

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

Ilmu ergonomi mengkaji bagaimana manusia berinteraksi dengan komponen-komponen sistem yang saling terkait dan menggunakan teori, konsep, data, dan teknik untuk mengembangkan sistem kerja yang memaksimalkan kinerja dan kesejahteraan sistem secara keseluruhan. Menurut etimologinya, ergonomi berasal dari kata Yunani *ergon* yang bermakna kerja dan *nomos* yang bermakna aturan. Ilmu ergonomi berfokus pada bagaimana manusia berinteraksi dengan alat, mesin, proses, bangunan, dan lingkungan sekitarnya baik di tempat kerja maupun dalam kehidupan pribadi mereka. Dalam hal tujuan, ergonomi berupaya untuk meningkatkan keselamatan kerja serta efektivitas dan efisiensi. Ketika membangun suatu proses atau lingkungan tempat aktivitas manusia berlangsung dalam kehidupan sehari-hari, metode ergonomi menerapkan pengetahuan tentang kendala, kapasitas, sifat, perilaku, dan motivasi manusia. (Coinick 1993 dalam Sajiyo, dkk., 2019)

Dalam tiap-tiap aktivitas pekerjaan, implementasi prinsip ergonomi harus menjadi prioritas utama. Banyak masalah seperti ketidaknyamanan pekerja dan meningkatnya risiko kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja timbul akibat ketidakpatuhan terhadap prinsip-prinsip ergonomi. Kinerja dan efisiensi karyawan dapat ditingkatkan melalui kesadaran ergonomi, yang pada gilirannya memengaruhi pertumbuhan produktivitas. Terkait dengan hal tersebut, implementasi ergonomi menghasilkan kesehatan dan kenyamanan kerja yang optimal bagi pekerja, sehingga pekerjaan dilakukan dengan efektif dan efisien (Dewi. F. N., 2020)

Dalam ergonomi dibedakan menjadi sejumlah bidang kajian, bidang-bidang kajian diperhatikan sebagai berikut (Sutalaksana., 1979 dalam Sajiyo, dkk., 2019).

1. Faal Kerja

Cabang ilmu ergonomi yang fokus pada pengukuran jumlah energi yang dibutuhkan seseorang saat melakukan aktivitas kerja. Tujuan utama kajian untuk merancang sistem kerja yang mampu meminimalkan penggunaan energi selama kerja.

2. Antropometri

Merupakan aspek dalam ergonomi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia, bertujuan untuk merancang peralatan dan fasilitas kerja agar sesuai dengan bentuk serta kebutuhan pengguna.

3. Biomekanika

Bidang ergonomi berfokus pada bagaimana tubuh melakukan tugas, termasuk bagaimana otot manusia digunakan.

4. Pengindraan

Masalah sensorik manusia seperti yang melibatkan penglihatan, penciuman, perasa, dan indra lainnya, dipelajari dalam disiplin ilmu ergonomi.

5. Psikologi Kerja

Ergonomi adalah studi tentang bagaimana pekerjaan memengaruhi karyawan secara psikologis, termasuk pembebanan dan masalah lainnya.

2.2 Biomekanika

Cabang ilmu pengetahuan yang disebut biomekanika meneliti kekuatan yang dihasilkan di dalam dan luar tubuh manusia (Hay, 1985 dalam Sugiono, dkk., 2018). Hukum fisika dan konsep mekanika dalam mendefinisikan gaya dan gerakan yang dialami oleh berbagai bagian tubuh selama aktivitas dikenal dengan biomekanika. Biomekanika memiliki keterkaitan dengan seluruh makhluk hidup, terlebih pada sistem biologi dalam menyangkut tubuh manusia. Biomekanika dalam ergonomi hanya

memuat lingkup manusia, sehingga biomekanika yang digunakan adalah biomekanika pada manusia. Biomekanika sangat memiliki keterkaitan dengan ergonomi, dalam ergonomi biasa disebut dengan *Occupational Biomechanics*. *Occupational biomechanics* atau biomekanika kerja diartikan sebagai disiplin ilmu yang memiliki keterkaitan dengan studi terkait interaksi fisik pekerja dengan alat, mesin, dan bahan yang digunakan, sehingga memiliki tujuan dalam meningkatkan kinerja pekerja dan meminimalkan risiko cedera *Musculoskeletal Disord* (MSDs). Biomekanika digunakan dalam menciptakan sistem kerja yang ergonomis dengan menyesuaikan tubuh manusia dalam melakukan aktivitas yang dilakukan (Irzal, 2016). Ada area utama yang menjadi fokus dalam biomekanika, yakni (Arianto, dkk., 2022)

1. Dinamika adalah studi tentang sistem yang mengalami percepatan dan perlambatan dalam biomekanika.
2. Dalam biomekanika, kinematika menjelaskan bagaimana gaya memengaruhi sistem, pola gerak, seperti perubahan kecepatan linier dan rotasional, dan perpindahan posisi.
3. Dalam biomekanika, kinetika mengkaji faktor-faktor yang menyebabkan gerak, gaya, dan momen yang bekerja.
4. Dalam biomekanika, statika mengkaji sistem yang berada dalam kesetimbangan, baik yang diam maupun yang bergerak dengan kecepatan tetap.

Dalam pengoperasiannya, biomekanika dilakukan pada tubuh saat statis (*biostatics*), yakni menganalisis tubuh pada posisi diam atau bergerak pada garis lurus dengan kecepatan seragam. Untuk tubuh yang dinamis (*biodinamika*), berhubungan dengan gerakan tubuh yang tidak bergantung pada gaya (*kinematika*) dan gerakan yang disebabkan oleh gaya yang bekerja pada tubuh. Informasi dari biomekanik dapat digunakan untuk menganalisis gerakan manusia dan meningkatkan kemanjuran, yang menurunkan kemungkinan kerusakan. Gerakan yang dianalisis dalam biomekanika dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan

mengobservasi secara sistematis dan melakukan penilaian introspektif kualitas gerakan manusia dengan tujuan menyediakan intervensi yang paling tepat untuk meningkatkan kinerja manusia. Berbeda dengan analisis kualitatif yang melibatkan variabel pengukuran yang banyak dan membutuhkan sebuah alat seperti komputer dalam melakukan analisis numeriknya (Sugiono, dkk., 2018).

