

ERGONOMI INDUSTRI



Ansarullah Lawi
 M. Ansyar Bora
 Riski Arifin
 Meri Andriani
 Desto Jumeno
 Herman
 Ahmadi Rasyid
 Purbawati
 Fathan Mubina Dewadi
 Fatin Saffanah Didin
 Rini Oktavera
 Habibi Santoso
 Christofora Desi Kusmindari

ISBN 978-623-198-309-1



9 786231 983091

ERGONOMI INDUSTRI

**Ansarullah Lawi
M. Ansyar Bora
Riski Arifin
Meri Andriani
Desto Jumenno
Herman
Ahmadi Rasyid
Purbawati
Fathan Mubina Dewadi
Fatin Saffanah Didin
Rini Oktavera
Habibi Santoso
Christofora Desi Kusmindari**



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

ERGONOMI INDUSTRI

Penulis :

Ansarullah Lawi
M. Ansyar Bora
Riski Arifin
Meri Andriani
Desto Jumen
Herman
Ahmadi Rasyid
Purbawati
Fathan Mubina Dewadi
Fatin Saffanah Didin
Rini Oktavera
Habibi Santoso
Christofora Desi Kusmindari

ISBN : 978-623-198-309-1

Editor : Diana Purnama Sari, M.E

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tangah
Padang Sumatera Barat
Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id
Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, Mei 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Ergonomi Industri ini.

Buku ini membahas Perkembangan dan latar belakang Ergonomi, Konsep Ergonomi, Anthropometri, data antropometri dan pengukurannya, Penerapan data antrhopometri dalam perancangan baik produk maupun fasilitas kerja, Macam-macam gerakan dasar dalam berbagai aktivitas kerja khususnya dalam dunia industry, Prinsip-prinsip ekonomi gerakan, Jenis dan fungsi display, Disiplin ergonomic, Konsumsi energi dalam aktivitas kerja, Beban kerja dan faktor-faktor yang mempengaruhi, Faktor-faktor lingkungan kerja yang terkait dengan ergonomic, Keselamatan kerja dengan produktivitas dan faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja, Evaluasi kekurangan dalam menyelesaikan tugas besar.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 LATAR BELAKANG DAN PERKEMBANGAN	
ERGONOMI	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Latar Belakang Ergonomi	3
1.3 Perkembangan Ergonomi.....	5
1.3.1 <i>Virtual dan Augmented Reality</i>	6
1.3.2 <i>Collaborative Robots</i>	8
1.3.3 <i>Eksoskeletons</i>	9
1.4 Kesimpulan.....	11
DAFTAR PUSTAKA.....	13
BAB 2 KONSEP ERGONOMI.....	17
2.1 Pendahuluan.....	17
2.2 Definisi Ergonomi	19
2.3 Disiplin Ilmu Utama yang berkontribusi terhadap ergonomi.....	21
2.4 Tujuan Ergonomi	23
2.5 Lingkup Kajian Ergonomi	29
DAFTAR PUSTAKA.....	34
BAB 3 ANTHROPOMETRI	37
3.1 Pendahuluan.....	37
3.2 Faktor yang mempengaruhi ukuran.....	37
3.3 Data Antropometri.....	40
3.3.1 Antropometri Statis	40
3.3.2 Antropometri Dinamis	40
3.4 Alat Ukur Antropometri	41
3.5 Dimensi Tubuh Antropometri.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	57

BAB 4 PENERAPAN DATA ANTROPOMETRI DALAM PERANCANGAN BAIK PRODUK MAUPUN FASILITAS KERJA.....	59
4.1 Pendahuluan.....	59
4.2 Perancangan Produk	59
4.2.1 Perancangan Kemasan Terasi.....	60
4.3 Perancangan Fasilitas.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	75
BAB 5 MACAM-MACAM GERAKAN DASAR DALAM BERBAGAI AKTIVITAS KERJA.....	77
5.1 Pendahuluan.....	77
5.2 Tujuan Studi Gerakan Dasar	78
5.3 Klasifikasi Aktivitas Kerja	78
5.4 Gerakan Dasar	82
5.4.1 Gerakan yang Efektif	84
5.4.2 Gerakan yang Tak Efektif.....	87
5.5 Perbaikan Metode Kerja	90
DAFTAR PUSTAKA.....	92
BAB 6 EKONOMI GERAKAN.....	93
6.1 Definisi	93
6.2 Studi Gerakan Untuk Menganalisis Sistem Kerja	94
6.3 Prinsip-Prinsip Ekonomi Gerakan	102
6.3.1 Prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan tubuh manusia dan gerakan- gerakannya	103
6.3.2 Prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja	109
6.3.3 Prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan perancangan peralatan	110
DAFTAR PUSTAKA.....	111
BAB 7 DISPLAY	113
7.1 Pendahuluan.....	113
7.2 Jenis-Jenis Display	115

7.2.1 Jenis Display Berdasar Tujuan.....	115
7.2.2 Jenis Display Berdasar Informasi.....	116
7.2.3 Jenis Display Berdasar Lingkungan.....	118
7.2.4 Jenis Display Berdasar Indera Penerima.....	119
7.3 Perancangan Sistem Display	121
7.3.1 Legibility dan Readability	121
7.3.2 Informasi-Informasi Perancangan Display	121
DAFTAR PUSTAKA.....	123
BAB 8 DISIPLIN ERGONOMI	125
8.1 Konsep Ergonomi	125
8.1.1 Tugas Ergonomi	128
8.1.2 Lingkup ergonomi.....	129
8.2 Klasifikasi Ergonomi	133
8.2.1 Ergonomi Kognitif.....	135
8.2.2 Ergonomi Fisik.....	136
8.2.3 Ergonomi organisasi.....	138
8.3 Intervensi Ergonomi pada metode dan kondisi kerja.....	140
8.4 Tren Riset Ergonomi.....	143
DAFTAR PUSTAKA.....	144
BAB 9 KONSUMSI ENERGI DALAM AKTIVITAS KERJA ...	149
9.1 Pendahuluan.....	149
9.2 Work Balance	150
9.3 Konsumsi Energi.....	152
9.4 Soal-Soal Latihan.....	154
DAFTAR PUSTAKA.....	156
BAB 10 BEBAN KERJA DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI.....	161
10.1 Pendahuluan.....	161
10.2 Beban Kerja Fisik	162
10.2.1 Kemampuan Fisik	163
10.2.2 Pengukuran Beban Kerja Fisik	165
10.3 Beban Kerja Mental	167
10.3.1 Kemampuan Mental	168

10.3.2 Pengukuran Beban Kerja Mental	168
10.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Beban Kerja.....	169
10.4.1 Faktor yang mempengaruhi Beban Kerja Fisik	169
10.4.2 Faktor yang mempengaruhi Beban Kerja Mental .	170
10.5 Contoh Kasus Pengukuran Beban Kerja.....	171
10.5.1 Contoh Kasus Pengukuran Beban Kerja Fisik.....	171
10.5.2 Contoh Kasus Pengukuran Beban Kerja Mental.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....	174
BAB 11 FAKTOR-FAKTOR LINGKUNGAN KERJA	
YANG TERKAIT ERGONOMI	177
11.1 Pendahuluan.....	177
11.2 Lingkungan Kerja.....	177
11.3 Antropometri dan Dimensi Ruang Kerja.....	178
11.4 Faktor-Faktor Lingkungan Kerja	181
DAFTAR PUSTAKA.....	184
BAB 12 KESELAMATAN KERJA DENGAN	
PRODUKTIVITAS DAN FAKTOR-FAKTOR	
PENYEBAB KECELAKAAN KERJA	187
12.1 Pendahuluan.....	187
12.2 Kecelakaan akibat kerja	188
12.3 Penyakit akibat kerja	189
12.4 Analisis resiko dan pengendalian K3	192
12.5 Sistem manajemen K3	194
DAFTAR PUSTAKA.....	198
BAB 13 STUDI KASUS EVALUASI ERGONOMI	199
13.1 Ergonomi	199
13.2 Ergonomic Function Development	200
13.3 Keluhan Muskuloskeletal	203
13.4 Studi Kasus : Penerapan Ergonomic Function	
Deployment (Efd) Pada Redesign Meja Aeropress	
Untuk Coffee Shop (Studi Kasus <i>Glow Coffee</i>	
Palembang)	204
13.4.1 Latar Belakang	204

13.4.2 House Of Quality Meja Aeropress	207
13.4.3 Pengumpulan Data Antropometri.....	208
13.4.4 Spesifikasi Produk Meja Aeropress	212
13.4.5 Analisis Ergonomi terhadap Hasil Rancangan	212
DAFTAR PUSTAKA.....	214
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. disiplin ilmu utama yang berkontribusi terhadap ergonomi.....	23
Gambar 2.2. Interaksi Manusia dan Mesin di Lingkungan Kerja	25
Gambar 2.3. Lingkup Kajian Ergonomi	32
Gambar 3.1. Pertumbuhan Tubuh Manusia.....	38
Gambar 3.2. Ukuran Tubuh antar Suku dan Bangsa	39
Gambar 3.3. Wanita Hamil trimester	40
Gambar 3.4. Antropometer	41
Gambar 3.5. Kursi Antropometri	42
Gambar 3.6. Campbell Capiler.....	42
Gambar 3.7. Segmometer.....	43
Gambar 4.1. Dimensi Panjang Telapak Tangan.....	60
Gambar 4.2. Uji Keseragaman Dimensi Panjang Tangan Kanan Laki-laki	65
Gambar 4.3. Uji Keseragaman Dimensi Panjang Tangan Kiri Laki-laki	66
Gambar 4.4. Desain Kemasan Terasi Ergonomis	67
Gambar 4.5. Uji Keseragaman Dimensi Tinggi Siku Berdiri	71
Gambar 4.6. Gambar Troli Ergonomis	74
Gambar 5.1. Tipe-tipe pemegangan.....	85
Gambar 5.2. Memakai.....	86
Gambar 5.3. Merakit	87
Gambar 6.1. Frank Bunker Gilberth.....	93
Gambar 6.2. Pekerja sedang mencari dokumen	98
Gambar 6.3. Gerakan seseorang Sedang Memilih Mouse.....	99
Gambar 6.4. Pembagian Pekerjaan Penggunaan Tangan.....	104
Gambar 6.5. Penggunaan Satu Tangan dan Kedua	

