek agar manusia dapat menggunakannya secara efektif. Bidang ergonomi juga dikenal sebagai "ilmu, teknologi, dan seni mengkoordinasikan alat, cara kerja, dan lingkungan dengan kemampuan, kemampuan, dan keterbatasan manusia agar tercipta kerja yang produktif, sehat, nyaman, dan aman. kondisi." Agar dapat bekerja dengan aman, nyaman, dan efektif, ergonomi sangat penting dalam setiap aktivitas yang melibatkan manusia karena memperhitungkan keterampilan dan persyaratan pekerjaan. (Mustika *et al.*, 2016).

Ergonomi adalah cabang ilmu yang menggunakan informasi tentang sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia untuk merancang lingkungan kerja agar orang dapat tinggal dan bekerja di sana dengan aman, efektif, dan nyaman. Penerapan prinsip ergonomi yang dikenal dengan ENase (efektif, nyaman, aman,

sehat, dan efisien) diperlukan untuk mengatasi masalah tersebut. Pelaksanaan ergonomi adalah dengan mengurangi kesuraman terkait bisnis, mengurangi kecelakaan kerja, mengurangi biaya klinis dan gaji, mengurangi tekanan kerja, lebih meningkatkan efisiensi, lebih mengembangkan proses kerja, memiliki rasa aman yang kuat karena terbebas dari cedera, memperluas pemenuhan posisi. Manfaat atau fungsi ergonomi antara lain mempermudah manusia dalam melakukan suatu tugas. Tujuan utamanya adalah merancang sistem manusia-mesin terpadu yang memaksimalkan produktivitas, efisiensi kerja, dan efektivitas (Sutalaksana dalam Adrianto et al., 2014).

2.2 Biomekanika Kerja

Biomekanik adalah ilmu yang mempelajari ergonomi yang dihubungkan dengan sistem perkembangan tubuh saat menyelesaikan suatu pekerjaan atau gerakan. Bidang mekanika terapan, fisiologi, dan ilmu biologi semuanya bersatu dalam biomekanik (Kurniawan, 2015). Biomekanika sendiri berhubungan dengan tubuh manusia dan hampir semua makhluk hidup lainnya. Biomekanika kerja adalah ilmu yang mempelajari bagaimana pekerja berinteraksi dengan mesin, bahan, dan peralatan untuk mengurangi cedera muskuloskeletal di tempat kerja dan meningkatkan kinerja (Susanti et al., 2015).

Secara sederhana tubuh manusia secara keseluruhan dapat dimodelkan dengan cara dibagi menjadi beberapa sambungan sendi (*links*). maka dapat dimodelkan secara keseluruhan. Walaupun letak titik fokus massa (fokus gravitasi) dan ukuran tubuh manusia berfluktuasi secara signifikan, hal ini dapat dinilai berdasarkan informasi antropometri. Peningkatan model biomekanika yang berfungsi digunakan untuk mengukur kekuatan dan menit yang digunakan tubuh saat bergerak. Saat melakukan aktivitas berisiko yang berpotensi mengakibatkan cedera *muskuloskeletal*, model ini digunakan untuk memperkirakan postur tubuh seseorang. Saat melakukan tugas mengangkat secara manual, pendekatan biomekanika menekankan pada analisis struktur tulang belakang. Hal ini disebabkan fakta bahwa mengangkat, meskipun jarang, memberikan tekanan yang berlebihan pada struktur tulang belakang. (Susanti *et al.*, 2015).