2.3 *Musculoskeletal Disorders*

Sistem *Musculoskeletal* merupakan satu dari sekian sistem yang berperan pada fungsi pergerakan dan mobilitas individu. *Musculoskeletal* memuat kata *musculo* yang memiliki arti otot dan *skeletal* yang memiliki arti tulang. Orang yang menderita kelainan otot rangka ringan hingga berat disebut menderita gangguan *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Tekanan statis yang diberikan pada otot secara terus-menerus dan dalam jangka waktu lama merupakan penyebab utama penyakit MSD. (Tarwaka, 2015). Gangguan MSDs identik disebabkan oleh pekerjaan yang dilakukan oleh individu. Masalah otot sering kali dapat dibagi menjadi dua kategori: sementara dan permanen. (Restuputri, dkk., 2022).

1. Keluhan sementara (*Reversible*)

Saat beban statis diberikan pada otot, timbul keluhan sementara; namun, keluhan ini akan berangsur-angsur hilang saat pembebanan dihilangkan.

2. Keluhan menetap (*Persistent*)

Keluhan yang menetap adalah kondisi di mana rasa sakit pada otot tetap ada meskipun pekerjaan sudah dihentikan, sehingga keluhan terus berlanjut.

Studi yang dilakukan pada berbagai jenis industri yang sudah dilakukan, memperlihatkan bahwa otot rangka yang memuat otot leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang, dan tubuh bagian bawah merupakan otot yang sering dikeluhkan. (Tarwaka, 2010 dalam Jalajuwita & Paskarini, 2015). *Work Related Musculoskeletal Disorders* (WMSDs) merupakan salah satu penyakit yang sering dikeluhkan oleh karyawan, dan salah satu faktor yang menyebabkan gangguan ini adalah posisi kerja.

Postur tubuh yang diambil seseorang saat bekerja disebut sebagai "posisi kerja". Ketika karyawan dipaksa untuk mengambil postur yang tidak ergonomis, beban kerja mereka dapat meningkat dan mereka mungkin merasa lebih cepat lelah. Bagian tubuh tertentu yang mengalami ketidaknyamanan akibat postur kerja yang tidak ergonomis dapat memengaruhi MSDs (Jalajuwita & Paskarini, 2015).

2.4 Postur Kerja

Cara individu memposisikan dirinya saat melakukan tugas dikenal dengan postur kerja. Subbidang ergonomi kerja yang disebut "postur kerja" menyelidiki cara memposisikan dan mengukur tubuh dengan tepat untuk mencegah konsekuensi buruk dari aktivitas yang berhubungan dengan pekerjaan. Baik berdiri, duduk, atau mengangkat dan membawa, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu karyawan menemukan posisi tubuh yang aman, menyenangkan, dan alami. (Anhar, dkk., 2024). Postur kerja menjadi faktor yang penting dalam menilai efektivitas dan efisiensi pekerjaan yang dilakukan. Postur yang tidak tepat dan dilakukan dengan waktu yang relatif lama menimbulkan keluhan MSDs.

Ada dua jenis postur kerja, yakni postur kerja yang baik atau normal (*good working posture*) dan postur kerja yang buruk atau tidak normal (*awkward working posture*). Postur tubuh yang buruk saat bekerja dapat terjadi ketika posisi tubuh tidak sesuai dengan anatominya, sehingga dapat menyebabkan tekanan atau pergeseran pada bagian tubuh tertentu. Punggung yang bungkuk dan leher yang miring merupakan contoh postur tubuh yang buruk, beserta postur tubuh lain yang berlebihan atau tidak sesuai dengan keadaan sekitar (Tarwaka, 2015). Di lain sisi, ada tiga jenis posisi tubuh berbeda yang mungkin diambil orang saat bekerja: duduk, berdiri, dan berdiri. Posisi duduk berdiri merupakan posisi kombinasi dari kedua posisi, posisi kombinasi dianggap paling sesuai untuk pekerjaan yang membutuhkan gerakan dinamis di lingkungan kerja (Palit & Aysia, 2015).

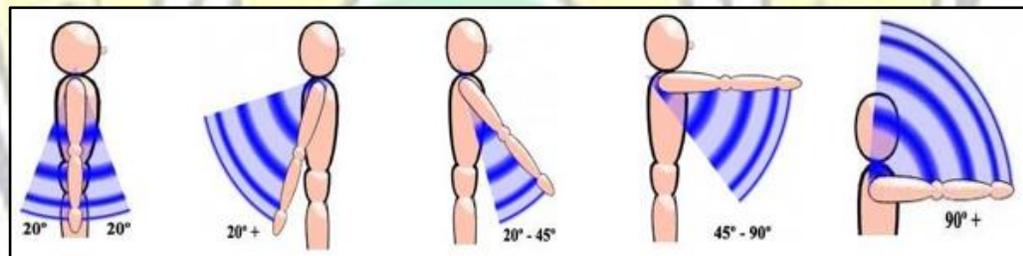
Studi metode RULA berfokus pada tubuh bagian atas, termasuk pergelangan tangan, leher, punggung, lengan bawah, dan lengan atas, terutama dalam tugas yang melibatkan aktivitas berulang atau statis. Dua kategori komponen tubuh digunakan dalam penilaian postur, dan ini digabungkan menjadi tiga tabel skor untuk mengevaluasi faktor risiko. Metode RULA menggunakan lembar kerja seperti pada gambar 2. Hasil akhir pada metode RULA akan didapatkan skor berkisar antara nilai 1-7. Penilaian postur tubuh berdasarkan grup dan tabel skor dijelaskan sebagai berikut:

2.5.1 Penilaian Postur Tubuh Grup A

Lengan atas (*upper arm*), lengan bawah (*lower arm*), pergelangan tangan (*wrist*), dan putaran pergelangan tangan (*wrist twist*) adalah sejumlah anggota tubuh yang dinilai pada postur tubuh grup A.

1. Postur Lengan Atas (*Upper Arm*)

Penilaian yang dilakukan pada lengan atas (*upper arm*) dilakukan saat melakukan aktivitas kerja diperhatikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Postur Lengan Atas (*Upper Arm*)

(Sumber: www.rula.co.uk, 2019)

Tabel 2 memperlihatkan skor penilaian untuk lengan atas (*upper arm*).

