

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

Ergonomi adalah suatu istilah yang berasal dari Bahasa Yunani yang berarti *ergon* (kerja) dan *nomos* (aturan), yang berarti ergonomi merupakan aturan yang berkaitan dengan kondisi kerja. Ergonomi sudah banyak didefinisikan oleh para ahli dibidangnya, salah satunya ergonomi didefinisikan sebagai ilmu multidisipliner yang memiliki tujuan untuk mengoptimalkan sistem antara manusia dan pekerjaannya, sehingga dapat menciptakan lingkungan kerja yang ENASE. Ergonomi mencakup penerapan ilmu, seni, dan teknologi untuk menyesuaikan penggunaan fasilitas, baik dalam aktivitas kerja maupun saat beristirahat, agar selaras dengan kemampuan dan keterbatasan fisik serta mental manusia, dengan tujuan utama meningkatkan kualitas hidup secara menyeluruh. Hal tersebut mencakup pemahaman tentang manusia dalam konteks lingkungan kerja untuk meningkatkan kenyamanan (Hutabarat, 2017). Penerapan ergonomi memiliki tujuan untuk memahami interaksi antara manusia dan dengan lingkungan sekitarnya dalam melakukan pekerjaan sehingga dapat mengoptimalkan kesejahteraan dan performa keseluruhan pada sistem kerja tersebut (Santoso, 2025).

Berdasarkan definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa inti dari ergonomi terletak pada pemahaman tentang kemampuan, kesadaran, kapabilitas manusia dan keterbatasan. Ergonomi merupakan ilmu yang berfokus pada manusia serta hubungannya dengan lingkungan kerja. Untuk menurunkan stress kerja pada manusia dilakukan penyesuaian kerja dengan kondisi tubuh manusia agar dapat bekerja dengan optimal dengan tidak melebihi batas manusia. Ergonomi mempelajari berbagai keilmuan seperti bidang fisiologi, anatomi, fisiologi psikologis, ilmu fisika, serta teknik. Ilmu fisiologi dan anatomi digunakan untuk memahami bentuk serta kemampuan fisik tubuh manusia dalam melaksanakan suatu pekerjaan. Ilmu psikologi faal berhubungan dengan fungsi otak, bagaimana cara otak untuk merespon, pengambilan keputusan dan tingkah laku. Sedangkan

untuk keteknikan dan lingkungan kerja berkaitan dengan informasi yang digunakan dalam desain lingkungan kerja tempat manusia melakukan pekerjaannya. Keilmuan tersebut diintegrasikan sehingga dapat memberikan kenyamanan dan kepuasan kerja pada manusia (Hutabarat, 2017).

2.2 Postur Kerja

Postur kerja adalah posisi tubuh manusia yang dihasilkan ketika sedang melakukan pekerjaan. Postur kerja yang tidak alamiah dapat mengakibatkan keluhan dan ketidaknyamanan kerja sehingga dapat menyebabkan kecelakaan kerja (Dewantari, 2021). Postur kerja memiliki kaitan erat dengan ilmu ergonomi. Postur yang tidak sesuai dapat menimbulkan rasa tidak nyaman bagi pekerja, mengakibatkan kelelahan lebih cepat serta menurunnya tingkat konsentrasi. Selain itu, postur kerja yang kurang tepat juga berpotensi menimbulkan berbagai gangguan *musculoskeletal disorder* (MSDs). Postur kerja merupakan kondisi saat seorang pekerja atau pelaku kegiatan sedang melakukan suatu aktivitas tertentu. Postur kerja sangat penting untuk mengevaluasi seberapa efektif suatu pekerjaan yang dilakukan sudah benar dan ergonomis. Jika postur kerja tidak sesuai prinsip ergonomi, pekerja akan lebih cepat merasa lelah, sehingga kinerja dan hasil pekerjaan yang dilakukan cenderung menurun (Susihono, 2012 dalam (Muhtadin dkk., 2020)

2.3 *Musculoskeletal Disorder* (MSDs)

Musculoskeletal disorder (MSDs) adalah kondisi kerusakan sistem *musculoskeletal* yang menumpuk sehingga menyebabkan kelainan otot karena trauma berulang dan menimbulkan rasa sakit pada otot. Gangguan *musculoskeletal* merupakan beragam kondisi peradangan dan kondisi degeneratif yang memengaruhi saraf perifer, ligament, tendon, otot, sendi, serta pembuluh darah. Kondisi tersebut mencakup sindrom klinis seperti peradangan pada tendon dan gangguan sejenis (seperti *tenosynovitis*, *epicondylitis*, *bursitis*), gangguan akibat penekanan saraf (seperti *carpal tunnel syndrome*, linu panggul), serta osteoarthritis, termasuk juga keluhan yang kurang spesifik seperti nyeri otot atau *myalgia*. (Restuputri dkk., 2022). Ergonomi memiliki peranan penting dalam pencegahan