2.3 Postur kerja

Sikap tubuh saat bekerja dikenal dengan postur kerja. Pose kerja merupakan titik penentu dalam membedakan kelayakan suatu tugas. Dapat ditentukan bahwa operator akan memberikan hasil yang memuaskan jika postur kerja yang mereka adopsi baik secara ergonomis. Sebaliknya, operator akan cepat lelah jika postur kerjanya tidak ergonomis. Jika operator mudah lelah, akibat kerja yang dilakukan oleh operator juga akan berkurang dan tidak sesuai dengan aslinya. Ukuran tubuh, desain area kerja, persyaratan tugas, dan ukuran peralatan atau barang lain yang digunakan saat bekerja semuanya mempengaruhi postur tubuh, yang merupakan posisi relatif dari bagian tubuh tertentu saat bekerja. Ergonomi sangat bergantung pada postur dan gerakan. Postur janggal adalah kontributor utama gangguan otot rangka (Sulaiman dan Sari, 2016).

Postur kerja yang tepat dan nyaman, mereka akan dapat bekerja lebih efisien. (Masitoh, 2016) mencantumkan kategori kekuatan berikut yang ada dalam tubuh manusia:

1. Gaya yang melalui setiap bagian pusat massa tubuh manusia dengan arah ke bawah disebut gaya gravitasi ($F=m.g$).
2. Gaya reaksi, yaitu daya yang ditimbulkan oleh timbunan pada bagian tubuh atau berat bagian tubuh itu sendiri.
3. Gesekan sendi atau tekanan pada otot yang menempel pada sendi sama-sama dapat mengakibatkan gaya otot yaitu gaya yang terjadi pada sendi. Besarnya gaya momen otot dijelaskan oleh gaya ini.

2.4 *Musculoskeletal Disorders* (MSDs)

Musculoskeletal merupakan resiko kerja sehubungan dengan masalah otot yang ditimbulkan oleh sikap kerja yang salah dalam menyelesaikan suatu gerakan kerja. Keluhan muskuloskeletal adalah keluhan yang dialami seseorang di bagian otot rangkanya. Keluhan ini bisa sangat menyakitkan atau sangat ringan. Kerusakan pada persendian, ligamen, dan tendon akan menimbulkan keluhan jika otot mengalami beban statis dalam jangka waktu yang lama. Seringkali, keluhan *muskuloskeletal disorders* (MSDs) atau cedera disebut sebagai keluhan kerusakan. Nyeri otot dapat dibagi menjadi dua kategori besar: (Sulaiman dan Sari, 2016) :

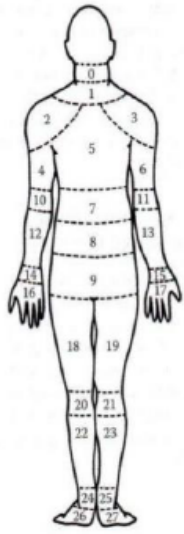
1. Keluhan sementara (reversible), yaitu keluhan otot tertentu yang terjadi saat otot mendapat beban statis, namun keluhan tersebut akan segera hilang saat penumpukan dihentikan.
2. Keluhan yang terus-menerus, khususnya keluhan otot yang terus-menerus. Meski tanggung jawab telah terhenti, rasa sakit pada otot justru berlanjut.

Berbagai industri telah melakukan penelitian tentang sistem *muskuloskeletal*, dan temuan menunjukkan bahwa otot rangka leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang, dan otot bagian bawah sering mengalami keluhan. Otot punggung bawah (*low back pain*) merupakan salah satu keluhan otot rangka yang banyak dialami pekerja. Keluhan otot rangka biasanya diakibatkan oleh kontraksi otot yang berlebihan akibat beban kerja yang terlalu berat dan beban yang berkepanjangan (Siska *et al.*, 2019). Sikap di tempat kerja merupakan salah satu faktor penyebab keluhan muskuloskeletal. Ketika seseorang memiliki sikap yang buruk dalam bekerja, maka akan mengalami ketidaknyamanan, kelelahan, bahkan kecelakaan kerja (Yusfi, 2016).