Tabel 2. Skor Bagian Lengan Atas (*Upper Arm*)

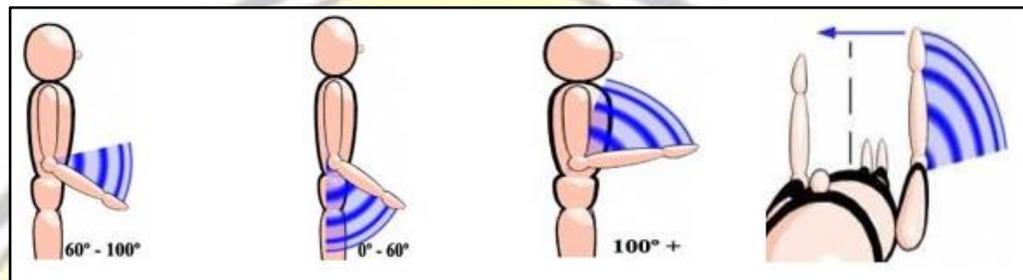
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
20°	1	+1 Jika bahu naik
20° - 45°	2	
45° - 90°	3	+1 Jika lengan berputar atau bengkok
>90°	4	

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Diberikan skor tambahan sejumlah 1 saat tekanan terjadi pada bahu terangkat dan lengan bawah. Di lain sisi, dilakukan pengurangan skor sejumlah 1 saat posisi kerja dilakukan dengan bersandar dan lengan ditopang.

2. Postur Lengan Bawah (*Lower Arm*)

Gambar 3 memperlihatkan penilaian yang dilakukan pada lengan bawah (*lower arm*) dilakukan saat melakukan aktivitas kerja.



Gambar 3. Postur Lengan Bawah (*Lower Arm*)

(Sumber: www.rula.co.uk, 2019)

Tabel 3 memperlihatkan skor penilaian untuk lengan bawah (*lower arm*).

Tabel 3. Skor Bagian Lengan Bawah (*Lower Arm*)

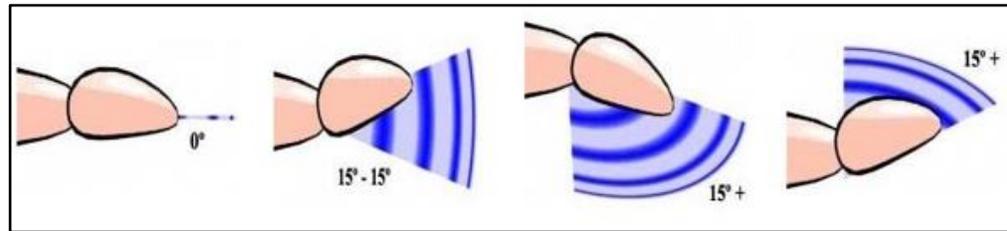
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
60° - 100°	1	Jika lengan bawah bekerja melewati garis tengah atau keluar dari sisi tubuh
<60° atau > 100°	2	

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Tabel 3 memperlihatkan skor untuk tiap-tiap posisi lengan bawah yang dievaluasi dalam metode RULA. Dilakukan penambahan skor sejumlah 1 saat lengan bawah berada dalam posisi menyilang atau posisi melewati dari sisi tubuh.

3. Postur Pergelangan Tangan (*Wrist*)

Gambar 4 memperlihatkan penilaian yang dilakukan pada pergelangan tangan (*wrist*) dilakukan saat melakukan aktivitas kerja.



Gambar 4. Postur Pergelangan Tangan (*Wrist*)

(Sumber: www.rula.co.uk, 2019)

Tabel 4 memperlihatkan skor penilaian untuk pergelangan tangan (*wrist*).

Tabel 4. Skor Bagian Pergelangan Tangan (*Wrist*)

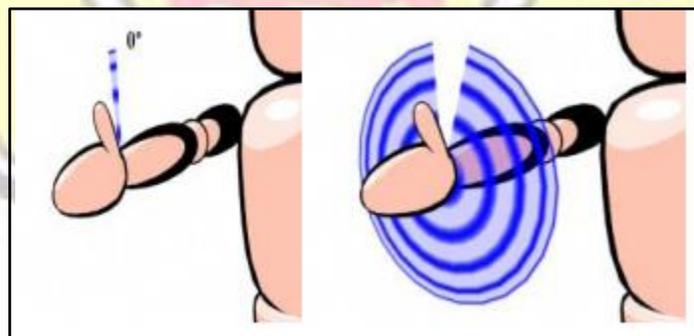
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Posisi Netral	1	
0-15° (ke atas maupun ke bawah)	2	+1 Jika pergelangan tangan putaran menjauhi sisi tengah
> 15° (ke atas maupun ke bawah)	3	

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Tabel 4 memperlihatkan skor untuk tiap-tiap posisi pergelangan tangan yang dievaluasi dalam metode RULA. Akan dilakukan penambahan skor sejumlah 1 saat tekanan berputar dialami oleh pergelangan tangan yang menjauhi sisi tengah.

4. Postur Perputaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)

Gambar 5 memperlihatkan penilaian yang dilakukan pada perputaran pergelangan tangan (*wrist twist*) dilakukan saat melakukan aktivitas kerja.



Gambar 5. Perputaran Pergelangan Tangan (*Wrist Twist*)

(Sumber: www.rula.co.uk, 2019)

Tabel 5 memperlihatkan skor penilaian untuk perputaran pergelangan tangan (*wrist twist*).

Pergerakan	Skor
Bila telapak yang bertekuk berputar diposisi tengah	1
Bila telapak tangan bertekuk didekat atau diakhir dari putaran	2

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

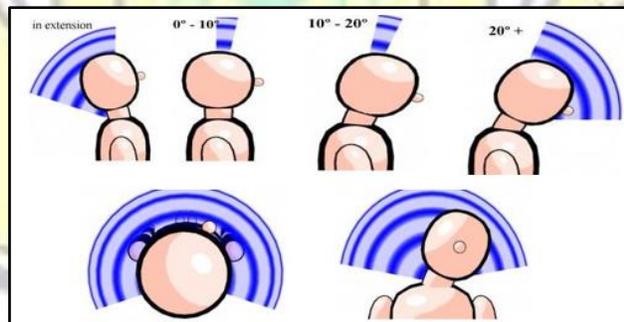
Tabel 5 memperlihatkan skor untuk tiap-tiap posisi perputaran pergelangan tangan yang dievaluasi dalam metode RULA. Posisi yang dibentuk oleh bagian perputaran pergelangan tangan dibagi menjadi 2, yakni posisi tengah dari putaran dengan penambahan skor 1 dan posisi dekat atau diakhir dari putaran, maka skor akan ditambah 2.