Tangan	105
Gambar 6.6. Gerakan Mengangkat Kotak	107
Gambar 6.7. Gerakan Aktivitas Gerakan Tangan	107
Gambar 7.1. Display umum.....	115
Gambar 7.2. Display khusus.....	116
Gambar 7.3. Display Kuantitatif Analog dan Digital	116
Gambar 7.4. Display Kualitatif.....	117
Gambar 7.5. Display representatif.....	117
Gambar 7.6. Display dinamis	118
Gambar 7.7. Display Statis.....	119
Gambar 7.8. Contoh visual display	119
Gambar 7.9. Contoh auditory display	120
Gambar 7.10. Contoh tactual display	120
Gambar 8.1. Esensi Desain Ergonomis.....	127
Gambar 8.2. Lingkup kajian ergonomic.....	129
Gambar 8.3. Unsur Ergonomi	130
Gambar 8.4. Dalam perancangan ergonomi interaksi manusia mesin harus diwujudkan	132
Gambar 8.5. Jenis Ergonomi	135
Gambar 8.6. Implementasi intervensi ergonomic.....	142
Gambar 9.1. Konsep Ergonomi.....	153
Gambar 9.2. <i>Work Life Balance</i>	155
Gambar 9.3. Jam Piket Organ Tubuh.....	156
Gambar 9.4. Keseimbangan Gaya Hidup.....	157
Gambar 13.1. House of Quality EFD	204
Gambar 13.2. Alat Aeropress.....	209
Gambar 13.3. Barista yang sedang menggunakan <i>Aeropress</i>	209
Gambar 13.4. House Of Quality Meja Aeropress	211
Gambar 13.5. Perancangan meja aeropress dari atas	213
Gambar 13.6. Perancangan meja aeropress dari depan.....	214
Gambar 13.7. Perancangan meja aeropress tampak	

	samping kanan.....	214
Gambar 13.8.	Perancangan meja aeropress tampak samping kiri	215
Gambar 13.9.	Perancangan meja aeropress tampak dari bawah.....	215
Gambar 13.10.	Proses barista membuat kopi sebelum dan sesudah perbaikan.....	217

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Pengukuran 36 dimensi tubuh antropometri.....	44
Tabel 4.1. Dimensi Panjang Telapak Tangan Kanan	
Laki-laki	61
Tabel 4.2. Dimensi Panjang Telapak Tangan Kiri	
Laki-laki	62
Tabel 4.3. Dimensi dan Kegunaannya	68
Tabel 4.4. Dimensi Tinggi Siku Berdiri	69
Tabel 4.5. Persentil	72
Tabel 4.6. Ukuran Ergonomis Troli.....	73
Tabel 5.1. Lambang Aktivitas Kerja	82
Tabel 5.2. Gerakan Dasar atau Therblig dan	
Lambangya	83
Tabel 6.1. Lambang dan Elemen 17 Gerakan	96
Tabel 6.2. <i>Basic body motions</i>	106
Tabel 8.1. Lembar pengamatan lingkungan kerja.....	137
Tabel 9.1. Daftar Negara dengan <i>Work Balance</i> yang	
Baik	154
Tabel 11.1. Tabel Pengecekan Lingkungan Kerja yang	
Ergonomis.....	186
Tabel 13.1. Wawancara Keluhan Pada Barista.....	210
Tabel 13.2. Data Antropometri	212
Tabel 13.3. Rekapitulasi dimensi pada meja yang	
sudah ada.....	213
Tabel 13.4. Spesifikasi Produk Meja Aeropress.....	216

BAB 1

LATAR BELAKANG DAN PERKEMBANGAN ERGONOMI

Oleh Ansarullah Lawi

1.1 Pendahuluan

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yang terdiri dari *ergo* dan *nomos*, yang artinya kesehatan dan kerja. Ergonomi adalah sebuah studi yang meneliti tentang cara kerja manusia dan juga bagaimana merancang tempat kerja agar dapat meningkatkan produktivitas kerja. Studi ini mencakup ruang fisik tempat kerja, alat dan bahan yang digunakan, praktik kerja, dan struktur kerja baik dalam bekerja secara individual maupun dalam tim. Ergonomi modern bermula pada masa perang dunia ke-2, yaitu dari tahun 1939 hingga 1945 di Inggris. Pada masa itu, para ahli dari berbagai bidang, tertarik tentang bagaimana orang bekerja dan bagaimana metode dapat membantu meningkatkan efisiensi kerja (Wilson, 2000). Sejak tahun 1960 hingga 1990, ergonomi mengalami banyak perkembangan seperti ergonomi kognitif, ergonomi organisasi, ergonomi positif, dan ergonomi spiritual (Mokdad & Abdel-Moniem, 2017). Ergonomi kini menjadi sebuah isu penting bagi organisasi karena keselamatan dan kesehatan kerja yang semakin menjadi isu yang sangat penting untuk diperhatikan.

Ergonomi di tempat kerja memberikan nilai tambah bagi bisnis dan membuat karyawan lebih tertarik dengan pekerjaan mereka. Perusahaan atau organisasi mulai berpikir bahwa tempat kerja yang sehat dapat membantu menumbuhkan budaya inovasi dan kreativitas (Sabir *et al.*, 2019). Pemerintah pada beberapa negara-negara di dunia, termasuk Indonesia, telah cukup lama

mengeluarkan undang-undang untuk memastikan bahwa pekerja harus memiliki aktivitas yang aman dan sehat (Sutarjo, 2007). Selain untuk keamanan dan kesehatan, ergonomi dapat meningkatkan kualitas, produktivitas, dan keselamatan dengan membuat produk, tugas, dan lingkungan yang sesuai dengan manusia, bukan sebaliknya. Ahli ergonomi memiliki peran dalam melakukan observasi pada pekerja, tempat kerja, dan desain pekerjaan untuk mengetahui seberapa cocok seseorang dengan pekerjaannya (Jaffar *et al.*, 2011). Ergonomi didasarkan pada gagasan bahwa tuntutan pekerjaan tidak boleh melampaui apa yang dapat dilakukan oleh seorang pekerja dan batas kemampuan mereka. Hal ini untuk mencegah stres di tempat kerja, yang dapat membahayakan keselamatan, kesehatan, dan produktivitas mereka.

Perusahaan atau organisasi yang berorientasi bisnis telah mencoba berbagai cara untuk mengatur ulang tempat kerja dengan cara-cara baru selama beberapa dekade (Adhikari *et al.*, 2021). Selain itu, tren arsitektur perkantoran yang menarik dan fleksibel, serta kebutuhan untuk memenuhi dinamika keinginan dan harapan dari pekerja, menyebabkan banyak diskusi tentang bagaimana dan di mana pekerjaan yang baik dapat dilakukan (Harris, 2016). Tempat kerja yang inovatif dapat mengurangi masalah kesehatan dan membuat pekerja lebih produktif. Jam kerja yang fleksibel, interior yang menginspirasi, peluang dan kesempatan untuk belajar dan bereksplorasi, cara-cara baru untuk bersantai, dan munculnya rasa memiliki, dapat menjadi metode yang menjanjikan dalam menciptakan tempat kerja yang lebih inovatif dan mengarah pada desain ergonomis (Nielsen *et al.*, 2017). Di masa lalu, motivasi finansial merupakan cara yang paling efektif untuk meningkatkan performa kerja (Adhikari *et al.*, 2021). Namun di masa sekarang, ergonomi telah menjadi faktor yang memengaruhi seberapa besar motivasi dan seberapa baik karyawan dalam melakukan pekerjaan mereka.

2 *Ergonomi Industri*

Pembahasan pada bab ini adalah tentang latar belakang dan perkembangan ergonomi dalam menciptakan tempat kerja yang efektif, nyaman, aman, sehat, dan efisien (enase). Seiring dengan majunya teknologi Industry 4.0 yang massif, ergonomi juga mengalami perkembangan yang signifikan. Hal ini terlihat dari banyaknya penelitian yang mengkaji tentang dampak dan isu ergonomi dari maraknya aktivitas transformasi digital saat ini.

1.2 Latar Belakang Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *ergo*, yang berarti kerja, dan *nomos*, yang berarti kesehatan (aturan, hukum). Ergonomi berarti "hukum kerja" karena berasal dari kata "kerja" dan "hukum alam". Ergonomi adalah ilmu terapan yang mengacu pada banyak disiplin ilmu yang saling berkaitan, seperti rekayasa, psikologi, kebersihan kerja, dan fisiologi (Parker, 2022). Ilmu ini mempelajari manusia sebagai komponen dari sistem yang kompleks, dengan fokus pada interaksi antara manusia dan teknologi. Ergonomi berfokus pada pemahaman tentang hubungan antara orang-orang di lingkungan kerja mereka (baik fisik maupun organisasi) dan bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara kemampuan dan keterbatasan pekerja dengan tuntutan tugas, pekerjaan, dan lingkungan kerja.

Pada tahun 1857, Wojciech Jastrzebowski menggunakan kata "ergonomi" untuk pertama kalinya di sebuah surat kabar Polandia. Namun pada masa itu, beberapa orang menganggap bahwa ergonomi bukanlah suatu ide yang baru. Sebagai contoh, perkakas atau alat kerja yang dianggap sebagai ergonomi, telah digunakan sudah sejak lama sekali, bahkan sejak Zaman Batu. Perkakas ini tentunya digunakan sebagai alat bantu untuk memberi kemudahan dan kekuatan sehingga sangat membantu dalam melakukan suatu pekerjaan. Beberapa fungsi dari perkakas yang ada, digunakan untuk memotong, menghancurkan, mengikis, dan menusuk. Dengan variasi perkakas inilah dianggap sebagai

masa konsep desain ergonomis dimulai (Helander, 1997). Pada abad ke-18, Ramazzini menulis *The Diseases of Workers*, menjelaskan bagaimana berbagai jenis pekerjaan yang berbeda memiliki hubungan dengan risiko kesehatan tertentu. Sebagai contoh, munculnya gangguan trauma kumulatif dan kejadian-kejadian yang disebabkan oleh gerakan tangan yang berulang-ulang, postur tubuh yang buruk, dan tekanan mental yang tinggi (Moray, 1995). Pada tahun 1949, Prof. Hugh Murrell mengusulkan penggunaan kata Ergonomi secara resmi pada pertemuan armada Angkatan Laut Inggris, istilah ergonomi akhirnya secara resmi diakui pada tahun 1950 (Cornell.edu, 2023).

Abad ke-19 merupakan masa bersejarah bagi Revolusi Industri, khususnya di negara-negara barat. Pentingnya ergonomi dipahami tidak seperti sebelumnya. Alat-alat industri, mesin-mesin seperti mesin pemintal dan penggilingan dikembangkan untuk meningkatkan proses kerja. Pada awal abad ke-19, produksi industri masih sangat bergantung pada tenaga manusia dan konsep ergonomi berkembang untuk meningkatkan produktivitas pekerja.

Frederick W. Taylor adalah pelopor manajemen ilmiah serta pendekatan ergonomi. Beliau mengevaluasi pekerjaan untuk menentukan cara-cara yang mudah dan terbaik dalam melakukan aktivitas-aktivitas kerja. Contoh paling penting dari karyanya adalah di *Bethlehem Steel*. Taylor secara dramatis mampu meningkatkan produktivitas dan kenaikan upah pekerja dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penyekopan, dengan mencocokkan sekop dan jenis material yang dipindahkan.

Sementara itu, Frank dan Lillian Gilbreth membuat inovasi di mana pekerjaan menjadi lebih efisien dan tidak terlalu melelahkan melalui analisis gerakan waktu dan menstandarisasi alat, bahan, dan proses pekerjaan. Dilanjutkan pada masa Perang Dunia II, mulai bermunculan dorongan dan minat para akademisi untuk melakukan penelitian yang lebih dalam terkait interaksi manusia dan mesin, terutama dalam peralatan militer yang

canggih. Konsep desain untuk menyesuaikan alat kerja atau mesin dengan fisik prajurit militer, dan tombol kontrol yang mudah dipahami, menjadi sangat berkembang. Setelah Perang Dunia II, fokus ergonomi kemudian mulai beralih ke keselamatan pekerja industri serta produktivitas yang menginisiasi banyak penelitian dan aplikasi baru terkait ergonomi (Swuste *et al.*, 2014).