2.5 Nordic Body Map (NBM)

NBM, khususnya berupa survei yang biasanya digunakan untuk memastikan tingkat nyeri atau ketidaknyamanan tubuh operator saat bekerja (Kroemer, 2001). Operator juga dapat mengukur nyeri otot dengan NBM. NBM adalah teknik yang berbentuk kuesioner untuk mengetahui bagian tubuh mana dari operator yang mengalami keluhan, mulai dari tidak ada sakit (*no pain*) hingga sangat sangat sakit (*very painful*) (Cahyadi dan Setiawan, 2020). Kuesioner NBM digunakan untuk lebih tepat menentukan bagian tubuh mana yang mengalami gangguan atau nyeri saat bekerja. Dengan NBM dapat mengenali dan memberikan penilaian terhadap keluhan-keluhan yang dialami. NBM digunakan untuk mengetahui keluhan MSDs dari pekerja. Keluhan MSDs ini dapat dibedakan dengan menggunakan kuesioner NBM yang terdiri dari beberapa jenis keluhan MSD pada panduan tubuh manusia. Menurut Kroemer (2001), kuesioner NBM mengungkapkan otot mana yang mengalami keluhan, dengan keluhan mulai dari Tidak Sakit (TS), Sedikit Sakit (AS), Sakit (S), dan Sangat Sakit (SS) (Kroemer, 2001).

Menurut (Santoso dan Irwanto, 2018), menggunakan metode NBM untuk lebih tepat menentukan bagian tubuh mana yang mengalami gangguan atau nyeri saat bekerja. Kuesioner ini bersifat subyektif, namun valid dan telah dibakukan. Responden diminta untuk memberikan penilaian terhadap bagian tubuh mana yang mengalami nyeri saat bekerja, dengan tingkat keluhan mulai dari tidak sakit, agak sakiit, sakit dan sangat sakit. Responden kemudian menandai setiap bagian tubuhnya yang dirasakan saat bekerja atau setelah bekerja, sesuai dengan keluhannya. Kuesioner NBM mencakup 28 kategori keluhan bagian tubuh, antara lain sesuai gambar dibawah ini:

Kuesioner Nordic Body Map						
Nama : _____						
Umur : _____ Tahun						
Lama Bekerja : _____ Tahun						
Anda diminta untuk menilai apa yang anda rasakan pada bagian tubuh yang ditunjukkan pada tabel dan gambar di bawah ini						
Pilihlah tingkat kesakitan yang anda rasakan dengan memberikan tanda ✓ pada kolom pilihan anda.						
No.	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan				Peta Bagian Tubuh
		Tidak Sakit	Agak Sakit	Sakit	Sangat Sakit	
0	Sakit/saku di leher bagian atas					
1	Sakit/saku di leher bagian bawah					
2	Sakit di bahu kiri					
3	Sakit di bahu kanan					
4	Sakit pada lengan atas kiri					
5	Sakit di punggung					
6	Sakit pada lengan atas kanan					
7	Sakit pada pinggang					
8	Sakit pada bokong					
9	Sakit pada pantat					
10	Sakit pada siku kiri					
11	Sakit pada siku kanan					
12	Sakit pada lengan bawah kiri					
13	Sakit pada lengan bawah kanan					
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri					
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan					
16	Sakit pada tangan kiri					
17	Sakit pada tangan kanan					
18	Sakit pada paha kiri					
19	Sakit pada paha kanan					
20	Sakit pada lutut kiri					
21	Sakit pada lutut kanan					
22	Sakit pada betis kiri					
23	Sakit pada betis kanan					
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri					
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan					
26	Sakit pada kaki kiri					
27	Sakit pada kaki kanan					

Gambar 1.Kuesioner Nordic Body Map

(Sumber : Dewi, 2020)

Kemudian hasil yang telah didapatkan selanjutnya yaitu melukan skoring terhadap individu dengan skala likert yang telah ditetapkan. Skala tersebut berupa keterangan yang ada di dalam kuesioner diantaranya yaitu (Dewi, 2020) :

1. Skor 1, yaitu tidak terdapat keluhan/nyeri atau tidak ada rasa sakit sama sekali yang dirasakan oleh otot skeletal pekerja atau tidak sakit.
2. Skor 2, yaitu merasakan sedikit rasa nyeri pada bagian tertentu.