2.5.2 Penilaian Postur Tubuh Grup B

Leher (*neck*), batang tubuh (*trunk*), dan kaki (*legs*) adalah sejumlah anggota tubuh yang dinilai pada postur tubuh grup B.

1. Postur Leher (*Neck*)

Gambar 6 memperlihatkan penilaian yang dilakukan pada leher (*neck*) dilakukan saat melakukan aktivitas kerja.



Gambar 6. Postur Leher (*Neck*)

(Sumber: www.rula.co.uk, 2019)

Tabel 6 memperlihatkan skor penilaian untuk leher (*neck*).

Tabel 6. Skor Bagian Leher (Neck)

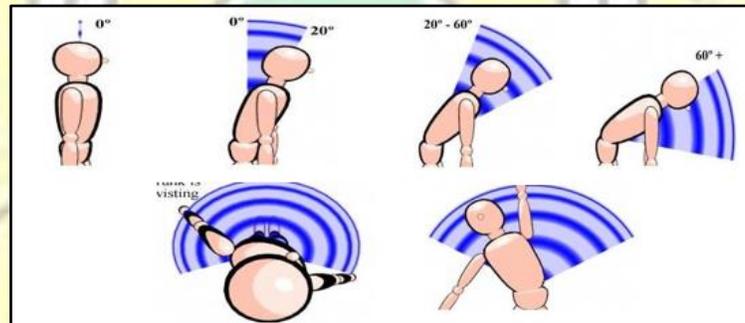
Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
0° - 10°	1	
10°- 20°	2	+1 Jika leher berputar atau bengkok
>20°	3	
Ekstensi	4	+1 batang tubuh bengkok

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Tabel 6 memperlihatkan skor untuk tiap-tiap posisi leher yang dievaluasi dalam metode RULA. Sudut yang terbantu selama melakukan pekerjaan dijadikan sebagai dasar untuk mendapatkan skor penilaian pada bagian leher. Dilakukan penambahan pada skor saat posisi mendengak atau menunduk dilakukan oleh leher.

2. Postur Batang Tubuh (*Trunk*)

Gambar 7 memperlihatkan penilaian yang dilakukan pada batang tubuh (*trunk*) dilakukan saat melakukan aktivitas kerja.

**Gambar 7. Postur Batang Tubuh (*Trunk*)**

(Sumber: www.rula.co.uk, 2019)

Tabel 7 memperlihatkan skor penilaian untuk batang tubuh (*trunk*).

Tabel 7. Skor Bagian Batang Tubuh (*Trunk*)

Pergerakan	Skor	Skor Perubahan
Jika pekerja duduk atau disanggah dengan baik oleh pinggul punggung yang membentuk sudut 90° atau lebih	1	+1 Jika leher berputar atau bengkok
0° - 20°	2	
20° - 60°	3	+1 Batang tubuh bungkuk

> 60°

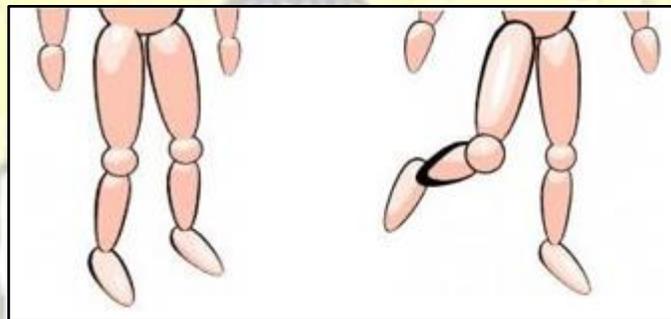
4

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Tabel 7 memperlihatkan skor untuk tiap-tiap posisi batang tubuh yang dievaluasi dalam metode RULA. Sudut yang terbentuk selama melakukan pekerjaan dijadikan sebagai dasar untuk mendapatkan skor penilaian pada bagian batang tubuh. Jika batang tubuh bungkuk, maka skor diberikan tambahan 1. Pada penilaian batang tubuh juga melihat kondisi leher, jika leher berputar atau bengkok maka diberikan penambahan skor sejumlah 1.

3. Postur Kaki (*Legs*)

Gambar 8 memperlihatkan penilaian yang dilakukan pada kaki (*legs*) dilakukan saat melakukan aktivitas kerja.



Gambar 8. Postur Kaki (*Legs*)

(Sumber: www.rula.co.uk, 2019)

Tabel 8 memperlihatkan skor penilaian untuk postur kaki (*legs*).

Tabel 8. Skor Bagian Postur Kaki (*Legs*)

Pergerakan	Skor
Jika paha dan kaki disangga dengan baik pada saat duduk dan tubuh selalu dalam keadaan seimbang	1
Jika dalam posisi berdiri dimana berat tubuh didistribusikan merata ke dua kaki	2
Jika paha dan kaki tidak sangga dan titik berat tubuh tidak seimbang	3

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Tabel 8 memperlihatkan skor untuk tiap-tiap postur kaki (*legs*). Pada bagian postur kaki didapatkan berdasarkan posisi kaki, jika kaki disangga dengan baik maka akan didapatkan skor 1. Posisi kaki berdiri akan diberikan skor 2 dan

jika kaki tidak memiliki sangaan sehingga menyebabkan tubuh tidak seimbang, maka akan diberikan skor 3.

2.5.3 Pengelompokkan Skor Bagian Tubuh

Sesudah mendapatkan nilai dari tiap-tiap postur tubuh, selanjutnya nilai-nilai masuk ke dalam skor tabel. Ada tiga tabel skor dalam metode RULA, yakni skor postur tubuh grup A, skor postur tubuh grup B, dan skor postur tubuh grup C. Kemudian, akan dihitung untuk mendapatkan total skor akhir RULA dengan maksud agar tingkat risiko postur kerja yang terjadi dapat diketahui. Dalam mengelompokkan skor idiperhatikan sebagai berikut:

1. Skor Postur Tubuh Grup A

Tabel penilaian berikut digunakan untuk membuat skor postur tubuh grup A yang diperoleh dari pengamatan postur tubuh bagian atas yang memuat rotasi lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, dan tangan.