Dalam sejarahnya yang panjang, ergonomi telah mengalami banyak perubahan. Beberapa di antaranya, seperti ergonomi kognitif pada tahun 1960-an, ergonomi organisasi pada tahun 1970-an, ergonomi positif pada tahun 1980-an, ergonomi emosional pada tahun 1990-an, dan ergonomi spiritual yang muncul di era millennial. Ergonomi positif sebagian besar adalah tentang membuat sistem manusia-mesin yang menyenangkan sehingga orang merasa nyaman di tempat kerja. Ergonomi emosional melihat bagaimana emosi orang dan mesin bisa bekerjasama. Ergonomi spiritual didasarkan pada gagasan bahwa hasrat pekerja memiliki dampak besar pada kesuksesan dan kesehatan mereka (Mokdad & Abdel-Moniem, 2017). Kemudian, pada abad ke-21, muncul Industri 4.0 sebagai revolusi industri terbaru yang ditandai dengan penggunaan teknologi digital, seperti *Internet of Things* (IoT), big data, dan kecerdasan buatan (AI), untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam produksi. Dalam Industri 4.0, ergonomi kini beradaptasi dengan faktor-faktor baru yang muncul, seperti desain antarmuka yang mudah digunakan, dan sistem otomatisasi yang meminimalkan intervensi manusia.

1.3 Perkembangan Ergonomi

Penerapan ergonomi di industri dari awal munculnya hingga revolusi industri ke-3 didasarkan pada ergonomi fisik, yang dapat dijelaskan dari aspek anatomi, antropometri, fisiologi, dan biomekanik dari aktivitas fisik manusia (Stanton, 1999). Di era digitalisasi atau revolusi industri ke-4, teknologi seperti *robot*

collaborations, augmented dan virtual reality, simulasi, *Internet of Things* (IoT), eksoskeleton dan analisis *big data* memiliki dampak yang signifikan untuk merevisi posisi dan tanggung jawab manusia di lingkungan industri atau manufaktur. Dengan demikian, perspektif ergonomi telah berevolusi dari hanya berfokus pada penyesuaian manusia dengan komponen lain dari sistem kerja secara fisik dan psikososial menjadi peningkatan keterampilan kognitif untuk memproses lebih banyak informasi. Dengan demikian, ergonomi kognitif, yang berkonsentrasi pada proses mental seperti persepsi, ingatan, pemrosesan informasi, penalaran, dan reaksi, kini mendapatkan banyak perhatian di era Industri 4.0 (Karwowski, 2012).

Dari beberapa teknologi Industry 4.0 yang berkontribusi pada perkembangan studi ergonomi, 3 (tiga) teknologi yang paling populer dan banyak dikaji oleh para peneliti adalah *virtual* dan *augmented reality*, *collaboration robots*, dan eksoskeleton. Berikutnya kita akan membahas potensi atau isu dari ketiga teknologi terkait perkembangan ergonomi.

1.3.1 Virtual dan Augmented Reality

Digitalisasi di era Industri 4.0 melahirkan konsep pabrik virtual, dengan menggunakan teknologi *virtual* dan *augmented reality*. Pada aplikasi dalam *virtual reality* (VR), perusahaan memiliki dunia industri yang sepenuhnya terdigitalisasi di mana pengguna dapat bernavigasi secara maya sekaligus berinteraksi. Sedangkan pada *augmented reality* (AR), informasi digital yang terdapat pada gambar nyata diperoleh secara langsung atau tidak langsung dalam rangka memperkaya informasi untuk disampaikan ke *observer* (Roitman *et al.*, 2017). Dengan teknologi ini di sistem *maintenance* dan perakitan, pekerja dapat mengamati informasi tentang sistem, status operasi, pedoman untuk perakitan/pembongkaran komponen, referensi yang dibutuhkan, dll.

Manfaat potensial dari AR ini adalah adanya pengurangan gerakan pada kepala dan mata, pengurangan pergantian kondisi atau keadaan, pengurangan waktu untuk perbaikan, kolaborasi secara *real time*, pendokumentasian yang baik, sebagai *training* pelengkap, dan sebagainya (Costello, 1997). Meskipun teknologi AR dan VR dapat diproyeksikan pada komputer atau tablet, tampilan yang dipasang di kepala dan kacamata stereoskopik lebih praktis dan disenangi bagi para pengguna atau pekerja. Hal ini karena penggunaannya tanpa pegangan serta sudut pandangnya yang lebih realistis dan mendalam. Namun Hal ini menimbulkan masalah ergonomis ketika model perangkat teknologi ini digunakan, yaitu berupa efek fisik, fisiologis, dan psikologis (Nichols S & Patel H, 2002) (Ritsos, P. *et al*, 2011).

Efek fisik dapat berupa postural, perulangan, akibat menahan bobot dan penyesuaian dari perangkat, akibat kebersihannya, dan akibat efek dari *immersion* atau perasaan dikelilingi objek maya dan terlibat dalam lingkungan yang disimulasikan.

Pada efek fisiologis, penggunaan perangkat stereoskopis mempengaruhi sistem penglihatan, terutama terkait pemisahan akomodasi dan konvergensi, jarak antarlayar, jarak antar-mata lensa, dan jarak antar-pupil pengguna. Beberapa efek ini dapat diatasi dengan menyertakan elemen pemfokusan dan menyesuaikan sistem optik pada perangkat tersebut. Namun demikian, ada juga efek lain yang perlu diperhatikan, yaitu penyakit simulator yang terjadi pada pilot yang menggunakan simulator penerbangan. Efek dari penyakit ini bisa berupa sikap apatis, kelelahan, dan disorientasi. Hal ini sudah diakui dalam literatur mengenai penggunaan simulator penerbangan. Dari segi efek psikologis, meskipun mungkin jarang terjadi, tapi penggunaan perangkat AR/VR dapat memicu halusinasi, disosiasi, kecemasan, dan klaustrofobia (efek yang menyebabkan kecemasan dan ketakutan akan ruang tertutup).

Sebagian besar efek yang disebutkan tadi, terjadi pada penggunaan jangka panjang. Meskipun begitu, kita tetap tidak bisa mengabaikan manfaat jangka panjang dari teknologi ini dalam meningkatkan kualitas dan produktivitas kerja. Namun, kita harus menetapkan pedoman yang baik untuk penggunaan teknologi ini dengan prinsip ergonomi yang benar (Ritsos, P. *et al*, 2011).

1.3.2 Collaborative Robots

Collaborative Robots (cobots) berkaitan dengan cara kerja robot yang bekerja secara bersamaan dengan manusia dalam melakukan tugas-tugas tertentu. Biasanya, robot bekerja sendiri untuk melakukan tugas seperti pengelasan, pengecatan, permesinan, atau manipulasi. Hal ini dilakukan untuk memastikan keamanan manusia karena gerakan robot yang cepat dan bahaya yang ditimbulkan. Namun, cobots dilengkapi dengan sensor dan mekanisme pencegahan tabrakan yang aman dengan manusia yang berada di lingkungan kerjanya. Jika terjadi tabrakan, robot dapat bereaksi untuk meminimalkan kemungkinan kerusakan. Penggunaan cobots memberikan manfaat signifikan bagi manusia dalam mengurangi beban kerja dan kelelahan saat melakukan tugas-tugas berbahaya atau yang memerlukan tingkat presisi dan efektivitas yang tinggi.

Cobots sangat membantu manusia dalam menangani tugas berat dan mencegah gangguan muskuloskeletal. Robot dapat menjadi asisten dekat manusia yang memerlukan banyak pertimbangan keselamatan (Hägele *et al*, 2002). Dalam tugas-tugas tersebut, robot dan manusia bekerja sama dalam membagi tugas di mana robot yang mengangkat beban dan manusia yang memandu bebannya sehingga hanya memerlukan sedikit usaha. Robot membantu manusia tidak hanya meminimalkan upaya, tetapi juga menetapkan zona terlarang atau memfasilitasi lintasan yang sesuai untuk melakukan tugas secara efisien (J. E. Colgate *et al*, 2003).

Ketika manusia dan robot bekerja bersama, sistem manusia-robot yang lebih kompleks akan terbentuk. Di sini, faktor manusia memiliki peran penting dalam sistem dan memunculkan metode baru untuk mengatasinya (Gombolay *et al*, 2017). Perangkat lunak pemodelan dan simulasi tubuh manusia digunakan untuk memprediksi interaksi yang muncul antara manusia dan robot, karena kompleksitas gerakan tubuh manusia. Indikator ergonomis kemudian digunakan untuk mengukur upaya dan risiko kerusakan pada manusia (Maurice *et al*, 2017). Indikator ini membantu membatasi tugas dalam kaitannya dengan pengukuran upaya dan gerakan pada persendian, serta membantu mengukur kemampuan manusia untuk melakukan tindakan tertentu dengan nyaman. Salah satu ukuran lain dalam kolaborasi manusia-robot adalah tingkat kepercayaan manusia terhadap robot. Hal ini menentukan otonomi, efisiensi, dan beban kerja robot (Sadrifaridpour *et al*, 2016), (Charalambous *et al*, 2015).

Meskipun robotika dan interaksi manusia-mesin memiliki banyak literatur yang mendalam, namun kompleksitas perilaku manusia memberikan akses untuk penelitian yang dapat menciptakan paradigma baru.

1.3.3 Eksoskeletons

Salah satu bentuk lain yang juga terkait dengan robot adalah eksoskeleton. Eksoskeleton membentuk rantai kinematik yang erat terhubung dengan tubuh manusia. Hal ini mengizinkan pengguna eksoskeleton untuk melakukan tugas-tugas yang membutuhkan kekuatan dan daya tahan yang lebih besar, serta memberikan dukungan pada bagian tubuh tertentu. Dalam Industri 4.0, eksoskeleton dapat menjadi solusi yang sangat berguna untuk memperbaiki ergonomi di tempat kerja dan meminimalkan risiko cedera akibat beban berat yang ditangani oleh manusia.

Perangkat eksoskeleton ini dapat terpasang untuk mendukung anggota tubuh bagian bawah (*lower limb*), dan anggota

tubuh bagian atas (*upper limb*), atau keduanya. Selain itu, teknologi ini dapat berupa perangkat pasif yang memberikan dukungan atau perlindungan, atau dapat juga berupa perangkat aktif yang memberikan kekuatan tambahan. Untuk mengontrol sistem eksoskeleton ini, terdapat metodologi yang luas dari ilmu Robotika yang memungkinkan pemodelan dan pengendaliannya yang optimal (Aia. A *et al*, 2016).

Sebuah studi telah menguji penggunaan eksoskeleton untuk *upper limb* di industri otomotif (Marty Smets, 2019). *Eksoskeleton* ini dikembangkan untuk membantu pekerja yang melakukan pekerjaan di atas kepala secara berulang-ulang dan dalam jangka waktu yang lama. Perangkat ini memberikan dukungan pada lengan agar dapat mengangkatnya dengan mudah, baik dengan atau tanpa alat bantu, berkat daya dorong vertikal yang telah ditentukan. Jenis bantuan ini dapat mengurangi beban pada sendi dan otot, meningkatkan kualitas hidup pekerja secara fisik dan mental, serta meningkatkan kualitas kerja pekerja.