3. Skor 3, yaitu merasakan ketidaknyamanan pada bagian tubuh tertentu atau sakit.
4. skor 4, yaitu merasakan ketidaknyamanan pada bagian tertentu dengan skala yang tinggi atau sangat sakit.

Berikut merupakan tabel total skor yang dijadikan acuan dalam menentukan kategori tingkat risiko yaitu sebagai berikut :

Gambar 2. Klasifikasi tingkat risiko berdasarkan total skor individu

Skala Likert	Total Skor Individu	Tingkat Risiko	Tindakan Perbaikan
1	28-49	Rendah	Belum ditemukan adanya tindakan perbaikan
2	50-70	Sedang	Mungkin diperlukan tidak dikemudian hari
3	71-90	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
4	92-122	Sangat tinggi	Diperlukan tindakan menyeluruh sesegera mungkin

(Sumber : Dewi, 2020)

Kemudian berikut ini merupakan rumus perhitungan % responden yang mengalami keluhan pada bagian tubuh tertentu yaitu (Dewi, 2020) :

$$\text{Rata-Rata Skor} = \frac{\text{Jumlah skor individu}}{\text{Jumlah seluruh responden}} \quad (1)$$

$$\text{Persentase keluhan} = \frac{\text{Jumlah jawaban bobot yang bersangkutan}}{\text{Jumlah seluruh responden}} \times 100\% \quad (2)$$

2.6 Metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Ilmu ergonomi yang salah satunya yaitu metode REBA digunakan untuk mengevaluasi postur kerja operator, yang meliputi punggung, lengan, pergelangan tangan, dan kaki. (Siswanto *et al.*, 2021). Penggunaan metode REBA memiliki keuntungan yang diperoleh yaitu tingkat keputusan yang dapat menunjukkan urgensi tindakan yang dibutuhkan. Untuk menentukan apakah pekerja berisiko terhadap MSDs dan risiko lain terkait pekerjaan mereka atau tidak, REBA adalah pendekatan metodis yang mengevaluasi postur seluruh tubuh pekerja. REBA dibuat agar mudah digunakan, sehingga tidak memerlukan banyak keahlian atau peralatan mahal. Hanya lembar REBA dan alat tulis yang diperlukan. Metode REBA melakukan suatu kajian terhadap faktor risiko ergonomi pada seluruh tubuh yang digunakan, faktor tersebut antara lain (Krisna *et al.*, 2020):

1. Postur dinamis

2. Postur statis
3. Kecepatan perubahan atau postur yang tidak stabil
4. Pengangkatan yang sedang dilakukan
5. Seberapa sering frekuensinya
6. Modifikasi tempat
7. Peralatan atau sikap pekerja

Metode REBA dikembangkan untuk menilai postur kerja yang beresiko agar dapat melakukan perbaikan sesegera mungkin. Untuk penilaian menggunakan metode REBA ini tidak membutuhkan waktu lama untuk melengkapi dan melakukan scoring general pada daftar kegiatan atau aktivitas yang mengindikasikan perlu adanya pengurangan resiko yang disebabkan oleh postur kerja (McAtamney, 2000). Teknologi ergonomi tersebut mengevaluasi postur, aktivitas, kekuatan dan faktor *coupling* yang menimbulkan cedera akibat aktivitas kerja yang berulang-ulang. Pengembangan dari percobaan metode REBA yaitu (Sulaiman dan Sari, 2016):

1. Buat metode untuk menganalisis tubuh seseorang dengan benar untuk risiko *muskuloskeletal* dalam berbagai tugas.
2. Memisahkan tubuh menjadi segmen-segmen untuk pengkodean individu dan memberikan rencana pemindahan.
3. Mendukung sistem penilaian aktivitas otot saat posisi dinamis (aktivitas berulang) atau statis (kelompok bagian atau bagian tubuh) tidak cocok untuk perubahan posisi yang cepat.
4. Dalam manipulasi manual, penting untuk mencapai interaksi antara seseorang dan muatan, tetapi ini tidak selalu memungkinkan dengan tangan. termasuk variabel variabel yang berkisar dari manipulasi beban manual hingga pengambilan.
5. Melalui skor akhir, tunjukkan tingkat kinerja dan keadaan.