MSDs, identifikasi keluhan otot perlu dilakukan untuk mengurangi keluhan MSDs dan peningkatan produktivitas kerja. Identifikasi faktor risiko gangguan MSDs dan penilaian postur kerja penting dilakukan untuk mengembangkan dan menerapkan intervensi ergonomi ditempat kerja, sehingga dapat mencegah risiko beban biomekanika berlebih. Terdapat faktor risiko yang menyebabkan terjadinya gangguan MSDs pada pekerja (Pratiwi dkk., 2022):

1. Postur kerja janggal

Postur kerja janggal adalah kondisi tubuh saat bekerja yang menyimpang dari postur alami. Postur ini biasanya muncul akibat aktivitas berulang dalam durasi yang panjang. Postur kerja janggal memberikan tekanan pasif pada tubuh yang menekan jaringan dan menyebabkan ketegangan. Ketegangan jaringan tersebut menyebabkan rasa sakit pada dan mati rasa dalam waktu lama yang kemudian terjadi kerusakan jaringan.

2. Durasi

Durasi kerja yang cukup lama disertai dengan beban kerja yang tinggi dapat meningkatkan risiko kelelahan kerja yang tinggi dan menyebabkan terjadinya gangguan MSDs apabila waktu istirahat tidak cukup. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan yang berisiko tinggi, maka durasi yang dibutuhkan untuk pemulihan semakin lama.

3. Frekuensi

Frekuensi adalah banyaknya frekuensi kegiatan seperti mengangkat atau memindahkan barang yang dilakukan oleh pekerja dalam satu hari dalam satuan menit. Aktivitas kerja yang dilakukan secara berulang-ulang dapat memicu kelelahan otot akibat penumpukan asam laktat di dalam jaringan, yang pada akhirnya dapat mengganggu kinerja sistem saraf.

4. *Manual Material Handling* (MMH)

MMH atau *Manual material handling* adalah aktivitas memindahkan barang dengan menggunakan tenaga manusia atau dilakukan secara

manual. MMH juga dapat didefinisikan sebagai kegiatan transportasi yang dilakukan oleh manusia, aktivitas yang dilakukan terdiri dari mengangkut, mendorong, mengangkat, memindahkan barang dan menarik.

2.4 Nordic Body Map (NBM)

Nordic Body Map (NBM) adalah kuesioner ergonomi yang paling umum digunakan untuk mengidentifikasi ketidaknyamanan atau nyeri pada bagian tubuh. Instrumen ini dikembangkan oleh Kourinka pada tahun 1987, kemudian dimodifikasi oleh Dickinson pada tahun 1992. NBM ditujukan untuk mengetahui lebih spesifik bagian tubuh yang merasakan gangguan atau nyeri saat bekerja. Meskipun kuesioner ini subyektif, namun sudah terstandarisasi dan cukup valid untuk digunakan (Herlambang, 2021). Tujuan NBM yaitu untuk mengidentifikasi bagian tubuh yang terasa sakit sebelum melakukan pekerjaan dan sesudah melakukan pekerjaan. Kusioner NBM menggambarkan Sembilan bagian utama tubuh manusia, terdiri dari leher, bahu, punggung atas, siku, punggung bawah, pergelangan tangan, pinggang, lutut, tumit/kaki (Pratiwi dkk., 2022).

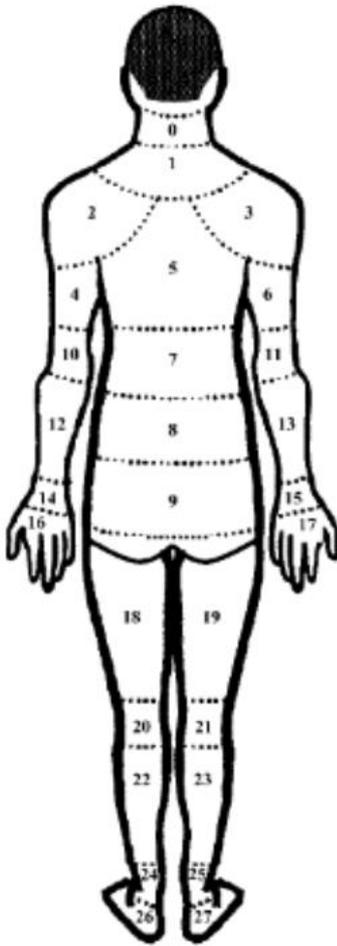
Penerapan NBM yaitu dengan menggunakan peta tubuh manusia pada lembar kerja yang sudah ditentukan. Pengisian kusioner NBM dapat dilakukan observasi secara langsung kepada dengan menanyakan bagian tubuh yang terasa nyeri, atau dengan langsung menunjuk peta tubuh yang terdapat dilembar kusioner NBM. Kusioner NBM mencakup 27 otot rangka yang terdapat pada dua sisi tubuh manusia, yaitu sisi kanan dan kiri, mulai dari otot leher di bagian paling atas hingga otot kaki di bagian paling bawah. Proses penilaian dalam kusioner NBM menggunakan sistem skor dengan skala likert (Hutabarat, 2017).