Terdapat juga contoh lain pada industri otomotif yang telah menguji eksoskeleton pasif untuk *lower limb* (Ralp. H & Mathias. K., 2019). Eksoskeleton ini dirancang untuk membantu pekerja yang harus bekerja dalam posisi berdiri terus menerus, berfungsi sebagai kursi ketika pekerja ingin beristirahat, mengurangi beban pada kaki, serta memfasilitasi koreksi postur tubuh di bagian belakang tetapi tetap memfasilitasi mobilitas pekerja. Tentunya dengan pemanfaatan fungsi teknologi ini, dapat membuat pekerja bekerja dengan lebih nyaman dan efisien tanpa merasa lelah atau mengalami cedera.

Contoh eksoskeleton aktif yang mencakup *upper limb* dan *lower limb* adalah robot HAL atau *Hybrid Assistive Limb* (Gopura *et al.*, 2016) . Robot ini telah diusulkan untuk digunakan pada pekerjaan-pekerjaan di pembangkit listrik tenaga nuklir (Kitamura. A *et al*, 2017), mengingat karakteristiknya yang unik.

Beberapa peneliti mengusulkan unit metrik obyektif dan subyektif untuk mengevaluasi desain ergonomis dari eksoskeleton (Schiele, 2009). Metrik obyektif didasarkan pada pandangan subjek terhadap kinerja tugas, kenyamanan, serta indeks yang diperoleh dari tes NASA TLX (*task load index*), untuk mengukur seberapa sulit dan beratnya suatu tugas. Selain itu, teknik pemindaian 3D juga digunakan untuk desain ergonomis yang disesuaikan dengan struktur eksoskeleton (Reimer. S, 2014).

Untuk memahami sistem robot eksoskeleton yang erat hubungannya dengan tubuh manusia, diperlukan studi dari berbagai sudut pandang. Ilmuwan dari bidang teknologi dan kesehatan perlu bekerja berdampingan untuk mencapai evolusi yang sukses dalam pengembangan teknologi ergonomi berbasis eksoskeleton.

1.4 Kesimpulan

Ergonomi adalah sebuah disiplin ilmu terapan yang melibatkan banyak disiplin ilmu, seperti rekayasa, psikologi, dan fisiologi. Fokus utama dari ergonomi adalah memastikan kesesuaian antara kemampuan dan keterbatasan pekerja dengan tuntutan tugas, pekerjaan, dan lingkungan kerja. Ergonomi telah berusia hampir 200 tahun dan dimulai pada abad ke-19 dengan tujuan meningkatkan produktivitas pekerja melalui alat dan mesin yang lebih efisien, terutama selama Revolusi Industri. Beberapa pelopor manajemen ilmiah dan pendekatan ergonomi seperti Frederick W. Taylor dan Frank dan Lillian Gilbreth membawa perubahan signifikan dalam meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja. Saat ini, ergonomi melibatkan berbagai sub-disiplin, seperti ergonomi kognitif, ergonomi organisasi, dan ergonomi emosional, dan tetap menjadi bidang yang penting dalam kehidupan modern kita.

Penerapan ergonomi di industri telah mengalami evolusi dari fokus pada ergonomi fisik hingga kini mencakup aspek

kognitif. Era digitalisasi atau revolusi industri ke-4 membawa teknologi digitalisasi mempengaruhi posisi dan tanggung jawab manusia di lingkungan industri. Sebagai akibatnya, ergonomi kognitif yang memperhatikan proses mental manusia seperti persepsi, ingatan, dan penalaran, menjadi lebih penting dalam era Industri 4.0. Tiga teknologi yang paling banyak dikaji oleh para peneliti adalah *virtual* dan *augmented reality*, *collaboration robots*, dan eksoskeleton. Potensi atau isu dari ketiga teknologi ini terkait dengan perkembangan studi ergonomi di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Costello, P.J. 1997. Health and Safety Issues associated with Virtual Reality -A Review of Current Literature. [online] Available at: <http://www.agocg.ac.uk/reports/virtual/37/37.pdf>.
- Hägele, M., Schaaf, W.D., & Helms, E. 2002. Robot Assistants at Manual Workplaces: Effective Co-operation and Safety Aspects. in *Proc. of the 33rd International Symposium on Robotics 2002 (ISR 2002)*, Stockholm, Sweden.
- Harris, R. 2016. New organisations and new workplaces. *Journal of Corporate Real Estate*, 18(1), 4–16. <https://doi.org/10.1108/jcre-10-2015-0026>
- Helander, M. G. 1997. Forty years of IEA: Some reflections on the evolution of ergonomics. *Ergonomics*, 40(10), 952–961. <https://doi.org/10.1080/001401397187531>
- J. E. Colgate, M. Peshkin, and S. H. Klostermeyer. 2003. Intelligent assist devices in industrial applications: a review. *Proceedings 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)* doi: 10.1109/IROS.2003.1249248.
- Ritsos, P., Ritsos, D.P., Gougoulis, A.S., & Toys, S. 2011. Standards for Augmented Reality: a User Experience perspective.
- Adhikari, D. B., Shakya, B., Devkota, N., Karki, D., Bhandari, U., Parajuli, S., & Paudel, U. R. 2021. Financial hurdles in small business enterprises in Kathmandu Valley. *Modern Economy*, 12(6), 1105-1118.
- Aia, A., Cheng, H., Lin, X., Omer, M., & Jm. A. 2016. Survey of On-line Control Strategies of Human-Powered Augmentation Exoskeleton Systems. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*.
- Cornell.edu. 2023. ergonomics origin and overview. [online] <https://www.ergo.human.cornell.edu/DEA3250Flipbook/DEA3250notes/ergorigin.html> [Accessed 3 Mar. 2023].

- Gombolay M, Bair A, Huang C, Shah J. 2017. Computational design of mixed-initiative human-robot teaming that considers human factors: situational awareness, workload, and workflow preferences. *The International Journal of Robotics Research*, pp. 597-617. doi:10.1177/0278364916688255
- Gopura, R.A.R.C., Bandara, D.S.V., Kiguchi, K. and Mann, G.K.I. 2016. Developments in hardware systems of active upper-limb exoskeleton robots: A review. *Robotics and Autonomous Systems*, [online] 75, pp.203–220. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2015.10.001>.
- Jaffar, N., Abdul-Tharim, A. H., Mohd-Kamar, I. F., & Lop, N. S. 2011. A literature review of ergonomics risk factors in construction industry. *Procedia Engineering*, 20, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.142>
- Karwowski, W. 2012. A Review of Human Factors Challenges of Complex Adaptive Systems. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, [online] 54(6), pp.983–995. <https://doi.org/10.1177/0018720812467459>.
- Kitamura A, Namekawa T, Hiramatsu K, Sankai Y. 2017. Operating Manipulator Arm by Robot Suit HAL for Remote In-Cell Equipment Maintenance. *Nuclear Tech* 184: 3
- Marty Smets. 2019. A Field Evaluation of Arm-Support Exoskeletons for Overhead Work Applications in Automotive Assembly, *IISE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 7:3-4, 192-198, DOI: 10.1080/24725838.2018.1563010
- Maurice, P., Padois, V., Measson, Y. and Bidaud, P. 2017. Human-oriented design of collaborative robots. *International Journal of Industrial Ergonomics*, [online] 57, pp.88–102. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.11.011>.

- Mokdad, M., & Abdel-Moniem, T. 2017. New Paradigms in Ergonomics: The Positive Ergonomics. *Occupational Health*, 1, 3–24. <https://doi.org/10.5772/66393>
- Moray, N. 1995. Ergonomics and the global problems of the twenty-first century. *Ergonomics*, 38(8), 1691–1707. <https://doi.org/10.1080/00140139508925220>
- Nichols S, Patel H. 2002. Health and safety implications of virtual reality: a review of empirical evidence. *Appl Ergonom*, 33: 251-271.
- Nielsen, K., Nielsen, M. B., Ogbonnaya, C., Käsälä, M., Saari, E., & Isaksson, K. 2017. Workplace resources to improve both employee well-being and performance: A systematic review and meta-analysis. *Work and Stress*, 31(2), 101–120. <https://doi.org/10.1080/02678373.2017.1304463>
- Parker, S.S. 2022. *Ergonomics in the Dental Office*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119365686>.
- Ralph Hensel & Mathias Keil. 2019. Subjective Evaluation of a Passive Industrial Exoskeleton for Lower-back Support: A Field Study in the Automotive Sector, *IIEE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 7:3-4, 213-221, DOI: 10.1080/24725838.2019.1573770
- Reimer S .2014. Individualized Arm Shells towards an Ergonomic Design of Exoskeleton Robots. *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*.
- Roitman L, Shrager J, Winograd T. 2017. A Comparative Analysis of Augmented Reality Technologies and their Marketability in the Consumer Electronics Segment. *J Biosens Bioelectron* 8: 236.
- Sadrifaridpour, B., Saeidi, H., Burke, J., Madathil, K. and Wang, Y. 2016. Modeling and Control of Trust in Human-Robot Collaborative Manufacturing. *Robust Intelligence and Trust in Autonomous Systems*, [online] pp.115–141. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7668-0_7.

- Schiele, A. 2009. Ergonomics of exoskeletons: Objective performance metrics. *World Haptics 2009 - Third Joint EuroHaptics conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*. [online] <https://doi.org/10.1109/whc.2009.4810871>.
- Stanton, N.A. 1999. What price ergonomics? *Nature*, [online] 399(6733), pp.197–198. Available at: https://ideas.repec.org/a/nat/nature/v399y1999i6733d10.1038_20298.html [Accessed 4 Mar. 2023].
- Sutarjo, U.S. 2007. Ergonomics Policy in Indonesia. *Journal of Human Ergology*, [online] 36(2), pp.57–61. https://doi.org/10.11183/jhe1972.36.2_57
- Swuste, P., Gulijk, C. van, Zwaard, W. and Oostendorp, Y. 2014. Occupational safety theories, models and metaphors in the three decades since World War II, in the United States, Britain and the Netherlands: A literature review. *Safety Science*, [online] 62, pp.16–27. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.07.015>.
- Wilson, J. R. 2000. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *Applied Ergonomics*, 31(6), 557–567. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(00\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00034-X)

BAB 2

KONSEP ERGONOMI

Oleh M. Ansyar Bora

2.1 Pendahuluan

Manusia adalah salah satu sumber daya industri yang paling penting. Dalam industri saat ini masih memerlukan manusia untuk melakukan tugas fisik perakitan dan penanganan bahan, serta tugas-tugas sensorik dan kognitif seperti memeriksa komponen, mengeluarkan alat, memasukkan data, dan mengelola sumberdaya dan operasi. Sederhananya, dibutuhkan manusia untuk membuat produk dan menyediakan layanan. Manusia juga merupakan prospektif pelanggan. Jika produk yang diproduksi memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan dengan harga yang wajar, pelanggan akan membelinya. Bahkan, semakin menarik produk ini dan semakin kompetitif harganya, semakin besar penjualan, dan ketika penjualan meningkat, upah juga meningkat. Untuk memaksimalkan hal tersebut diperlukan ilmu ergonomi.