Penilaian postur kerja dengan cara pemberian skor resiko antara satu sampai lima belas, yang dimana skor yang tertinggi menandakan level yang mengakibatkan resiko yang berbahaya atau besar untuk dilakukan dalam bekerja. Tahapan dalam metode REBA yang pertama yaitu pengambilan video atau foto,

tahap kedua yaitu penentuan sudut-sudut dari postur tubuh saat bekerja, tahap ketiga yaitu menentukan berat benda yang diangkat, penentuan coupling, dan penentuan aktivitas pekerja. Tahap keempat yaitu perhitungan nilai REBA untuk postur yang relevan dan menghitung skor akhir dari aktivitas tersebut. REBA digunakan untuk mengetahui seberapa besar risiko yang ada dan langkah apa yang perlu diambil untuk membuat pekerjaan menjadi lebih baik (McAtamney, 2000).

Berikut ini merupakan lembar kerja metode REBA yaitu :

ERGONOMICS PLUS REBA Employee Assessment Worksheet

Task Name: _____ Date: _____

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position
 +1 0°-20° +2 20°-40° +3 40°-60° +4 60°-90°
 Neck Score: _____

Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position
 +1 0°-30° +2 30°-45° +3 45°-60° +4 60°-90°
 Trunk Score: _____

Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs
 Adjust: 30-60° +1, 60-90° +2, 90°+ Add +1, Add +2
 Leg Score: _____

Step 4: Look-up Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, Locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11 lbs.: +0
 If load 11 to 22 lbs.: +1
 If load > 22 lbs.: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1 Force / Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Scoring
 1 = Negligible Risk
 2-3 = Low Risk. Change may be needed.
 4-7 = Medium Risk. Further Investigate, Change Soon.
 8-10 = High Risk. Investigate and Implement Change
 11+ = Very High Risk. Implement Change

Scores

Table A: Neck

	1	2	3
Legs	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Trunk Posture	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Score	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Table B: Lower Arm

	1	2
Wrist	1 2 3 1 2 3	1 2 3
Upper Arm Score	1 2 3 4 5 5 5	1 2 3 4
Score	1 2 3 4 5 5 5	1 2 3 4

Table C: Score A

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

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:
 +1 20° +2 20°-45° +3 45°-90° +4 90°
 Upper Arm Score: _____

Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:
 +1 0°-30° +2 30°-60° +3 60°-90°
 Lower Arm Score: _____

Step 9: Locate Wrist Position:
 +1 0°-15° +2 15°-45°
 Wrist Score: _____

Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid range power grip. **good: +0**
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part. **fair: +1**
 Hand hold not acceptable but possible. **poor: +2**
 No handles, awkward, unsafe with any body part. **Unacceptable: +3**

Step 12: Score B, Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score
 +1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 +1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Table C Score + Activity Score = REBA Score

Gambar 3. Lembar Kerja Penilaian Metode REBA

(Sumber : Restuputri, 2017)

Level resiko yang terjadi dapat diketahui berdasarkan nilai REBA. Grand skor REBA dibagi menjadi 5 action level yaitu action level 0 dengan skor REBA 1 level resiko bisa diabaikan, action level 1 dengan skor REBA 2–3 level resiko rendah, *action level 2* dengan skor REBA 4-7 level resiko sedang atau medium, *action level 3* dengan skor REBA 8–10 level resiko tinggi, *action level 4* dengan skor REBA 11-15 level resiko sangat tinggi atau *very high* (Priyadi, 2011).

$$\text{Skor A} = \text{Skor Tabel A} + \text{Skor Load} \quad (3)$$

$$\text{Skor B} = \text{Skor Tabel B} + \text{Skor Genggaman} \quad (4)$$

$$\text{Skor REBA} = \text{skor C} + \text{skor aktivitas} \quad (5)$$

Tabel 2. Level resiko dan Tindakan REBA.