Skor 1 : tidak ada keluhan rasa sakit sama sekali yang dirasakan oleh pekerja

Skor 2 : merasakan sedikit rasa sakit dan nyeri pada otot skeletal

Skor 3 : merasakan rasa sakit pada otot skeletal

Skor 4 : mengalami keluhan dengan tingkat rasa sakit yang sangat tinggi pada area otot skeletal.



Tabel 2. Kusioner NBM

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				

(Sumber: Kuorinka dkk., 1987)

Hasil skor yang didapatkan berdasarkan pengisian NBM kemudian oleh responden kemudian diolah Kembali dengan mengklasifikasikan tingkat risiko MSDs pada pekerja. Berikut ini tabel klasifikasi tingkat risiko NBM yang didasarkan pada total skor masing-masing individu.

Tabel 3. klasifikasi tingkat risiko NBM

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

(Sumber: Kuorinka dkk., 1987)

Berdasarkan tabel 2 diatas menjelaskan klasifikasi tingkat risiko NBM dan tindakan perbaikan yang dapat dilakukan berdasarkan tingkat risiko yang

dihasilkan. Terdapat 4 klasifikasi, Skor 28–49 menunjukkan tingkat risiko rendah, sehingga belum diperlukan tindakan perbaikan. Skor 50–70 termasuk kategori risiko sedang, perbaikan mungkin diperlukan di waktu mendatang. Skor 71–90 menandakan tingkat risiko tinggi, sehingga diperlukan tindakan segera. Sementara itu, skor 92–122 menunjukkan risiko sangat tinggi yang membutuhkan penanganan menyeluruh secepat mungkin.

2.5 Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

RULA adalah metode yang digunakan untuk menilai tingkat risiko pada postur tubuh bagian atas (McAtemney and Corlett, 1993). Bagian tubuh atas yang dinilai terdiri dari leher, lengan, tangan, pergelangan tangan, dan punggung atas. Penilaian dengan RULA dilakukan dengan menganalisis sudut-sudut yang terbentuk oleh anggota tubuh ketika seseorang sedang bekerja. Pemberian skor posisi tubuh RULA dilakukan berdasarkan penilaian pada kertas kerja RULA. Pengukuran sudut yang dibentuk anggota badan dilakukan dengan melakukan pengamatan pada dokumentasi kondisi anggota tubuh saat melakukan pekerjaan. Analisis postur kerja dengan menggunakan RULA dibagi menjadi tiga.

RULA Employee Assessment Worksheet

Complete this worksheet following the step-by-step procedure below. Keep a copy in the employee's personnel folder for future reference.

A. Arm & Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position

 Step 1a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1;
 If upper arm is abducted: +1;
 If arm is supported or person is leaning: -1
 Final Upper Arm Score =

Step 2: Locate Lower Arm Position

 Step 2a: Adjust...
 If arm is working across midline of the body: +1;
 If arm out to side of body: +1
 Final Lower Arm Score =

Step 3: Locate Wrist Position

 Step 3a: Adjust...
 If wrist is bent from the incline: +1
Step 4: Wrist Twist
 If twist is at or near end of twisting range = 1;
 If twist at or near end of twisting range = 2
 Wrist Twist Score =

Step 5: Look-up Posture Score in Table A
 Use values from steps 1, 2, 3, & 4 to locate Posture Score in Table A
 Posture Score A =

Step 6: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static (i.e. held for longer than 1 minute) or:
 If action repeatedly occurs 4 times per minute or more: +1
 Muscle Use Score =

Step 7: Add Force/load Score
 If load less than 2 kg (intermittent): +0;
 If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1;
 If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2;
 If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3
 Force/load Score =

Step 8: Find Row in Table C
 The completed score from the Arm/Wrist analysis is used to find the row on Table C
 Final Wrist & Arm Score =

SCORES

Table A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist	1	2	3	4
1	1	1	1	2	3	4
1	2	1	2	3	4	5
1	3	1	3	4	5	6
1	4	1	4	5	6	7
2	1	2	2	3	4	5
2	2	2	3	4	5	6
2	3	2	4	5	6	7
2	4	2	5	6	7	8
3	1	3	3	4	5	6
3	2	3	4	5	6	7
3	3	3	5	6	7	8
3	4	3	6	7	8	9
4	1	4	4	5	6	7
4	2	4	5	6	7	8
4	3	4	6	7	8	9
4	4	4	7	8	9	10

Table B

Neck	Legs									
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Table C

1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	5	6
2	2	3	4	5	6	7
3	3	4	5	6	7	8
4	4	5	6	7	8	9
5	5	6	7	8	9	10
6	6	7	8	9	10	11
7	7	8	9	10	11	12
8	8	9	10	11	12	13
9	9	10	11	12	13	14