Ergonomi adalah studi tentang interaksi antara manusia dan mesin dan faktor yang mempengaruhi interaksi tersebut (Bridger, 2003). Bidang ini terbentuk pada tahun 1949 ketika sekelompok orang yang tertarik berkumpul di Oxford, Inggris untuk membahas topik kinerja manusia. Grup terdiri dari ahli anatomi, ahli fisiologi, psikolog, ortopedi, sosiologi, kedokteran, insinyur desain, insinyur studi kerja, arsitek, insinyur kelistrikan, dan siapa saja yang pekerjaannya menyangkut aspek kinerja manusia (Lehto and Landry, 2013). Pada pertemuan tersebut disepakati nama "Ergonomi" atau "ilmu kerja" sebagai nama bidang baru tersebut.

Ergonomi berasal dari bahasa Yunani, secara historis, ergonomi (*ergon + nomos*), atau “studi tentang kerja,” awalnya diusulkan dan didefinisikan oleh ilmuwan Polandia B. W. Jastrzebowski (Lehto and Buck, 2008), (Karwowski, 2005) dan (Karwowski and Marras, 2003). Grup memutuskan untuk mengadopsi istilah tersebut dan menyebut diri mereka *Ergonomics Research Society*. Salah satu keuntungan dari istilah baru ini adalah tidak menyiratkan bahwa ada disiplin ilmu yang paling berkontribusi atau lebih penting dari pada disiplin ilmu lainnya. Beberapa waktu kemudian, istilah faktor manusia diciptakan di AS untuk masyarakat dengan tujuan yang sama, tetapi dengan keragaman latar belakang yang lebih sedikit. Sehingga ergonomi dikenal juga sebagai *the Human Factors and Ergonomics Society*.

Tujuannya ergonomi atau human factors adalah untuk meningkatkan kinerja dari sistem dengan meningkatkan interaksi manusia-mesin. Sistem dapat ditingkatkan melalui:

- Buat desain *interface* yang lebih kompatibel antara pekerja dan pekerjaannya, hal ini membuat desain lebih mudah digunakan dan dapat mengurangi kesalahan.
- Perbaiki lingkungan kerja agar lebih aman dan sesuai kebutuhan pengguna.
- Perbaiki tugas agar lebih sesuai dengan karakteristik pengguna.
- Memperbaiki cara kerja untuk mengakomodasi kebutuhan psikologis, dan kebutuhan sosial.

Implementasi ergonomi dalam desain sistem harus membuat sistem bekerja lebih baik dengan menghilangkan aspek fungsi sistem yang tidak diinginkan, tidak terkendali atau tidak terhitung, seperti:

- Tidak efisiensi - jika pekerja menghasilkan output yang kurang optimal.

- Kelelahan - pekerjaan yang dirancang dengan buruk, dapat membuat pekerja cepat merasa lelah.
- Kecelakaan, cedera, dan kesalahan - karena *interface* yang dirancang dengan buruk sehingga terdapat beban mental maupun fisik yang berlebihan.
- Kesulitan pengguna – karena kombinasi sub tugas yang tidak tepat membuat dialog/interaksi rumit dan tidak wajar.
- Semangat rendah dan apatis.

2.2 Definisi Ergonomi

Ergonomi adalah bidang ilmu yang melihat aspek orang dan lingkungan kerjanya dan secara sistematis menggunakan informasi tentang sifat, kemampuan dan keterbatasan orang tersebut untuk merancang desain produk, mesin, instalasi, lingkungan kerja yang efisien, nyaman, aman, sehat, efisien dan sistem kerja dengan tujuan utama tercapainya produktivitas dan kualitas kerja yang terbaik. Berdasarkan pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa hampir semua objek desain yang berhubungan atau berinteraksi dengan manusia memerlukan pendekatan ergonomis. Beberapa definisi ergonomi menurut para ahli antara lain:

- “Ergonomi adalah suatu kajian ilmu yang memanfaatkan informasi-informasi terkait sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia yang kemudian digunakan dalam merancang produk atau suatu sistem kerja yang sesuai dengan kebutuhan pengguna sehingga tercipta produk atau sistem kerja yang aman, sehat, produktif dan nyaman” (Yassierli *et al.*, 2020).
- “Ergonomi didefinisikan sebagai desain tampilan instrumen sehingga manusia dan mesin dapat bekerja lebih efisien dan efektif sebagai satu kesatuan sistem manusia-mesin.” (Hanafie, 2017).

- “Ergonomi merupakan disiplin ilmu, seni dan penerapan teknologi yang holistik, pendekatan yang berpusat pada manusia untuk merancang sistem kerja yang mempertimbangkan fisik, kognitif, sosial organisasi, lingkungan, dan faktor lain yang relevan, sehingga mampu meningkatkan kinerja organisasi”. (Tarwaka, HA.Bakri and Sudiajeng, 2014).
- “Ergonomi adalah ilmu menyesuaikan pekerjaan dengan pekerja seperti merancang stasiun kerja dan alat untuk mengurangi gangguan muskuloskeletal (MSD) terkait pekerjaan dapat membantu pekerja tetap sehat dan perusahaan mengurangi atau menghilangkan biaya tinggi yang terkait dengan MSDs” (*Occupational Safety and Health Administration*, 2014).
- “Ergonomi merupakan disiplin yang unik dan independen yang berfokus pada sifat interaksi manusia-mesin, dilihat dari kesatuan perspektif ilmu pengetahuan, teknik, desain, teknologi, dan pengelolaan sistem yang kompatibel dengan manusia, termasuk berbagai sistem alam dan produk buatan, proses, dan lingkungan hidup”. (Karwowski, 2005)
- “Ergonomi dapat didefinisikan sebagai studi tentang aspek manusia dari lingkungan kerja dilihat dari perspektif anatomi, fisiologi, psikologi, teknik, manajemen dan desain.” (Nurmianto, 2004).
- “Ergonomi adalah studi tentang interaksi antara manusia dan mesin dan faktor yang mempengaruhi interaksi tersebut” (Bridger, 2003).
- “Ergonomi adalah disiplin yang berkaitan dengan pemahaman bagaimana orang berinteraksi dengan bagian lain dari sistem, dan profesi yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan efisiensi sistem secara

keseluruhan.” (*International Ergonomics Association*, 2000).

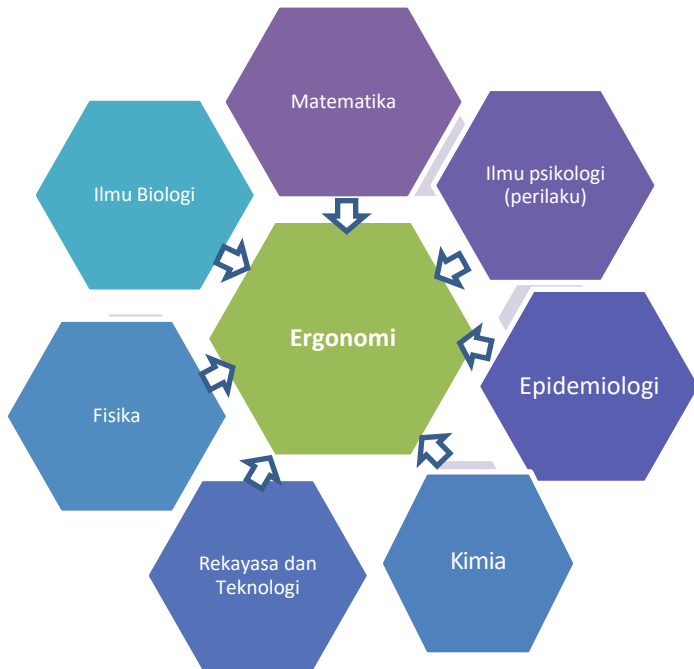
Secara konseptual, ergonomi adalah ilmu yang mempelajari berbagai aspek karakteristik manusia yang terkait dalam konteks pekerjaan dan menggunakan informasi yang diperoleh untuk merancang produk, mesin, peralatan, lingkungan, dan sistem kerja yang terbaik. Tujuan utamanya adalah untuk mencapai sistem kerja terbaik dengan menerapkan berbagai aspek seperti perlindungan kerja, kenyamanan, kemudahan, efisiensi dan efisiensi tinggi.

2.3 Disiplin Ilmu Utama yang berkontribusi terhadap ergonomi

Ergonomi adalah ilmu multidisiplin yang banyak menarik berbagai disiplin ilmu atau bidang studi. Pada gambar 2.1 dapat dilihat ilustrasi disiplin ilmu utama yang berkontribusi terhadap ergonomi (Tayyari and Smith, 2003).

- **Matematika:** ilmu matematika memfasilitasi studi dan penggunaan faktor numerik dan notasi simbolik yang berhubungan dengan kuantitas, besaran dan formula yang menggambarkan hubungan dan atribut yang berkaitan dengan manusia dan lingkungan kerjanya.
- **Ilmu Biologi:** ilmu biologi (yaitu, anatomi, psikologi dan anthropometri) struktur tubuh (misalnya, otot, kerangka dan sistem saraf) reproduksi dan fungsi sel dan organisme dalam biologi manusia.
- **Ilmu Psikologi (Perilaku):** ilmu psikologi atau ilmu perilaku dapat membantu mempelajari perilaku manusia baik sebagai individu maupun sebagai kelompok seperti persamaan individu dan perbedaan dalam belajar, persepsi, reaksi terhadap rangsangan, sikap dan kebiasaan dan perilaku kelompok.

- **Fisika:** ilmu fisika digunakan untuk mempelajari fenomena yang terkait dengan materi secara umum dan hukum yang mengatur fenomena tersebut, terutama yang berhubungan dengan tubuh manusia di lingkungan kerja seperti mekanika (statis dinamika dan fluida), panas, cahaya, bunyi/kebisingan, getaran, listrik, magnet, gas, dan radiasi.
- **Kimia:** reaksi kimia dan kesetimbangan dibahas, terutama yang berhubungan dengan reaksi metabolisme.
- **Rekayasa dan Teknologi:** konsep rekayasa dan teknologi digunakan dalam teknik desain tempat kerja dan peralatan untuk digunakan oleh manusia di tempat kerja. Topik teknik yang berkaitan dengan ergonomi adalah mekanika terapan (statis, dinamika, mekanika fluida, dan termodinamika), sirkuit listrik dan perangkat/mesin, desain teknik, dan ilmu teknologi komputer.
- **Epidemiologi:** epidemiologi adalah studi tentang kejadian, distribusi, dan pengendalian penyakit dalam suatu populasi, dalam ergonomi, ini melibatkan studi tentang sebab-akibat dan pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja.