Tabel 9. Skor Postur Tubuh Grup A

Lengan Atas	Lengan Bawah	Pergelangan Tangan							
		1		2		3		4	
		<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>
		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	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	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	s	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8

Tabel 9. Skor Postur Tubuh Grup A (Lanjutan)

Lengan Atas	Lengan Bawah	Pergelangan Tangan							
		1		2		3		4	
		<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>	<i>Twist</i>
		1	2	1	2	1	2	1	2
	1	7	7	7	7	7	8	8	9
6	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Skor tubuh pada grup A dinilai dan diperlihatkan pada tabel 9. Keempat bagian tubuh atas operator dikombinasikan untuk mendapatkan penilaian. Hasil dari penilaian akan dilanjutkan dengan penambahan skor aktivitas. Penambahan skor aktivitas diperhatikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Penambahan Skor Aktivitas Grup A

Aktivitas	Skor	Keterangan
Postur Statik	+1	Satu atau lebih bagian tubuh statis atau diam
Perulangan	+1	Tindakan berulang-ulang lebih dari 4 kali per menit

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Skor beban pekerja kemudian ditambahkan ke skor aktivitas pada grup A setelah hasil penjumlahan didapat. Tabel 11 memperlihatkan penambahan skor beban.

Tabel 11. Penambahan Skor Beban Grup A

Beban	Skor	Keterangan
< 2 Kg	0	
2 Kg - 10 Kg	+1	+1 jika postur statik dan dilakukan berulang-ulang
> 10 Kg	+3	

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Pada Tabel 11, berat beban yang diangkat oleh bagian tubuh pada grup A dijadikan sebagai dasar untuk menambahkan skor beban. Skor mengalami penambahan jika keadaan statis dilakukan pada postur tubuh secara berulang-ulang.

2. Skor Postur Tubuh Grup B

Sesudah melakukan penilaian pada skor postur tubuh bagian A, maka selanjutnya melakukan penilaian pada skor postur tubuh bagian B dengan skor dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Skor Postur Tubuh Grup B

<i>Neck</i>	Trunk											
	1		2		3		4		5		6	
	<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>		<i>Legs</i>	
	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: Susianti, dkk., 2015)

Tabel 12 memperlihatkan tabel penilaian skor tubuh pada grup B. Hasil dari penilaian dari skor kemudian akan dilanjutkan dengan penambahan skor aktivitas. Penambahan skor aktivitas dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Penambahan Skor Aktivitas Grup B

Aktivitas	Skor	Keterangan
Postur Statik	+1	Satu atau lebih bagian tubuh statis atau diam
Perulangan	+1	Tindakan berulang-ulang lebih dari 4 kali per menit

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Skor beban pekerja ditambahkan setelah hasil penjumlahan skor aktivitas untuk kelompok B dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Penambahan Skor Beban Grup B

Beban	Skor	Keterangan
< 2 Kg	0	
2 Kg - 10 Kg	+1	+1 jika postur statik dan dilakukan berulang-ulang
> 10 Kg	+3	

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

Pada Tabel 14, berat beban yang diangkat oleh bagian tubuh pada grup B dijadikan sebagai dasar untuk menambahkan skor beban. Skor mengalami penambahan jika keadaan statis dilakukan pada postur tubuh secara berulang-ulang

3. Skor Postur Tubuh Grup C

Skor total besar yang merupakan hasil matriks penggabungan kelompok A dan B adalah skor postur tubuh kelompok C atau *grand total score*. Setelah melakukan penilaian pada skor postur tubuh bagian A dan bagian B, maka selanjutnya melakukan penilaian keseluruhan yang diperhatikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Grand Total Score

Grup A	Grup B						
	1	2	3	4	5	6	7+
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: Susianti, dkk., 2015)

Hasil dari Tabel 15 merupakan hasil skor akhir yang didapatkan pada metode RULA yang kemudian akan dijadikan tolak ukur perbaikan yang seharusnya dilakukan. Adapun klasifikasi dari kategori tindakan pada metode RULA dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Kategori Tindakan RULA

Skor	Level Risiko	Tindakan
1-2	Minimum	Aman
3-4	Kecil	Diperlukan pemeriksaan lebih lanjut beberapa waktu ke depan
5-6	Sedang	Diperlukan pemeriksaan lanjutan dan perubahan dalam waktu dekat
7	Tinggi	Perlu dilakukan pemeriksaan secepatnya

(Sumber: Susianti, dkk., 2015)

2.6 Antropometri

Gabungan dari istilah "anthro" (manusia) dan "metri" (ukuran) membentuk istilah antropometri. Bidang ilmiah antropometri meneliti bagaimana dimensi tubuh manusia diukur (Wignjosoebroto, 1995 dalam Andhini, 2018). Antropometri juga didefinisikan sebagai pengukuran sejumlah ukuran tubuh dan karakteristik fisik manusia yang relevan dengan rancangan produk atau alat yang digunakan oleh manusia (Tarwaka, dkk, 2004 dalam Andhini, 2018). Tujuan umum antropometri adalah untuk memberikan pertimbangan ergonomis di seluruh fase desain sistem atau produk yang memerlukan interaksi manusia. Implementasi antropometri sangat penting dalam memastikan produk yang dirancang digunakan dengan nyaman dan aman oleh manusia. Antropometri menggunakan data dimensi tubuh yang berperan dalam menentukan ukuran dan bentuk produk agar selaras dengan kebutuhan pengguna, sehingga mencegah kesalahan desain (*design-induced error*) yang memicu terjadinya kesalahan kerja dan risiko cedera. Bentuk dan dimensi ukuran tubuh yang bervariasi dimiliki oleh dimensi tubuh manusia secara umum.

Antropometri dibedakan menjadi dua jenis, yakni antropometri statis dan dinamis. Pengukuran dimensi tubuh manusia saat diam atau tidak dikenal sebagai antropometri statis. Di sisi lain, antropometri dinamis berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia saat bergerak atau mengamati gerakan potensial yang terjadi selama suatu aktivitas. Perbedaan utama antara antropometri statis dan dinamis adalah fokus pengukurannya; antropometri statis mengukur dimensi tubuh saat diam, sedangkan antropometri dinamis mengukur dimensi tubuh saat bergerak atau terlibat dalam suatu aktivitas (Sukmawara & Suliantoro, 2016).

2.6.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Data Antropometri

Data dimensi tubuh manusia memiliki bentuk yang bervariasi. Ada sejumlah faktor yang mempengaruhi dimensi ukuran tubuh manusia, diantaranya (Wignjosoebroto, 1995 dalam Susianti, dkk., 2015).