B. Neck, Trunk & Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position in extension

 Step 9a: Adjust...
 If neck is twisted: +1; If neck is side-bending: +1
 Final Neck Score =

Step 10: Locate Trunk Position

 Step 10a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1; If trunk is side-bending: +1
 Final Trunk Score =

Step 11: Legs
 If legs & feet supported and balanced: +1;
 If not: +2
 Final Leg Score =

Step 12: Look-up Posture Score in Table B
 Use values from steps 9, 10 & 11 to locate Posture Score in Table B
 Posture B Score =

Step 13: Add Muscle Use Score
 If posture mainly static or:
 If action 4/minute or more: +1
 Muscle Use Score =

Step 14: Add Force/load Score
 If load less than 2 kg (intermittent): +0;
 If 2 kg to 10 kg (intermittent): +1;
 If 2 kg to 10 kg (static or repeated): +2;
 If more than 10 kg load or repeated or shocks: +3
 Force/load Score =

Step 15: Find Column in Table C
 The completed score from the Neck/Trunk & Leg analysis is used to find the column on Chart C
 Final Neck, Trunk & Leg Score =

Final Score =

Subject: _____ Date: / /

Company: _____ Department: _____ Scorer: _____

FINAL SCORE: 1 or 2 = Acceptable; 3 or 4 investigate further; 5 or 6 investigate further and change soon; 7 investigate and change immediately

Gambar 1. RULA Employee Assessment Worksheet

(Sumber: McAtemney dan Corlett, 1993)

RULA dianalisis menggunakan lembar kerja seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Proses penilaiannya terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok A mencakup lengan atas dan lengan bawah, serta kelompok B mencakup leher dan tulang belakang. Tingkat risiko ditentukan berdasarkan skor yang diperoleh dari hasil pengisian lembar kerja tersebut. Adapun penjelasan dari pembagian grup tersebut adalah sebagai berikut.

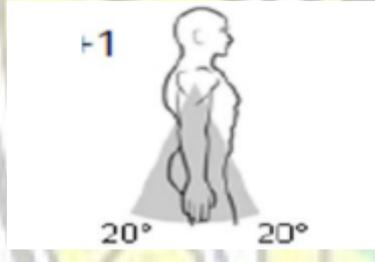
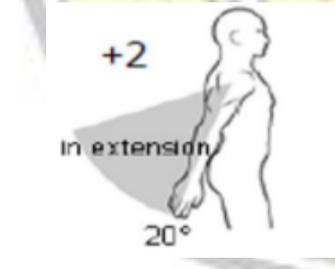
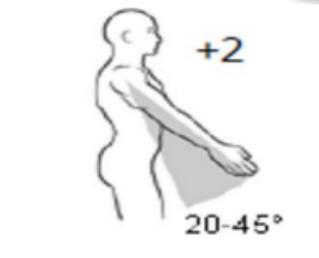
1. Postur tubuh grup A

Penilaian pada postur tubuh grup A terdiri dari penentuan skor lengan atas, skor lengan bawah, dan skor pergelangan tangan.

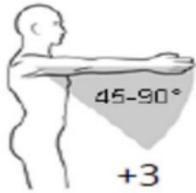
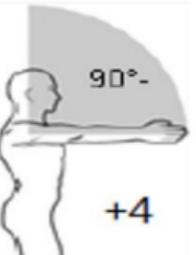
a. Lengan atas (*Upper arm*)

Evaluasi skor RULA pada lengan atas merupakan penilaian terhadap sudut yang dibentuk oleh lengan atas operator saat melakukan pekerjaan.

Tabel 4. Penentuan Skor Lengan Atas

Postur	Sudut	Skor
	20°	+1
	20° eksistensi	+2
	20°-45°	+2

Tabel 4. Penentuan Skor Lengan Atas (Lanjutan)

Postur	Sudut	Skor
	45°-90°	+3
	90°	+4

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

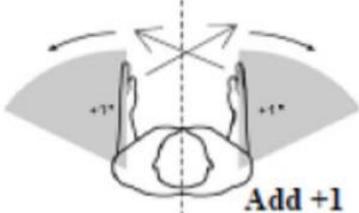
b. Lengan bawah (*lower arm*)

Evaluasi skor RULA pada lengan bawah merupakan penilaian terhadap sudut yang dibentuk oleh lengan atas operator saat melakukan pekerjaan.