Gambar 2.1. disiplin ilmu utama yang berkontribusi terhadap ergonomi

(Sumber :Tayyari and Smith, 2003)

2.4 Tujuan Ergonomi

Seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.2, ergonomi berkaitan dengan interaksi antara manusia dan mesin di lingkungan kerja. Tujuan dari studi ergonomi adalah untuk mengoptimalkan integrasi manusia dan mesin sehingga dapat meningkatkan kecepatan dan akurasi kerja, dua faktor yang bertentangan dalam proses optimalisasi ini adalah produktivitas pekerja dan kesehatan serta kesejahteraan fisik pekerja, sementara pekerja harus melakukan pekerjaannya dengan cara yang paling efisien dan harus terlindungi dari tekanan fisik, biologis, dan fisik yang tidak semestinya. Sementara itu menurut Hanafie *et al.*,

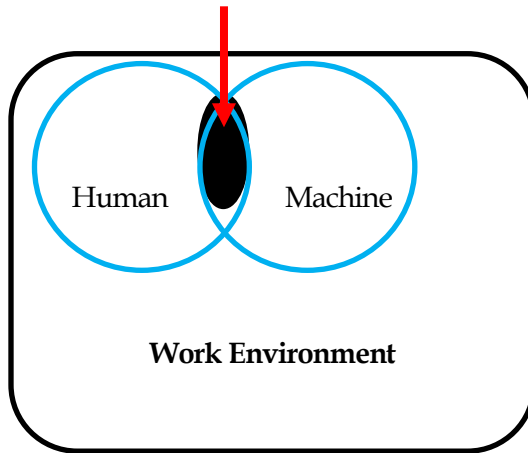
(2022) maksud dan tujuan dari disiplin ergonomi adalah untuk mendapatkan pengetahuan yang lengkap tentang masalah interaksi manusia dengan teknologi dan produknya, sehingga dimungkinkan untuk memiliki desain sistem manusia (teknologi) yang optimal. Untuk mencapai tujuan ergonomi tersebut penting mempertimbangkan hal berikut dalam merancang tempat kerja:

1. Tempat kerja harus sesuai dengan kebutuhan tenaga kerja.
2. Mesin, Peralatan dan alat kontrol diatur sedemikian rupa untuk meminimalkan ketegangan fisik dan mental pekerja sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas.
3. Lingkungan yang kondusif untuk pelaksanaan tugas yang paling efektif.

Dengan demikian tujuan ergonomi dan studi kerja saling melengkapi dalam upaya menyesuaikan manusia dengan mesinnya atau menyesuaikan pekerjaan dengan pekerja serta menangani faktor-faktor yang mempengaruhi ketegangan fisik dan mental. Karakteristik manusia yang relevan dengan kinerja industri dapat dipertimbangkan dalam tiga penanganan utama berikut:

1. Faktor kinerja: Biodinamik, biostatistik, faktor lingkungan, penanganan informasi.
2. Karakteristik pribadi: Kapasitas kerja, keterampilan sikap, kecerdasan dan antropometri.
3. Faktor sikap: Sikap kerja atau syarat kerja yang tidak ergonomis bisa mengakibatkan keluhan-keluhan misalnya gangguan dalam sistem muskuloskeletal.

ERGONOMICS



Gambar 2.2. Interaksi Manusia dan Mesin di Lingkungan Kerja
(Sumber : Tayyari and Smith, 2003)

Ergonomi menawarkan area kerja, ruang kerja, dan peralatan kerja yang dirancang secara ergonomis untuk memenuhi kebutuhan pekerja. Dengan kata lain, tempat kerja yang dirancang dengan baik dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif, yang dapat meningkatkan produktivitas karyawan. Tindakan di tempat kerja harus dilakukan secara konsisten untuk memastikan kesehatan yang optimal guna meminimalkan kerusakan kesehatan, yang bergantung pada lingkungan kerja yang tidak sehat. Hal tersebut tidak terlepas dari prinsip ergonomi yang memungkinkan lingkungan kerja didesain sedemikian rupa untuk mencegah terjadinya cedera. McConnellsburg, (2020) mengemukakan ada 10 Prinsip Dasar Ergonomi yaitu:

1. Bekerja dalam posisi netral.

Jika pekerjaan dilakukan pada posisi duduk atau berdiri dan bergerak sepanjang hari, penting untuk menjaga tubuh tetap dalam posisi netral. Ada beberapa area tubuh yang biasanya dipengaruhi oleh prinsip ini, yang pertama adalah

bagian belakang. Tulang belakang yang sehat mengikuti kurva S, dan penting untuk mempertahankan kurva ini saat bekerja untuk menghindari ketegangan pada punggung. Jika bekerja dalam posisi duduk, penyangga pinggang yang baik sangat diperlukan. Bagi pekerja yang melakukan pekerjaan dalam posisi berdiri atau bergerak di sekitar fasilitas, akan sangat membantu jika menempatkan satu kaki, di atas pijakan kaki saat berdiri diam, dan saat mengangkat sesuatu pastikan tidak membungkuk saat mengambil benda yang berat, selalu tekuk lutut dan jaga agar punggung tetap lurus. Area tubuh lain yang mungkin tidak sejajar adalah leher, siku, dan pergelangan tangan, untuk mengurangi ketegangan pada area tersebut dan menjaganya agar tetap sejajar, coba sesuaikan peralatan atau posisi kerja, untuk menjaga otot dalam posisi yang lebih rileks.

2. Kurangi Penggunaan kekuatan yang berlebihan.

Jangan menggunakan seluruh berat badan untuk memindahkan suatu benda. Mendorong, menarik, dan mengangkat barang berat dapat membuat persendian menjadi tegang, sehingga berpotensi menyebabkan kelelahan atau cedera. Daripada menggunakan tenaga yang berlebihan, cobalah untuk mengidentifikasi alat atau strategi yang dapat meringankan beban seperti menggunakan gerobak atau kerekan untuk memindahkan barang berat, atau mungkin perlu mengubah alur kerja sehingga dapat mengurangi jarak yang akan di tempuh atau jumlah barang yang perlu di angkut.

3. Dekatkan benda kerja atau peralatan yang sering digunakan.

Coba rentangkan tangan dan buat garis setengah lingkaran di bagian depannya, garis setengah lingkaran tersebut merupakan jarak jangkauan tanganya, tempatkan benda

- kerja atau peralatan yang sering digunakan di dalam setengah lingkaran tersebut. Menyesuaikan tempat duduk dan sandaran tangan juga dapat membuat hal-hal seperti kontrol alat berat mudah dijangkau sehingga mengurangi kelelahan. Prinsip ini juga berlaku saat menjangkau kotak atau tempat sampah. Dari pada memaksakan bahu untuk menjangkau lebih tinggi, cukup miringkan kotak atau letakkan di permukaan yang lebih rendah sebelum menjangkau ke dalam.
4. Bekerja pada ketinggian yang tepat.
Memiliki permukaan kerja yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat membuat punggung, leher, dan bahu tegang. Sebagian besar pekerjaan rutin harus dilakukan setinggi siku saat sedang duduk atau berdiri. Namun, jika bekerja dengan alat berat, pekerja perlu menyesuaikan posisi sehingga bekerja lebih rendah dari ketinggian siku, dan di sisi yang berlawanan, pekerjaan presisi mengharuskan pekerja, bekerja di ketinggian di atas siku.
 5. Kurangi gerakan yang tidak perlu.
Pengulangan secara manual yang berlebihan saat bekerja dapat menyebabkan cedera, jadi penting untuk memikirkan bagaimana cara untuk mengurangi gerakan berlebihan. Misalnya, alih-alih memutar pergelangan tangan untuk memutar obeng, apakah mungkin mengganti obeng dengan bor yang akan menghilangkan gerakan manual sama sekali?, juga dapat mencari peluang untuk mengubah posisi atau tata letak area kerja yang lebih ergonomis.
 6. Minimalkan kelelahan yang disebabkan oleh beban statis.
Dalam melakukan pekerjaan, mungkin ada tugas yang mengharuskan memegang posisi yang sama untuk waktu yang lama, yang dikenal sebagai beban statis. Beban statis dapat mempengaruhi semua bagian tubuh, seperti kaki

saat berdiri lama atau bahu saat menahan lengan di atas kepala lebih dari beberapa detik. Jenis tugas ini dapat membuat otot lelah dan pada akhirnya dapat menyebabkan ketidaknyamanan yang bertahan lama bahkan setelah tugas selesai. Beberapa cara yang mungkin dapat dilakukan untuk mengatasi kelelahan yang disebabkan oleh beban statis adalah dengan mengubah orientasi area kerja, memposisikan ulang postur tubuh, atau bahkan menambahkan ekstender ke alat yang digunakan.

7. Minimalkan tekanan pada titik tertentu

Ketidaknyamanan dapat terjadi ketika alat atau permukaan mengenai tubuh pada titik yang sama secara rutin. Kadang-kadang disebut titik tekanan, area kontak ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan akan menurunkan ketahanan tubuh. Salah satu contoh penyebab tekanan akibat kontak yang berlebihan adalah saat bekerja dimana secara rutin pekerja meremas alat, seperti tang, atau memegang benda berat, seperti paku, yang memberi tekanan pada area tangan. Menambahkan bantalan, mengenakan sarung tangan, atau memilih alat dengan pegangan yang empuk dapat membantu mengurangi tekanan.

8. Memberikan ruang yang cukup pada area kerja.

Prinsip ini sangat sederhana hanya perlu memberikan ruang yang cukup untuk kepala, lutut, dan kaki sehingga lebih leluasa bergerak. Jika sedang bekerja dalam posisi duduk, sesuaikan tempat duduk sehingga dapat memberikan ruang kaki yang memadai. Singkirkan penghalang di atas kepala agar kepala tidak terbentur.

9. Bergerak dan melakukan peregangan sepanjang hari. Berada dalam satu posisi terlalu lama, baik duduk maupun berdiri, tidak sehat bagi tubuh manusia. Beristirahatlah untuk berolahraga atau meregangkan otot. Jika bekerja

dalam posisi duduk untuk waktu yang lama, cari waktu secara berkala untuk beristirahat atau berjalan-jalan. Jika bekerja dalam posisi berdiri sepanjang hari, kenakan alas kaki yang mendukung dan gunakan waktu istirahat untuk beristirahat dengan baik. jika pekerjaan dilakukan pada bagian tubuh tertentu, maka perlu melakukan peregangan sebelum melakukan pekerjaan tersebut.

10. Menjaga kenyamanan lingkungan kerja

Lingkungan kerja sangat bervariasi tergantung pada industri dan pekerjaan yang dilakukan. Beberapa hal umum yang harus diperhatikan pada lingkungan kerja seperti pencahayaan, suhu, getaran, dan kebisingan. Cara untuk mengurangi silau atau memberikan pencahayaan yang lebih baik di area dengan cahaya redup. Pertahankan area kerja pada suhu yang nyaman jika memungkinkan, dan saat melakukan pekerjaan di luar ruangan, kenakan pakaian yang sesuai dengan cuaca dan jika alat menimbulkan kebisingan atau getaran yang berlebihan, gunakan tutup telinga dan cari cara untuk mengurangi getaran pada alat tersebut.

2.5 Lingkup Kajian Ergonomi

Studi ergonomi adalah penggunaan beberapa ilmu dasar studi manusia, seperti anatomi, fisiologi, kedokteran, ortopedi, psikologi, dan sosiologi (Iridiastadi and Yassierli, 2014). Menurut (*International Ergonomics Association*, 2000), ada empat lingkup kajian luas ergonomi: fisik, kognitif, organisasi dan lingkungan.