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

(Sumber : McAtamney dan Hignett, 2000)

2.7 Antropometri

Antropometri merupakan ilmu yang berkaitan dengan dimensi tubuh manusia. antropometri berasal dari kata “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Antropometri dapat diartikan sebagai ilmu yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia (Wignjosoebroto, 1995). Manusia umumnya memiliki bentuk, berat, ukuran, dan lain-lain yang berbeda satu sama dengan yang lain. Pengukuran dimensi tubuh seperti berat dan volume, seperti jarak antara tangan dan mata, tinggi duduk, panjang popliteal, dan dimensi tubuh lainnya dihubungkan dengan antropometri. Permasalahan yang muncul di bidang antropometri menyangkut kesesuaian desain workstation dengan dimensi tubuh. Seringkali, solusinya adalah memodifikasi atau memperbarui. Antropometri dibagi menjadi dua yaitu (Surya dan Wardah, 2013). :

1. Antropometri Statis

Antropometri statis merupakan pengukuran dimensi tubuh dan karakteristik tubuh dalam keadaan diam (statis) untuk posisi yang telah ditentukan atau standar. Contohnya seperti tinggi badan, lebar bahu, telapak tangan, kepala, dan kaki.

2. Antropometri Dinamis

Antropometri dinamis merupakan pengukuran dimensi tubuh atau karakteristik tubuh dalam keadaan bergerak, atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatan. Contohnya putaran sudut tangan, sudut putaran pergelangan kaki.

Manusia secara umum memiliki bentuk dan dimensi ukuran tubuh yang berbeda-beda. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi dimensi ukuran tubuh manusia yaitu (Wignjosuebrotto, 1995) :

1. Umur
2. Gender
3. Suku/bangsa
4. Posisi tubuh
5. Cacat tubuh
6. Tipis atau tebalnya pakaian yang digunakan
7. kehamilan

2.8 Metode NIOSH *Lifting Equation*

Institut Nasional untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja (NIOSH) Amerika Serikat melakukan penelitian tentang masalah kesehatan dan keselamatan kerja. Metode praktis yang diperkenalkan dan dikembangkan NIOSH yaitu biomekanik (kemampuan tubuh untuk menerima tekanan), fisiologis (penggunaan energi tubuh), dan psikofisik (kemampuan tubuh untuk mengangkat beban), persamaan angkat NIOSH dapat digunakan untuk mengevaluasi aktivitas tugas mengangkat secara manual (Waters *et al.*, 1993). Meskipun persamaan ini tidak dapat menyelesaikan masalah LBP sepenuhnya, namun persamaan ini mampu menyarankan batas beban indeks angkat yang dapat diangkat oleh manusia (*Recommended Weighting Limit* dan *Lifting Index*). NIOSH *lifting equation* ini bertujuan untuk mengetahui gaya yang terjadi di punggung (L5S1). Ada 2 metode dalam NIOSH yaitu (Budiman *et al.*, 2020) :

1. Metode *Maximum Permissible Limit* (MPL)
2. *Recommended Weigh Limit* (RWL)

Input dalam metode MPL yaitu berupa rentang postur atau posisi aktivitas, ukuran beban dan ukuran manusia yang dievaluasi. Proses analisis dimulai dengan melakukan perhitungan gaya yang terjadi pada telapak tangan, lengan atas, lengan bawah, dan punggung. Dan output yang dihasilkan berupa gaya tekan/kompresi (Fc) pada lumbar ke 5 sacrum pertama (L5S1) (Siska *et al.*, 2019).