Tabel 5. Penentuan Skor Lengan Bawah

Postur	Sudut	Skor
	60°-100°	+1
	0°-60° atau lebih dari 100°	+2

Tabel 5. Penentuan Skor Lengan Bawah (Lanjutan)

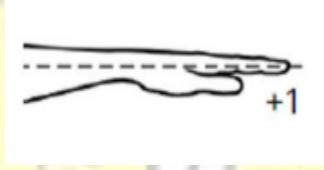
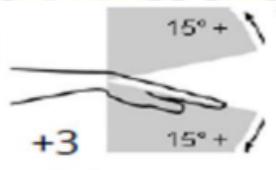
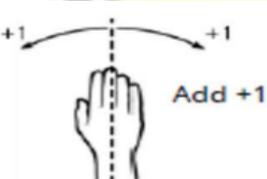
Postur	Sudut	Skor
	Lengan bawah bergerak melewati garis Tengah tubuh kearah yang berlawanan	+1

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

c. Pergelangan tangan (*wrist*)

Evaluasi skor RULA pada pergelangan tangan merupakan penilaian terhadap sudut yang dibentuk oleh lengan atas operator saat melakukan pekerjaan.

Tabel 6. Penentuan Skor Pergelangan Tangan

Postur	Sudut	Skor
	0°	+1
	+15°	+2
	-15°	+3
	Gerakan deviasi ulnar atau radial	+1

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

Skor RULA yang dihasilkan berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan kemudian dimasukkan kedalam tabel penilain skor RULA grup A.

Tabel 7. Analisis RULA Kelompok A

Kelompok A		Skor							
		Skor Pergelangan Tangan							
Lengan Atas	Lengan Bawah	1		2		3		4	
		Putaran pergelangan tangan							
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	3	4	4	4	4	5	5
3	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

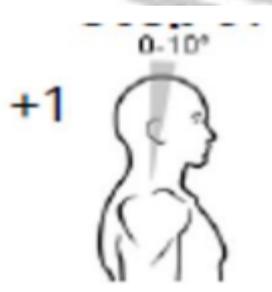
2. Postur tubuh grup B

Penilaian pada postur tubuh grup B terdiri dari penentuan skor leher dan skor batang tubuh.

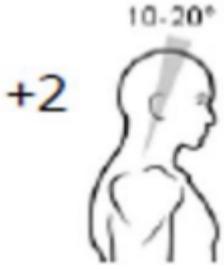
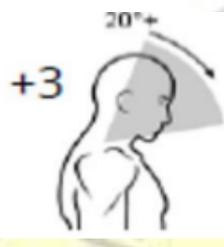
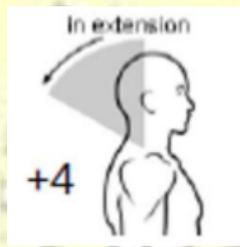
a. Leher (*neck*)

Evaluasi pada leher dilakukan pada posisi leher saat melakukan pekerjaan dengan melihat pergerakan ekstensi leher pada sudut tertentu.

Tabel 8. Penentuan Skor Leher

Postur	Sudut	Skor
	Fleksi 0°-10°	+1

Tabel 8. Penentuan Skor Leher (Lanjutan)

Postur	Sudut	Skor
	Fleksi 10°-20°	+2
	Fleksi 20°	+3
	Ekstensi, mendongak ke belakang	+4

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

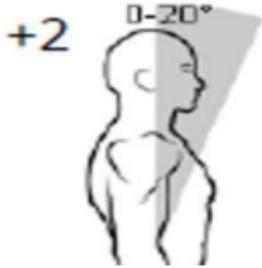
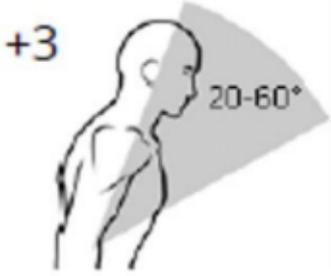
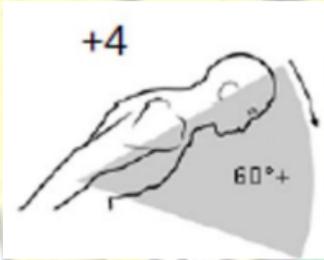
b. Punggung (*trunk*)

Evaluasi skor punggung (*trunk*) atau batang tubuh yaitu dengan melihat sudut yang terbentuk saat sedang bekerja.

Tabel 9. Penentuan Skor Batang Tubuh

Postur	Sudut	Skor
	Fleksi 0°	+1

Tabel 9. Penentuan Skor Batang Tubuh (Lanjutan)

Postur	Sudut	Skor
	Fleksi 0°-20°	+2
	Fleksi 20°-60°	+3
	Fleksi lebih dari 60°	+4

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

c. Kaki (*Legs*)

Evaluasi skor kaki (*legs*) yaitu dengan melihat apakah kaki operator menopang tubuh saat melakukan pekerjaan.

Tabel 10. Penentuan skor kaki

Postur Kaki	Skor
Jika kaki menopang tubuh dan menapak dengan baik	+1
Jika kaki tidak menopang tubuh dan menapak dengan baik	+2

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

Skor RULA yang dihasilkan berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap leher, punggung dan kaki kemudian dimasukkan kedalam tabel penilain skor RULA grup B

Tabel 11. Analisis RULA Kelompok B

Skor postur leher	Skor posisi batang tubuh											
	1		2		3		4		5		6	
	Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

Setelah didapatkan hasil skor RULA grup A dan grup, selanjutnya skor tersebut akan dimasukkan kedalam tabel C untuk mengetahui skor akhir RULA.