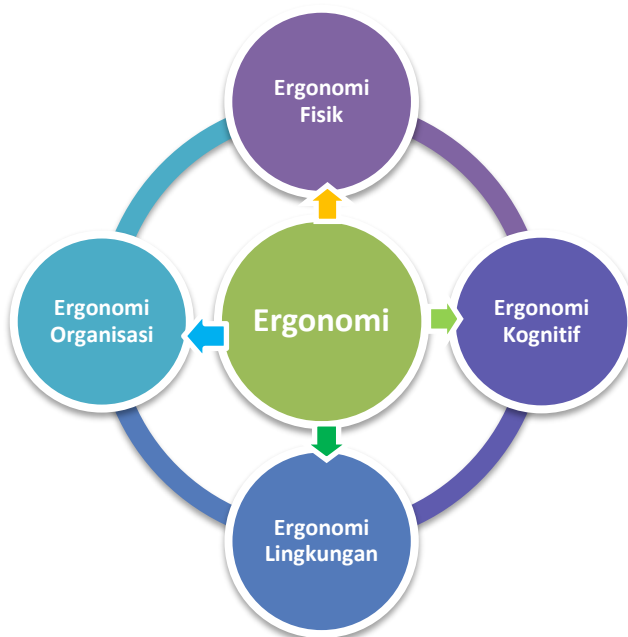
1. Ergonomi Fisik, berkaitan dengan dampak anatomi, antropometri, biomekanik, fisiologi, dan lingkungan fisik pada aktivitas fisik. Area fokus dalam ergonomi fisik meliputi konsekuensi gerakan berulang, penanganan material, keamanan tempat kerja, kenyamanan dalam

penggunaan perangkat portabel, desain keyboard, postur kerja, dan lingkungan kerja .

- Anatomi manusia yaitu sebuah bidang khusus yang mempelajari struktur tubuh manusia. Anatomi manusia khususnya karakteristik otot dan kerangka manusia diperlukan dalam rangka memenuhi tujuan desain produk serta peralatan yang sesuai dengan kebutuhan manusia.
- Antropometri adalah studi tentang tubuh manusia dan pergerakannya, terutama dalam hal pengukurannya, yang hasilnya dapat digunakan dalam perancangan produk dan lingkungan kerja agar sesuai dengan individu yang menggunakannya (Hasa, 2020).
- Fisiologi Kerja yaitu terkait dengan proses adaptif dalam melakukan aktivitas kerja yang membutuhkan upaya fisik yang bersifat motorik, ditandai dengan beban kerja (wordload) di setiap aktivitas kerja dan mekanisme pengendalian risiko penyakit akibat kerja seperti stres, nyeri punggung bawah, Cedera Ketegangan Berulang dan Work-Related Musculoskeletal Disorders (WRMD) (Nunes, 2022).
- Biomekanik yaitu mengacu pada studi tentang bagaimana tubuh merespons berbagai kekuatan dan rangsangan yang ada di lingkungan. Ini termasuk semua sistem individu tubuh, seperti sistem kerangka, sistem otot, dan sistem saraf. Studi tentang biomekanik memungkinkan untuk melihat bagaimana tubuh berpotensi merespons kekuatan tertentu di lingkungan.

2. Ergonomi Kognitif, berfokus pada seberapa baik penggunaan suatu produk sesuai dengan kemampuan kognitif pengguna. Ini mengacu pada pengetahuan tentang persepsi manusia, pemrosesan mental, dan memori.

- Aplikasinya meliputi pengukuran beban kerja mental, pengambilan keputusan, kinerja terampil, interaksi manusia-komputer, keandalan manusia, stres kerja, dan pelatihan terkait (Middlesworth, 2021).
3. Ergonomi organisasi, disebut sebagai makroergonomi digunakan untuk menilai bagaimana organisasi dan sistem berinteraksi dan bagaimana sistem kerja ini dirancang. Ergonomi organisasi juga digunakan untuk meningkatkan sistem kerja untuk meningkatkan kinerja dan efektivitas organisasi secara keseluruhan. Penerapannya berupa peningkatan dari bawah ke atas dalam sistem kerja, meningkatkan kualitas kehidupan kerja, dan mengurangi biaya yang terkait dengan penerapan teknologi terbaru.
 4. Ergonomi lingkungan, merupakan salah satu cabang ergonomi yang mempertimbangkan bagaimana orang berinteraksi dengan lingkungan fisiknya (iklim, suhu, tekanan, getaran, kebisingan, pencahayaan dan lain sebagainya). Contoh penerapan pada kajian ergonomi lingkungan misalnya penempatan lampu penerangan, waktu istirahat, pengaruh rotasi kerja, dan dampak penggunaan indera pelindung diri (APD).



Gambar 2.3. Lingkup Kajian Ergonomi
(Sumber : International Ergonomics Association, 2000)

Semua bidang ergonomi pada Gambar 2.3 digunakan untuk merancang atau mendesain sistem kerja. Oleh karena itu ergonomi juga sering diasosiasikan dengan pengembangan sistem kerja yang nyaman, aman dan produktif, dengan memasukkan pemikiran faktor manusia dan data ke dalam rencana. Ini berarti merancang produk atau proses menggunakan kemampuan manusia, tetapi pada saat yang sama menghargai keterbatasan manusia tersebut. Perlu dicatat bahwa dalam desain sistem kerja, desain produk, dan penelitian kerja, keempat bidang ergonomi seringkali saling melengkapi atau tidak terpisah, misalnya: penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh pencahayaan di tempat kerja (ergonomi lingkungan) dalam penelitian ini juga terkait dengan prestasi kerja (ergonomi kognitif) sebagai indikator. Contoh lain

penelitian tentang efek getaran di tempat kerja (ergonomi lingkungan) mungkin terkait dengan kinerja pekerjaan (ergonomi kognitif) sebagai indikator dan/atau karakteristik fisik orang, seperti kerusakan pendengaran (ergonomi fisik) yang disebabkan oleh kebisingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridger, R.S. 2003. *Introduction To Ergonomics*, Singapore: McGraw-Hill Bookco. Taylor & Francis e-Library.
- Hanafie, A. 2017. *Ergonomi: Aplikasi Transportasi Angkutan Kota*. Yogyakarta: Indie Book Corner.
- Hanafie, A. *et al.* 2022. 'Ergonomic Evaluation of Anthropometry Based Hydroponic Plants Watering Automation System', *Journal of Engineering, Technology & Applied Science*, 4(3), pp. 122–130. Available at: <https://lamintang.org/journal/index.php/jetas/article/view/463>.
- Hasa. 2020. *What is the Difference Between Anthropometrics and Ergonomics*, Pediaa. Available at: <https://pediaa.com/what-is-the-difference-between-anthropometrics-and-ergonomics/#:~:text=The main difference between anthropometrics,the individuals who use them>.
- International Ergonomics Association. 2000. *What Is Ergonomics?, Ergonomics in the Dental Office*. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781119365686.ch1>.
- Iridiastadi, H. and Yassierli. 2014. *Ergonomi: Suatu Pengantar*. 1st edn. Edited by Nia. Band: PT Remaja Rosdakarya.
- Karwowski, W. 2005. 'Ergonomics and human factors: The paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems', *Ergonomics*, 48(5), pp. 436–463. Available at: <https://doi.org/10.1080/00140130400029167>.
- Karwowski, W. and Marras, W.S. 2003. *Occupational Ergonomics: Design and Management of Work Systems*, Nucl. Phys. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Lehto, M. and Landry, S.J. 2013. *Introduction to Human Factors and Ergonomics*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.

- Lehto, M.R. and Buck, J.R. 2008. *Introduction to Human Factors and Ergonomics For Engineers*. New York,: Taylor & Francis Group, LLC.
- McConnellsburg. 2020. *Work More Efficiently With The 10 Basic Principles Of Ergonomics*, JLG Industries, Inc. Available at: <https://www.jlg.com/en/direct-access/2021/03/15/work-more-efficiently-with-the-10-basic-principles-of-ergonomics> (Accessed: 3 May 2023).
- Middlesworth, M. 2021. *Cognitive ergonomics 101: definition and applications*, *Ergo Plus*. Available at: <https://ergo-plus.com/cognitive-ergonomics/>.
- Nunes, A.J.R. 2022. 'Ergonomics and Occupational Physiology: A Multiprofessional Approach to Work', *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 3(6), pp. 1–9.
- Nurmianto, E. 2004. *Ergonomi konsep dasar dan aplikasinya*, *International Journal of Adolescence and Youth*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Occupational Safety and Health Administration. 2014. *Ergonomic an Overview*, *Occupational Safety and Health Administration*.
- Tarwaka, HA.Bakri, S. and Sudiajeng, L. 2014. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Uniba Press. Available at: <http://shadibakri.uniba.ac.id/wp-content/uploads/2016/03/Buku-Ergonomi.pdf>.
- Tayyari, F. and Smith, J.I. 2003. *Occupational Ergonomics: Principles and Applications*, *Kluwer Academic Publisher*. Kluwer Academic Publisher.
- Yassierli *et al.* 2020. *Ergonomi Industri*. 1st edn. Edited by P. Latifah. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.

BAB 3

ANTHROPOMETRI

Oleh Riski Arifin

3.1 Pendahuluan

Antropometri berasal dari bahasa latin yaitu anthropos berarti manusia dan metri berarti ukuran, jadi secara harfiah berarti ukuran tubuh manusia (Bridger, 2009). Definisi lain dari antropometri adalah pengukuran ukuran tubuh manusia dalam kaitannya dengan karakteristik fisik manusia yang signifikan yang digunakan dalam desain suatu produk untuk digunakan manusia (Sanders and McCormick, 1993). Sehingga pengetahuan tentang ukuran tubuh manusia dapat digunakan untuk mengembangkan desain alat kerja yang digunakan manusia, workstation manusia yang sesuai dengan dimensi tubuh manusia, sehingga dapat dibuat produk yang nyaman.

3.2 Faktor yang mempengaruhi ukuran

Setiap orang memiliki dimensi ukuran yang berbeda-beda, beberapa faktor yang mempengaruhi dimensi seseorang adalah sebagai berikut (Wignjosoebroto, 1995).

1. Usia

Ukuran tubuh manusia akan terus berkembang dari lahir hingga berusia 20-25 tahun hal ini disebabkan karena pertumbuhan ukuran tulang. Pertumbuhan ukuran tubuh perempuan lebih cepat berhenti dibandingkan dengan laki-laki. Berdasarkan penelitian tumbuh dan berkembangnya perempuan akan berhenti hingga 21.1 tahun dan laki-laki berusia 23.5 tahun (Wignjosoebroto, 1995).



Gambar 3.1. Pertumbuhan Tubuh Manusia
Sumber: Welianto, 2022

2. Jenis Kelamin
perbedaan antara jenis kelamin dalam hal ukuran tubuh. Secara umum, laki-laki lebih tinggi dari perempuan kecuali bagian tubuh tertentu seperti dada, pinggul, ukuran tulang, dan sebagainya.
Dimensi tubuh antar jenis kelamin juga memiliki perbedaan. Pada umumnya pria memiliki ukuran tubuh yang lebih besar dari pada wanita, kecuali pada bagian tubuh tertentu seperti pinggul, dada, dan sebagainya.
3. Bangsa/Etnis
Setiap bangsa atau suku bangsa memiliki ciri fisik yang berbeda satu sama lain. Umumnya masyarakat Asia Tenggara memiliki postur kerja yang mirip dan berbeda dengan postur manusia Asia Barat, Eropa, Afrika dan Amerika.



Gambar 3.2. Ukuran Tubuh antar Suku dan Bangsa
Sumber : Herdyanto, 2020

4. Posisi Tubuh

Posisi tubuh memberikan pengaruh terhadap dimensi ukuran tubuh manusia, terdapat dua cara pengukuran yaitu dimensi struktur tubuh dan dimensi fungsional tubuh.