1. Usia

Usia menjadi faktor berpengaruh dalam antropometri sebab pertumbuhan dan perkembangan tubuh manusia terjadi secara bertahap seiring bertambahnya usia. Di lain sisi, struktur tulang dan massa otot juga mengalami perubahan yang signifikan seiring penambahan usia. Distribusi lemak dalam tubuh juga berubah seiring dengan usia, mempengaruhi proporsi tubuh. Di lain sisi, faktor kesehatan yang terkait dengan usia, seperti osteoporosis atau penyakit degeneratif, mempengaruhi antropometri individu.

2. Jenis Kelamin

Perbedaan biologis antara pria dan wanita menjadikan gender berperan penting dalam antropometri. Persentase lemak tubuh dan massa otot bervariasi antara pria dan wanita, di antara aspek-aspek komposisi tubuh lainnya. Di lain sisi, perbedaan hormonal antara laki-laki dan perempuan juga memengaruhi distribusi lemak dan pertumbuhan tulang. Faktor-faktor ini penting dalam melakukan penyesuaian antropometri berdasarkan jenis kelamin agar menghasilkan data yang lebih akurat dan relevan dalam sejumlah aplikasi, seperti desain pakaian, ergonomi, atau studi pertumbuhan.

3. Suku atau Bangsa

Suku bangsa menjadi faktor berpengaruh dalam antropometri sebab masing-masing suku bangsa memiliki ciri-ciri fisik yang unik. Tiap-tiap grup etnis memiliki perbedaan dalam proporsi tubuh, struktur tulang, dan fitur wajah. Variasi ini mempengaruhi pengukuran antropometri seperti tinggi badan, lingkar dada, atau panjang anggota tubuh.

4. Posisi tubuh

Postur tubuh menjadi faktor berpengaruh dalam antropometri sebab perbedaan dalam bentuk dan struktur tubuh memengaruhi pengukuran antropometri seperti tinggi badan, lebar bahu, atau panjang tangan. Variasi dalam postur

tubuh terjadi baik secara genetik ataupun sebab faktor lingkungan atau aktivitas fisik. Postur tubuh yang tidak normal, seperti kifosis atau skoliosis, memengaruhi pengukuran dan interpretasi data antropometri. Pengetahuan terkait variasi postur tubuh penting dalam desain produk ergonomis, rehabilitasi medis, dan penelitian pertumbuhan dan perkembangan manusia.

5. Cacat Tubuh

Variabilitas dalam antropometri dapat dipengaruhi oleh keterbatasan fisik. Mereka yang memiliki keterbatasan fisik memiliki ukuran tubuh yang sangat berbeda dari orang normal. Saat membuat alat bantu, seperti kursi roda atau kaki palsu, bagi mereka yang memiliki disabilitas, diperlukan pengukuran yang tepat.

6. Pakaian yang Dikenakan

Ketebalan pakaian mempengaruhi dimensi tubuh yang terlihat. Iklim dan cuaca berperan dalam menentukan jenis dan spesifikasi pakaian individu, sehingga ukuran tubuh tampak berbeda.

7. Kehamilan

Kehamilan menyebabkan perubahan yang signifikan pada ukuran dimensi tubuh wanita. Kondisi ini perlu diperhatikan dalam perancangan produk atau peralatan yang digunakan oleh wanita hamil.

2.6.2 Data Antropometri

Terdapat 36 kategori proporsi tubuh yang berbeda yang ditemukan dalam data antropometri Indonesia digunakan dalam perancangan ini. Tabel 17 memberikan deskripsi dari ke-36 dimensi tubuh antropometri.

Tabel 17. Keterangan Dimensi Tubuh Antropometri

Kode Dimensi	Nama Dimensi	Definisi
D1	Tinggi tubuh	Ketinggian dari lantai vertikal dari lantai hingga puncak kepala
D2	Tinggi mata	Ketinggian vertikal dari lantai sampai ke sudut luar mata

Tabel 17. Keterangan Dimensi Tubuh Antropometri (Lanjutan)

Kode Dimensi	Nama Dimensi	Definisi
D3	Tinggi bahu	Tinggi vertikal dari lantai menuju bagian atas bahu kanan (acrominus)
D4	Tinggi siku	Ketinggian dari lantai hingga titik terendah di siku kanan
D5	Tinggi pinggul	Tinggi vertikal dari lantai sampai bagian pinggul kanan
D6	Tinggi tulang ruas	Jarak vertikal dari lantai ke ruas jari tangan (metacarpals)
D7	Tinggi ujung jari	Ketinggian dari lantai sampai ke ujung jari tengah tangan (dactylion)
D8	Tinggi dalam posisi duduk	Tinggi vertikal dari alas duduk hingga bagian teratas kepala
D9	Tinggi mata posisi duduk	Jarak vertikal dari alas duduk sampai sudut luar mata
D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	Ketinggian dari alas duduk ke puncak bahu kanan
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	Tinggi dari alas duduk hingga bagian bawah lengan bawah
D12	Tebal paha	Tinggi dari alas duduk ke titik tertinggi pada paha
D13	Panjang lutut	Jarak mendatar dari belakang pinggul ke bagian depan lutut
D14	Panjang popliteal	Panjang horizontal dari bagian belakang pinggul ke bagian belakang lutut
D15	Tinggi lutut	Ukuran vertikal dari lantai ke puncak tempurung lutut
D16	Tinggi popliteal	Jarak tegak lurus dari lantai ke sudut popliteal di bagian belakang lutut
D17	Lebar sisi bahu	Jarak mendatar antara sisi paling luar bahu kiri dan kanan
D18	Lebar bahu bagian atas	Ukuran horizontal antara bagian atas bahu kiri dan kanan
D19	Lebar pinggul	Jarak horizontal dari sisi luar pinggul kiri ke kanan
D20	Tebal dada	Jarak dari punggung ke bagian paling depan dada
D21	Tebal perut	Jarak mendatar dari bagian belakang tubuh ke titik menonjol pada perut
D22	Panjang lengan atas	Panjang dari bawah lengan bawah hingga atas bahu kanan
D23	Panjang lengan bawah	Jarak dari belakang siku ke ujung jari tengah

Tabel 17. Keterangan Dimensi Tubuh Antropometri (Lanjutan)