Tabel 12. Skor Akhir RULA

Tabel C	Skor leher, batang tubuh, kaki (Skor kelompok B)							
	1	2	3	4	5	6	7+	
Skor pergelangan tangan dan lengan (Skor kelompok A)	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

Penentuan skor akhir RULA dilakukan dengan mempertimbangkan penentuan skor beban pekerja dan penentuan penggunaan otot yang digunakan selama melakukan pekerjaan, adapun nilai skor tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 13. Penentuan Skor Pembebanan

Kondisi	Skor
Beban tidak ada atau kurang dari 2 kg atau gaya intermiten	+0
2-10 kg beban atau gaya intermiten	+1
2-10 kg beban statis atau 2-10 kg atau gaya berulang	+2
10 kg atau lebih gaya intermiten, 10 kg beban statis, 10 kg beban atau gaya berulang dengan kejutan dan kekuatan dengan penumpukan cepat	+3

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

Tabel 14. Skor Penggunaan Otot

Kondisi	Skor
Apabila tubuh berada dalam posisi diam (statis) selama lebih dari 1 menit, atau terdapat gerakan yang diulang setidaknya 4 kali dalam satu menit	+1

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

Setelah mengetahui skor akhir RULA berdasarkan tabel C yang sudah disesuaikan dengan skor pembebanan dan penggunaan otot, selanjutnya menentukan level risiko postur tubuh pekerja dan menentukan tindakan perbaikan yang harus dilakukan. Tabel klasifikasi level risiko analisis RULA adalah sebagai berikut.

Tabel 15. Klasifikasi dan level risiko analisis RULA

Klasifikasi dan Risiko	Level Risiko MSDs	Tindakan Perbaikan
Klasifikasi I (Skor: 1-2)	Postur dapat diterima (<i>negligible risk</i>)	Apabila posisi tersebut tidak dilakukan secara berulang dalam jangka waktu yang lama, maka kondisi ini tidak memerlukan upaya pencegahan khusus.
Klasifikasi II (Skor: 3-4)	Risiko rendah (<i>Low risk</i>)	Diperlukan investagi lebih lanjut dan mungkin butuh perbaikan
Klasifikasi III (Skor: 5-6)	Risiko sedang (<i>Medium risk</i>)	Dibutuhkan inverstigasi lebih lanjut dan sangat disarankan dilakukan perbaikan
Klasifikasi IV (Skor: 7 atau lebih)	Risiko tinggi (<i>High risk</i>)	Diperlukan investigasi lebih lanjut dan segera dilakukan perbaikan

(Sumber: Mcatamney dan Corlett, 1993)

2.6 Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan metode yang digunakan untuk menilai komposisi tubuh dengan menghitung perbandingan antara berat badan dan tinggi badan menggunakan rumus IMT. Hasil dari perhitungan tersebut disebut sebagai nilai IMT. IMT dapat digunakan untuk menilai status gizi melalui pengukuran antropometri dan dapat dijadikan petunjuk untuk menentukan kekurangan berat badan dan kelebihan berat badan berdasarkan indeks *qualetet* (Haryani, 2024). IMT merupakan salah satu faktor pada gangguan *musculoskeletal*, meningkatnya beban mekanik dapat terjadi akibat dari IMT pada sistem *musculoskeletal* yang mengakibatkan kelelahan dan cedera. Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung indeks massa tubuh:

$$\frac{\text{Berat badan (Kg)}}{\text{Tinggi badan (m)} \times \text{Tinggi badan (m)}}$$

Nilai IMT diberikan atas lima kriteria yaitu kurus berat ($< 17,0 \text{ kg/m}^2$), kurus ringan ($17,0 - 18,4 \text{ kg/m}^2$), normal ($18,5 - 25,0 \text{ kg/m}^2$), gemuk ringan ($25,1 - 27,0 \text{ kg/m}^2$) dan gemuk berat ($> 27 \text{ kg/m}^2$). IMT biasanya dianggap sebagai indikator kegemukan tubuh (obesitas) (Makmun dan Pratama, 2021).

2.7 Antropometri

Antropometri banyak dimanfaatkan sebagai acuan ergonomi dalam mendesain produk atau sistem kerja yang melibatkan interaksi dengan manusia. Antropometri mencakup data numerik yang berkaitan dengan ciri fisik tubuh manusia, seperti dimensi, bentuk, serta kekuatan, dan bagaimana informasi tersebut diterapkan untuk menyelesaikan persoalan dalam proses desain dan perancangan (Arasa dkk., 2018). Pada dasarnya antropometri menyangkut bentuk fisik atau fungsi tubuh manusia yang didalamnya terdiri dari ukuran linear, berat, volume, ruang gerak dan yang lainnya. Data antropometri sangat membantu dalam proses perancangan alat kerja maupun fasilitas kerja termasuk didalamnya perancangan ruang kerja.