RWL merupakan batas beban yang disarankan agar pekerja tidak mengalami cedera, meskipun pekerjaan dilakukan berkali-kali dan berulang-ulang. Di Amerika Serikat, RWL didirikan oleh NIOSH pada tahun 1991. Persamaan NIOSH dapat digunakan dalam situasi apapun. (Sofiyannurriyanti *et al.*, 2020) :

1. Beban yang diberikan adalah beban statis; tidak ada peningkatan beban atau penurunan beban selama bekerja.
2. Dengan menggunakan kedua tangan, beban diangkat.
3. Mengangkat atau menurunkan benda selesai dalam batas waktu 8 jam.
4. Saat duduk atau berlutut, jangan menggerakkan atau menaikkan atau menurunkan apapun.
5. Tempat kerja tidak sempit.

Menurut NIOSH, persamaan berikut dapat digunakan untuk menentukan beban yang direkomendasikan yang harus diangkat oleh seorang pekerja dalam kondisi tertentu: (Muslimah *et al.*, 2006) :

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

LC : (*Lifting Constanta*) konstanta pembebanan = 23 kg

HM : (*Horizontal Multiplier*) faktor pengali *horisontal* = 25/H

VM : (*Vertical Multiplier*) faktor pengali *vertikal* = 1-0,003 [V-75]

DM : (*Distance Multiplier*) faktor pengali perpindahan = 0,82 + 4,57/D

AM : (*Asymentric Multiplier*) faktor pengali asimetrik = 1-0,0032 A(0)

FM : (*Frequency Multiplier*) faktor pengali frekuensi

CM : (*Coupling Multiplier*) faktor pengali kopling (*handle*)

Catatan :

H = Jarak *horisontal* posisi tangan yang memegang beban dengan titik pusat tubuh.

V = Jarak *vertikal* posisi tangan yang memegang beban terhadap lantai

D = Jarak perpindahan beban secara *vertikal* antara tempat asal sampai tujuan

A = Sudut simetri putaran yang dibentuk antara tangan dan kaki.

Nilai FM ditentukan sesuai tabel berikut ini yaitu :

Tabel 3. Frekuensi Multiplier

Frequency Lifts/min (F)	Lama Kerja Mengangkat					
	≤ 1 jam		> 1 dan ≤ 2 jam		> 2 dan ≤ 8 jam	
	V ^b < 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
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,26	0,26	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,00	0,23	0,00	0,3
11	0,41	0,41	0,00	0,21	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
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

(Ratna, 2019)

Klasifikasi pegangan tangan dikategorikan kedalam tiga kategori yaitu bagus, sedang dan jelek. Ketiga kategori tersebut dijelaskan seperti tabel berikut ini :

Tabel 4. Klasifikasi Kopleng

BAGUS (GOOD)	SEDANG (FAIR)	JELEK (POOR)
Kontainer dengan desain optimal, seperti: <i>box</i> , peti kayu, dll.	Kontainer dengan desain optimal	Kontainer dengan desain kurang optimal atau objek yang tidak beraturan, berukuran sangat besar, sulit untuk dipegang, pinggirnya runcing, dan licin, dll.
Untuk objek yang tidak beraturan, yang tidak dikemas dalam	Untuk kontainer dengan desain optimal tapi tidak ada pegangan. Kategori	

container. Kategori “Bagus” dijelaskan sebagai suatu pegangan yang nyaman. “Sedang” dijelaskan sebagai suatu pegangan yang mana tangan dapat ditebuk dengan sudut sekitar 90°

(Ratna, 2019)

Berdasarkan klasifikasi kopling dan lokasi mengangkat *vertical*, CM dapat ditentukan seperti tabel dibawah ini :

Tabel 5. Coupling Multiplier

Tipe Coupling	CM	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Baik (<i>Good</i>)	1,00	1,00
Sdang (<i>Fair</i>)	0,95	1,00
Buruk (<i>Poor</i>)	0,90	0,90