Kode Dimensi	Nama Dimensi	Definisi
D24	Panjang rentang tangan ke depan	Jarak dari bahu (acromion) ke ujung jari tengah saat lengan diluruskan ke depan
D25	Panjang bahu-genggaman tangan	Jarak dari bahu kanan ke pusat batang silinder yang digenggam pada posisi lurus
D26	Panjang kepala	Ukuran dari dahi (di antara alis) ke bagian tengah kepala
D27	Lebar kepala	Jarak horizontal dari sisi kepala kiri ke kanan, tepat di atas telinga
D28	Panjang tangan	Jarak dari pergelangan tangan ke ujung jari tengah dalam kondisi tangan terbuka
D29	Lebar tangan	Ukuran antara sisi luar kempat buku jari tangan
D30	Panjang kaki	Jarak dari bagian belakang tumit ke ujung jari kaki
D31	Lebar kaki	Jarak antara sisi paling luar kaki
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	Jarak antara ujung jari tengah tangan kanan ke ujung jari tengah tangan kiri
D33	Panjang rentangan siku	Jarak antara ujung siku tangan kanan ke kiri saat kedua tangan di rentangkan
D34	Tinggi genggaman tangan ke atas (berdiri)	Jarak tegak dari permukaan lantai ke pusat batang silinder yang digenggam
D35	Tinggi genggaman tangan ke atas (duduk)	Ketinggian vertikal dari permukaan tempat duduk ke pusat batang silinder
D36	Panjang genggaman tangan ke depan	Jarak dari belakang bahu kanan ke pusat batan silinder yang digenggam oleh tangan kanan

(Sumber: Antropometri Indonesia, 2013)

Melalui organisasi Perhimpunan Ergonomi Indonesia (PEI) dilakukan upaya dalam pengumpulan data antropometri masyarakat Indonesia, sehingga menggunakan ukuran dimensi antropometri secara umum. Ukuran antropometri Indonesia yang dikumpulkan merupakan data campuran laki-laki dan perempuan dengan persentil 5, 50, dan 95. Persentase populasi yang dimensinya sama dengan atau kurang dari nilai tertentu dinyatakan dengan persentil. Adapun persamaan dalam menghitung persentil adalah sebagai berikut:

Tabel 18. Perhitungan Persentil

Persentil	Perhitungan
1 st	$\bar{x} - 2.325 \sigma$
2.5 th	$\bar{x} - 1.96 \sigma$

Tabel 18. Perhitungan Persentil (Lanjutan)

Persentil	Perhitungan
5 th	$\bar{x} - 1.645 \sigma$
10 th	$\bar{x} - 1.28 \sigma$
50 th	$\bar{x} + \sigma$
90 th	$\bar{x} + 1.28 \sigma$
95 th	$\bar{x} + 1.645 \sigma$
97.5 th	$\bar{x} + 1.96 \sigma$
99 th	$\bar{x} + 2.325 \sigma$

(Sumber: Santoso dkk., 2014)

Keterangan:

 \bar{x} = Rata-Rata Mean σ = Standar Deviasi

Tabel 33 memperlihatkan perhitungan persentil dari persentil 1st hingga 9th. Dalam antropometri menggunakan persentil untuk memperlihatkan ukuran dimensi tubuh. Antropometri biasanya menggunakan persentil berikut: persentil ke-95 untuk ukuran sangat besar, persentil ke-50 untuk ukuran rata-rata, dan persentil ke-5 untuk ukuran sangat kecil. 95 persen populasi akan berada pada atau di bawah ukuran tersebut, menurut persentil ke-95.

2.7 Peta Kerja

Salah satu teknik untuk menggambarkan tugas pekerjaan secara jelas dan metodis adalah peta kerja. Peta kerja bermaksud untuk menganalisa suatu pekerjaan, sehingga mempermudah dalam melakukan perbaikan kerja (Sutalaksana, dkk 2006, dalam Dewanti, 2020). Ada dua jenis peta kerja: peta kerja lokal dan peta kerja keseluruhan. Peta kerja keseluruhan berfungsi untuk memeriksa proses kerja saat ini dan menggambarkan keadaan sebenarnya dari suatu proses kerja secara keseluruhan. Peta kerja lokal adalah peta yang memeriksa satu stasiun kerja dan dapat digunakan untuk mengevaluasi dan meningkatkan proses kerja di sana. (Wignjosuebrotto & Sritomo, 2008 dalam Dewanti, 2020).

2.7.1 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan

Peta kerja lokal yang disebut peta tangan kiri dan kanan digunakan untuk memeriksa gerakan tangan yang dilakukan saat melakukan pekerjaan manual. Tujuan peta kerja ini adalah untuk menghilangkan gerakan yang tidak efisien sehingga gerakan kedua tangan seimbang dan bebas dari rasa lelah. (Wignjosoebroto & Sritomo, 2008 dalam Dewanti, 2020). Semua gerakan atau *delay* yang dilakukan oleh tangan kiri dan kanan akan ditunjukkan dengan cermat pada peta tangan kiri dan kanan, yang akan selaras dengan komponen *Therblig* yang menyusun gerakan. Gerakan dasar Therblig merupakan uraian gerakan atau elemen dasar gerakan yang digunakan untuk menganalisis gerakan tangan pada saat bekerja. Gerakan dasar Therblig dibagi menjadi dua, yakni.

Tabel 19. Gerakan Therblig

Gerakan Efektif	Lambang	Gerakan Tidak Efektif	Lambang
Menjangkau (<i>reach</i>)	RE	Mencari (<i>search</i>)	SH
Memegang (<i>grasp</i>)	G	Memilih (<i>select</i>)	ST
Membawa (<i>move</i>)	M	Mengarahkan (<i>position</i>)	P
Mengarahkan awal (<i>preposition</i>)	PP	Memeriksa (<i>inspection</i>)	I
Memakai (<i>use</i>)	U	Merencanakan (<i>plan</i>)	PN
Merakit (<i>assemble</i>)	A	Menahan (<i>hold</i>)	H
Mengurai rakit (<i>disassemble</i>)	DA	Keterlambatan yang dapat dihindarkan (<i>avoidable delay</i>)	AD
Melepas (<i>release</i>)	RL	Keterlambatan yang tidak dapat dihindarkan (<i>unavoidable delay</i>)	UD
		Istirahat untuk menghilangkan lelah (<i>rest to overcome fatigue</i>)	R