Penentuan ukuran maksimum dan minimum digunakan data antropometri antara *percentile 5th* dan *95th* (Sajiyo dkk., 2019). Pengukuran antropometri merupakan metode penilaian terhadap bagian tubuh manusia yang berfungsi untuk menentukan komposisi tubuh, apakah didominasi oleh tulang, otot, atau lemak, serta untuk memantau perkembangan fisik seseorang. Hasil pengukuran ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti usia, jenis kelamin, ras atau etnis, jenis pekerjaan dan aktivitas, serta kondisi sosio-ekonomi (Sajiyo dkk., 2019). Pada umumnya data antropometri yang digunakan untuk membuat peralatan dan tempat kerja terdapat dua, yaitu antropometri dinamis dan antropometri statis.

1. Antropometri Dinamis

Pengukuran antropometri dinamis dilakukan saat tubuh berada dalam keadaan bergerak. Pengukuran ini menghasilkan data antropometri yang mencerminkan ukuran tubuh ketika sedang menjalankan fungsinya dalam posisi dinamis.

2. Antropometri Statis

Pengukuran antropometri statis dilakukan saat tubuh berada dalam posisi tetap dan tidak bergerak sesuai standar. Proses pengukuran ini bertujuan untuk menilai posisi tubuh ketika menjalankan gerakan tertentu yang berhubungan dengan aktivitas atau pekerjaan yang sedang dilakukan.

2.8 Ekonomi Gerakan

Ekonomi gerakan proses menganalisis gerakan kerja yang dilakukan oleh pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya. Hasil analisis tersebut akan menghasilkan gerakan standar untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan efektif dan efisien. Dengan demikian, setelah penerapan studi ekonomi gerakan, diharapkan dapat mengurangi atau menghilangkan gerakan-gerakan yang tidak efisien, sehingga waktu kerja menjadi lebih hemat dan penggunaan fasilitas kerja dapat lebih optimal (Santoso, 2022). Ekonomi gerakan adalah suatu analisis terhadap gerakan tubuh manusia saat menjalankan pekerjaan, dengan tujuan agar setiap gerakan yang dilakukan menjadi lebih efisien. Ekonomi gerakan memiliki kaitan erat dengan studi gerakan, yaitu analisis yang difokuskan pada bagian-bagian tubuh manusia untuk mengurangi atau menghilangkan gerakan yang tidak diperlukan, sehingga dapat menghemat waktu kerja serta mengoptimalkan pemanfaatan fasilitas kerja.

Prinsip-prinsip dalam ekonomi gerakan meliputi penghilangan aktivitas yang tidak diperlukan, penggabungan berbagai gerakan kerja, serta penyederhanaan aktivitas agar lebih efisien. Berikut ini adalah Prinsip-prinsip eliminasi kegiatan (Zadry dkk., 2015):

- a. Menghilangkan seluruh aktivitas, langkah, atau gerakan yang tidak diperlukan atau masih memungkinkan untuk dihapus.
- b. Mengurangi kegiatan yang tidak teratur dengan menempatkan aktivitas kerja serta material atau komponen di posisi yang tetap dan teratur.
- c. Menghindari menggunakan tangan (salah satu atau keduanya) sebagai alat penahan benda, karena aktivitas tersebut tidak produktif dan menyebabkan ketidakseimbangan kerja antara kedua tangan.

- d. Menghapus gerakan yang berisiko dan bertentangan dengan prinsip keselamatan maupun kesehatan kerja.
- e. Mengganti penggunaan tenaga otot untuk aktivitas statis atau posisi tetap dengan bantuan mesin (mekanisasi) seperti *power tools*, alat pengumpan otomatis, atau peralatan *material handling*.
- f. Menghilangkan waktu tidak produktif seperti waktu menganggur dan waktu menunggu dengan menerapkan perencanaan atau penjadwalan kerja yang lebih efektif.

Prinsip-prinsip kombinasi gerakan atau aktivitas kerja adalah sebagai berikut (Zadry dkk., 2015):

- a. Gabungkan gerakan kerja yang singkat, terputus-putus, dan sering berubah arah dengan gerakan yang lebih stabil, mengalir, dan membentuk pola melengkung yang lebih alami.
- b. Satukan beberapa aktivitas yang dapat dikerjakan menggunakan satu alat kerja melalui desain peralatan yang bersifat serbaguna atau multifungsi
- c. Atur pembagian aktivitas kerja agar tercipta keseimbangan antara penggunaan tangan kanan dan kiri.