(Ratna, 2019)

Setelah nilai RWL diketahui, selanjutnya perhitungan LI, LI adalah NIOSH index yang menjelaskan tingkatan resiko *lifting* yang dapat menyebabkan cedera tulang belakang (LBP). *Lifting index* pada saat bekerja dengan alat bantu *software* biomekanika dimana alat bantu tersebut digunakan untuk menganalisa dengan cepat dan mudah dari segi postural kegiatan yang dialami oleh pekerja dan juga memberikan nilai dari beberapa tingkatan risiko pada saat bekerja. untuk mengetahui index pengangkatan yang tidak mengandung resiko cedera tulang belakang yaitu dengan persamaan (Sofiyanurriyanti *et al.*, 2020):

$$LI = \frac{\text{Berat Beban}}{\text{RWL}} \dots\dots\dots(7)$$

Berikut ini merupakan klasifikasi tingkat resiko terhadap nilai LI yaitu :

Tabel 6. Klasifikasi Tingkat Risiko Terhadap Nilai LI

Nilai LI	Tingkat Risiko	Deskripsi Perbaikan
<1	Rendah	Pekerjaan mengangkat tidak bermasalah, jadi tidak perlu memperbaikinya. Namun, kehati-hatian masih dilakukan untuk menjaga nilai LI <1
1-3	Sedang	Karena ada beberapa parameter angkat, yang menyebabkan nilai RWL tinggi harus segera diperiksa dan diubah. Usahakan agar nilai RWL kurang dari 1. Parameter angkat memiliki banyak masalah, sehingga parameter yang menyebabkan nilai tinggi perlu diperiksa dan diperbaiki sesegera mungkin. Upayakan perbaikan agar nilai RWL <1
3	Tinggi	

(Sumber : Sofiyanurriyanti *et al.*, 2020)

Jika nilai LI lebih besar dari 1 ($LI > 1$), maka pekerja tersebut berisiko cedera karena beban benda yang diangkat lebih besar dari batas angkat yang disarankan NIOSH. Posisi kerja harus diperbaiki dan berat beban yang harus diangkat pekerja harus dikurangi. Jika nilai LI kurang dari satu ($LI < 1$), tidak ada bahaya cedera dan berat benda yang diangkat pekerja tidak melebihi batas angkat yang disarankan NIOSH (Ratriwardhani, 2019).

2.9 *Manual Material Handling* (MMH)

MMH merupakan suatu pekerjaan atau kegiatan dalam penanganan atau pemindahan material yang dilakukan secara manual. MMH meliputi kegiatan penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pengepakan (*packaging*), penyimpanan (*storing*), dan pengawasan (*controlling*) terhadap segala jenis bentuk bahan dan material. Aktivitas yang dilakukan pada MMH yaitu membawa, mengangkat, mendorong, menurunkan dan menarik beban. *Material Handling* merupakan salah satu jenis alat bantu atau transportasi yang digunakan untuk membantu kegiatan mengangkat, mengangkut, dan meletakkan bahan-bahan atau barang-barang di dalam perusahaan industri. Dalam dunia industri *material handling* digunakan untuk memudahkan segala aktivitas atau kegiatan yang berhubungan dengan kegiatan pengangkutan yang mustahil atau tidak mungkin untuk diangkat dengan tenaga manusia (Saputra *et al.*, 2020).

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi pemindahan material secara manual yaitu (Nurmianto, 2004) :

1. Berat beban yang diangkat,
2. Ukuran beban yang diangkat
3. Jarak horizontal yang diangkat
4. Tinggi beban yang harus diangkat
5. Kondisi lingkungan fisik kerja
6. Menjangkau beban dapat dengan mudah.
7. Memiliki keterbatasan psotur tubuh dalam mengangkat beban
8. Frekuensi angkat
9. Pengangkatan beban dilakukan dengan benar
10. Pengangkatan beban dilakukan dalam suatu periode.