(Sumber: Wignjosoebroto, 1995 dalam Haryudiniarti, dkk., 2022)

Tabel Tabel 34 memperlihatkan 17 gerakan dasar therbligh yang terbagi menjadi gerakan efektif dan tidak efektif. Gerakan efektif merupakan elemen yang menunjang gerakan-gerakan dalam bekerja, di lain sisi gerakan tidak efektif merupakan gerakan yang menghambat bahkan membebani gerakan dalam bekerja. Gerakan therbligh pada Tabel 34 juga dapat digunakan untuk mengevaluasi terhadap prinsip-

prinsip ekonomi gerakan yang terjadi selama bekerja. Beberapa prinsip ekonomi gerak harus diperhatikan saat menilai dan menganalisis prosedur kerja. Dalam menganalisa dan mengevaluasi metode kerja, maka perlu mempertimbangkan beberapa prinsip ekonomi gerakan (*the principles of motion*). Prinsip ekonomi gerakan berfungsi untuk menganalisa gerakan-gerakan setempat yang terjadi dalam sebuah proses kerja dan juga dapat digunakan untuk kegiatan kerja yang berlangsung secara menyeluruh dari satu proses ke proses kerja lainnya. Prinsip ekonomi gerakan dibagi menjadi tiga, yaitu (Lawrence, 2000 dalam (Erliana, dkk., 2015).

1. Prinsip Ekonomi Gerakan Terkait Penggunaan Tubuh dan Gerakannya
 - a. Kedua tangan idealnya memulai dan mengakhiri aktivitas secara bersamaan.
 - b. Jangan biarkan kedua tangan tidak bekerja secara bersamaan, kecuali sedang beristirahat.
 - c. Gerakan lebih efektif jika tangan bergerak secara simetris dan berlawanan arah.
 - d. Hanya bagian tubuh yang diperlukan saja yang sebaiknya digerakan untuk menyelesaikan tugas secara efisiensi.
 - e. Hindari perubahan arah dalam gerakan karena akan memakan waktu lebih lama.
 - f. Posisi kerja sebaiknya disusun agar pandangan mata cukup fokus pada satu arah tanpa perlu banyak berpindah fokus.
2. Prinsip Ekonomi Gerakan Terkait Tempat Area Kerja
 - a. Tempat kerja dan alat bantu sebaiknya memiliki posisi tetap yang tidak berubah.
 - b. Bahan dan alat sebaiknya diletakkan lokasi yang mudah dijangkau secara cepat.
 - c. Penyimpanan bahan kerja sebaiknya memanfaatkan gravitasi agar selalu tersedia dalam jangkauan tangan.

- d. Proses pemindahan hasil kerja sebaiknya menggunakan sistem atau alat bantu yang dirancang dengan baik.
 - e. Tata letak bahan dan peralatan harus tersusun rapi untuk mendukung urutan kerja yang efisien.
 - f. Ketinggian meja kerja dan kursi harus disesuaikan agar pengguna bisa bekerja sambil duduk atau berdiri dengan nyaman.
 - g. Desain tinggi kursi harus mempertimbangkan kenyamanan dan menjaga postur tubuh pengguna.
 - h. Penataan fasilitas kerja secara menyeluruh harus mendukung kondisi kerja yang ergonomis dan produktif
3. Prinsip Ekonomi Gerakan Terkait Desain Peralatan Kerja
- a. Usahan agar tangan tidak dibebani semua tugas. Jika memungkinkan, gunakan alat bantu yang dioperasikan dengan kaki.
 - b. Rancang peralatan agar memiliki lebih dari satu fungsi untuk efisiensi kerja.
 - c. Alat kerja perlu didesain agar mudah dipegang, digunakan, dan disimpan.

2.8 Perbaikan Sistem Kerja

Sistem Sistem kerja merupakan kumpulan aktivitas yang terintegrasi untuk menghasilkan sebuah produk atau layanan yang bertujuan dalam memberikan kepuasan bagi pelanggan ataupun keuntungan bagi perusahaan (Irawan, 2010 dalam (Mindhayani & Purnomo., dkk). Salah satu unsur terpenting dalam membantu pertumbuhan perusahaan adalah sistem kerja yang efektif. Namun, sistem kerja yang efektif juga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan menurunkan risiko penyakit dan kecelakaan kerja. Untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman, dan produktif yang dapat berdampak positif pada kualitas hidup, motivasi, kenyamanan, serta keselamatan dan kesehatan kerja karyawan, desain sistem kerja harus mempertimbangkan kebutuhan karyawan dan tujuan perusahaan. Sistem kerja yang sudah dirancang, tetap memerlukan evaluasi dan perbaikan agar terus mendukung

produktivitas dan keselamatan kerja. Perbaikan sistem kerja perlu dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa aktivitas kerja tetap efisien, ergonomis, dan selaras dengan kondisi aktual. Dalam memperbaiki sistem kerja adapun yang dilakukan sebagai berikut (Soesilo, dkk., 2023):

1. Evaluasi dan Desain Ergonomis

Melakukan evaluasi terhadap faktor risiko ergonomi untuk mengidentifikasi potensi masalah yang dapat memengaruhi kesehatan dan kinerja pekerja, serta merancang ulang stasiun kerja berdasarkan prinsip desain ergonomis.

2. Penyesuaian Peralatan dan Tata Letak Kerja

Menyesuaikan peralatan kerja seperti kursi, meja, dan peralatan lainnya agar sesuai dengan ukuran antropometri pekerja, serta mengatur ulang tata letak peralatan, bahan baku, dan area kerja untuk menciptakan alur kerja yang efisien dan meminimalkan gerakan tidak perlu.

3. Pelatihan Ergonomi dan Gerakan Rutin

Memberikan pelatihan mengenai cara kerja yang ergonomis, seperti postur duduk yang benar, serta mengajarkan peregangan dan istirahat singkat untuk mengurangi kelelahan otot.

4. Pengaturan Lingkungan Fisik Kerja

Mengontrol kondisi lingkungan kerja seperti pencahayaan, suhu, kelembaban, dan kebisingan agar sesuai dengan standar kenyamanan kerja.

5. Pemantauan dan Perbaikan Berkelanjutan

Melakukan pemantauan berkala terhadap implementasi sistem kerja dan melakukan perbaikan berkelanjutan sesuai dengan perubahan kebutuhan pekerja maupun kondisi operasional.