2.7.1 Prinsip-prinsip Ekonomi Gerakan

Dalam melakukan analisis ekonomi gerakan agar lebih efisien, perlu memperhatikan prinsip-prinsip ekonomi gerakan. Prinsip ini digunakan untuk mengevaluasi dan menganalisis gerakan kerja di suatu area tertentu dalam suatu proses kerja, mencakup seluruh aktivitas yang terjadi secara keseluruhan. Tiga faktor yang berkaitan dengan prinsip gerakan, yaitu sebagai berikut (Santoso, 2022).

1. Penggunaan ekonomi gerakan dihubungkan dengan penggunaan badan
 - a. Kondisi dan struktur tubuh manusia memiliki keterbatasan dalam melakukan pekerjaan.
 - b. Kemungkinan kedua tangan memulai dan menyelesaikan gerakan dalam waktu bersamaan.
2. Penggunaan ekonomi gerakan dihubungkan dengan tempat kerja berlangsung

- a. Terdapat tempat tertentu yang disediakan untuk alat bahan yang tidak sering dipindahkan, sehingga dapat menimbulkan kebiasaan tetap.
 - b. Meletakkan alat dan bahan pada tempat dengan jarak yang nyaman untuk dicapai sehingga mengurangi usaha untuk mencari.
3. Penggunaan ekonomi gerakan dihubungkan dengan desain peralatan kerja yang digunakan
- a. Meminimalkan aktivitas yang dikerjakan secara manual oleh tubuh apabila pekerjaan tersebut dapat dialihkan menggunakan alat bantu kerja.
 - b. Memanfaatkan peralatan kerja yang mampu menyelesaikan beberapa tugas sekaligus, baik tugas yang serupa maupun berbeda jenis.

2.9 Perancangan Stasiun Kerja

Stasiun kerja adalah tempat dimana suatu proses produksi dilaksanakan untuk mengubah bahan baku atau mentah menjadi memiliki nilai tambah. Merancang stasiun kerja yang baik dan benar akan memberikan keselamatan dan kenyamanan kepada pekerja sehingga dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja para pekerja. Stasiun kerja diterapkan bertujuan untuk memenuhi kebutuhan pekerja serta mematuhi pedoman pekerjaan yang ada, dengan fokus pada pengurangan insiden kecelakaan kerja. Studi ini mengeksplorasi sistem di mana manusia, peralatan dan fasilitas kerja, serta lingkungan kerja berinteraksi secara sinergis, dengan tujuan untuk menciptakan kondisi kerja yang sesuai dengan kebutuhan individu manusia (Rizal dan Servia, 2023).

Dalam memodifikasi atau mendesain stasiun kerja baik yang sudah ada ataupun stasiun kerja baru, perancang terbatas dengan beberapa faktor seperti keuangan, teknologi, ketersediaan ruangan, lingkungan, keleluasaan dalam memodifikasi, dan alat yang digunakan. Sehingga melakukan desain maupun redesain stasiun kerja harus disesuaikan dengan Kebutuhan biologis operator perlu disesuaikan dengan aspek fisik stasiun kerja, meliputi dimensi dan fungsi dari peralatan yang digunakan di dalam stasiun kerja tersebut. Penyesuaian ini perlu memperhatikan letak elemen mesin terhadap posisi kerja, area jangkauan, bidang pandang, ruang gerak, serta interaksi antara tubuh operator dan mesin. Selain itu,

proses perancangan stasiun kerja harus diawali dengan mengidentifikasi keberagaman karakteristik pengguna, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti etnis, jenis kelamin, usia, dan lainnya (Hutabarat Julianus, 2017). Perancangan stasiun kerja perlu disesuaikan dengan peran dan fungsi utama dari setiap elemen dalam sistem kerja, yaitu manusia, mesin atau peralatan, serta lingkungan kerja fisik. Mesin atau peralatan harus dirancang untuk mendukung operator dalam menjalankan tugasnya. Mesin dan peralatan sebaiknya berfungsi sebagai penunjang yang meningkatkan kemampuan manusia, tanpa menambah beban kerja atau menyebabkan stres, serta membantu menyelesaikan tugas-tugas tertentu yang melebihi kapasitas atau kemampuan manusia.

2.10 Software CATIA

Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application (CATIA) adalah *software* papan atas yang memiliki kemampuan (*computer aided design*) CAD/ (*computer aided manufacturing*) CAM/ (*computer aided Engineering*) CAE. CATIA digunakan untuk mendesain, analisis, hingga simulasi manufaktur (Anggono, 2018). CATIA adalah model desain yang digunakan untuk menganalisis area kerja beserta faktor-faktor ergonomiknyanya. Dalam ilmu ergonomi CATIA digunakan untuk membuat model desain untuk tempat kerja beserta faktor-faktor ergonominya. Dalam rancang bangun, ergonomi sangat penting untuk mendukung proses dan produk. CATIA Memiliki beragam keunggulan, khususnya dalam hal desain perancangan dan evaluasi produk, karena dilengkapi dengan simulasi visual postur pengguna serta mampu melakukan penilaian terhadap aspek ergonomi dari produk yang dirancang (Tristiawan dkk., 2019).