5. Disabilitas

Data Antropometri manusia yang memiliki disabilitas memiliki perbedaan dengan manusia normal. Hal ini diperlukan untuk membuat produk yang berguna dengan para disabilitas seperti kaki palsu, tangan palsu dan sebagainya.

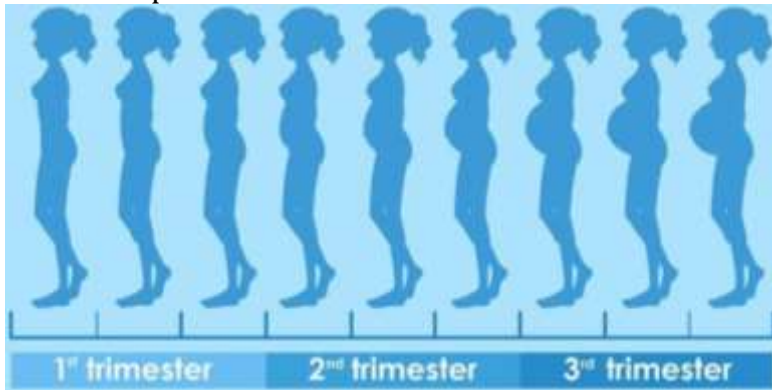
6. Pakaian

Ukuran tebal atau tipisnya pakaian yang digunakan dipengaruhi oleh iklim di suatu negara. Iklim berbeda mempengaruhi variasi yang berbeda-beda dalam bentuk rancangan dan spesifikasi pakaian.

7. Kehamilan

Kondisi ibu hamil mempengaruhi ukuran tubuh dan bentuknya yang sesuai dengan trimester yang dialaminya selama masa kehamilan. Hal ini memerlukan perhatian

husus dalam desain produk untuk ibu hamil, seperti baju, kursi dan produk ibu hamil.



Gambar 3.3. Wanita Hamil trimester

Sumber: Kurniawan, 2020

3.3 Data Antropometri

Pengukuran data antropometri dapat dilakukan dengan dua cara yaitu antropometri statis dan antropometri dinamis.

3.3.1 Antropometri Statis

Antropometri statis merupakan pengukuran yang dilakukan pada kondisi statis atau posisi diam tidak bergerak (Tarwaka, 2015). Pengukuran antropometri statis meliputi dimensi tubuh, lingkar tubuh, massa bagian tubuh dan sebagainya (Rahdiana, 2019).

3.3.2 Antropometri Dinamis

Pengukuran antropometri dinamis dilakukan saat tubuh aktif secara fisik. Pengukuran antropometri dinamis lebih sulit dilakukan daripada pengukuran statis (Tarwaka, 2015). Penelitian terdahulu hasil antropometri statis ke dalam data dinamis yaitu mengurangi 3% dari ukuran tinggi dan menambah 20% dari panjang lengan statis ke dalam jangkauan lengan dinamis (Kromer, 1989).

3.4 Alat Ukur Antropometri

Pengukuran antropometri diperlukan sebuah alat bantu yang diperlukan untuk memudahkan proses pengukuran. Adapun alat bantu yang dilakukan untuk pengukuran dimensi tubuh antropometri manusia berdasarkan antropometriindonesia.org.

1. Antropometer

Merupakan alat pengukuran antropometri yang terdiri dari sebatang pipa sepanjang 2 meter. Antropometer digunakan untuk mengukur panjang seperti tinggi badan, panjang tulang dan sebagainya.



Gambar 3.4. Antropometer

Sumber : antropometriindonesia.org

2. Kursi Antropometri

Kursi antropometri digunakan untuk mengukur data antropometri dengan posisi duduk. Dimana objek yang akan diukur duduk di kursi dan melakukan pengukuran. Informasi yang didapat biasanya digunakan untuk mendesain kursi dan meja.



Gambar 3.5. Kursi Antropometri

Sumber: Soloabadi.com

3. Campbell Capiler

Campbell Capiler merupakan alat untuk mengukur tebal/lebar batang tubuh seperti tebal dada, lebar bahu dan sebagainya.



Gambar 3.6. Campbell Capiler

Sumber: indiamart.com

4. Segmometer

Segmometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur ukuran tubuh, tinggi dan panjang pengukuran, tinggi kaki, panjang lengan dll.



Gambar3 .7. Segmometer

Sumber: habdirect.co.uk

3.5 Dimensi Tubuh Antropometri

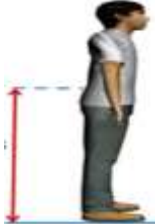
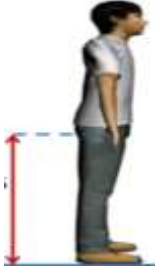
Dimensi tubuh antropometri merupakan objek pengukuran yang digunakan sebagai amatan. Pengukuran dimensi tubuh manusia 36 dimensi berdasarkan antropometriindonesia.org. Berikut merupakan tabel pengukuran 36 dimensi tubuh antropometri.

Tabel 3.1. Pengukuran 36 Dimensi Tubuh Antropometetri

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
1	Tinggi Tubuh	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke puncak kepala. 		19	Lebar Pinggul	Merupakan ukuran jarak antara permukaan luar pinggul kiri dan permukaan luar pinggul kanan. 	
2	Tinggi Mata	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke sudut luar mata kanan/kiri.		20	Tebal Dada	Merupakan ukuran jarak dari bagian belakang tubuh ke bagian dada.	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
							
3	Tinggi Bahu	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke bagian atas bahu. 		21	Tebal Perut	Merupakan ukuran jarak dari bagian belakang tubuh ke bagian perut yang paling menonjol. 	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
4	Tinggi Siku	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke siku tangan. 		22	Panjang Lengan Atas	Merupakan ukuran jarak dari lengan bawah ke bagian atas bahu. 	
5	Tinggi Pinggul	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke bagian pinggul tubuh.		23	Panjang Lengan Bawah	Merupakan ukuran jarak dari bagian siku ke bagian ujung jari tengah.	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
							
6	Tinggi Tulang Ruas	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke bagian tulang ruas. 		24	Panjang Rentang tangan ke	Merupakan ukuran jarak dari bagian bahu ke ujung jari tengah dengan siku tangan lurus kedepan. 	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
7	Tinggi Ujung Jari	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke ujung jari tengah tangan. 		25	Panjang Bahu ke Genggaman Tangan	Merupakan ukuran jarak dari bagian atas bahu ke genggaman tangan dengan tangan lurus kedepan. 	
8	Tinggi Posisi Duduk	Merupakan ukuran jarak dari alas duduk hingga atas kepala.		26	Tebal Kepala	Merupakan ukuran jarak dari bagian dahi ke bagian belakang kepala.	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
							
9	tinggi mata posisi duduk	Merupakan ukuran jarak dari alas duduk ke bagian sudut mata. 		27	Lebar Kepala	Merupakan ukuran jarak dari sisi kepala bagian kiri ke bagian kanan tepat diatas telinga. 	
10	tinggi	Merupakan ukuran		28	Panjang	Merupakan ukuran	

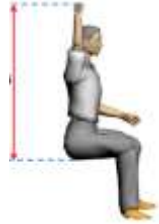
No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
	bahu posisi duduk	jarak dari alas duduk ke bagian atas bahu. 			Tangan	jarak dari pergelangan tangan ke ujung jari tengah. 	
11	tinggi siku posisi duduk	Merupakan ukuran jarak dari alas duduk ke bagian bawah siku. 		29	Lebar Tangan	Merupakan ukuran jarak antara kedua sisi luar 4 jari tangan yang diposisikan dengan rapat.	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
							
12	Tebal paha	Merupakan ukuran jarak dari alas duduk ke bagian paling atas dari paha. 		30	Panjang Kaki	Merupakan ukuran jarak dari tumit ke bagian ujung jari. 	
13	Panjang Lutut	Merupakan ukuran jarak dari bagian		31	Lebar Kaki	Merupakan ukuran jarak antara kedua	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
		pinggul ke bagian depan lutut kaki. 				sisi paling luar kaki. 	
14	Panjang Popliteal	Merupakan ukuran jarak dari bagian pinggul ke bagian belakang lutut.		32	Panjang Rentang Tangan ke Samping	Merupakan ukuran jarak ujung jari tengah tangan kanan ke ujung jari tengah tangan kiri.	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
							
15	Tinggi Lutut	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke tempurung lutut. 		33	Panjang Rentang Siku	Merupakan ukuran jarak yang diukur dari ujung siku tangan kanan ke ujung siku tangan kiri. 	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
16	Tinggi Popliteal	Merupakan ukuran jarak dari lantai ke sudut popliteal yang terletak di bawah paha. 		34	Tinggi Genggaman Tangan Ke Atas dalam Posisi Berdiri	Merupakan ukuran jarak dari lantai hingga genggaman tangan yang diangkat ke atas. 	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
17	Lebar Bahu	Merupakan ukuran jarak antara sisi paling luar bahu kiri dan sisi paling luar bahu kanan. 		35	Tinggi Genggaman Tangan ke Atas dalam posisi duduk	Merupakan ukuran jarak dari alas duduk ke genggaman tangan yang diangkat ke atas. 	

No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)	No	Nama Dimensi Tubuh	Deskripsi	Ukuran (cm)
18	Lebar Bahu Bagian Atas	Merupakan ukuran jarak antara bahu atas kanan dan bahu atas kiri. 		36	Panjang Genggaman Tangan ke Depan	Merupakan ukuran jarak dari bahu ke genggaman tangan dengan posisi ke depan. 	

DAFTAR PUSTAKA

- Bridger, R. S. 2009. *Introduction to Ergonomics*. 3rd edn. USA: CRC Press.
- Herdyanto, A. 2020. *Suku dan Ras Itu Dua Hal Berbeda, Ini 8 Fakta Ilmiahnya*, *IDN Times*. Available at: <https://www.idntimes.com/science/discovery/abraham-herdyanto/suku-berbeda-dengan-ras?page=all> (Accessed: 12 March 2023).
- Kromer. 1989. 'Cumulative trauma disorders. their recognition and ergonomics measures to avoid them', *Appl Ergonomics*.
- Kurniawan, E. 2020. *Kondisi Ibu Hamil yang Tidak Disarankan untuk Berpuasa Berdasarkan Trimester Kehamilan*, *Tribun Ramadhan*. Available at: <https://m.tribunnews.com/ramadan/2020/04/28/kondisi-ibu-hamil-yang-tidak-disarankan-untuk-berpuasa-berdasarkan-trimester-kehamilan?page=all> (Accessed: 12 March 2023).
- Nana Rahdiana. 2019. *Ergonomi Analisis Perancangan Kerja*. Karawang.
- Sanders, M. and McCormick, E. 1993. *Human Factors In Engineering and Design*. 7 th. McGraw-Hill.
- Tarwaka. 2015. *Ergonomi Industri*. Surakarta: Harapan Press Solo.
- Welianto, A. 2022. *Pertumbuhan dan Perkembangan Manusia*, *Kompas.com*. Available at: <https://www.kompas.com/skola/read/2020/09/10/143000269/pertumbuhan-dan-perkembangan-manusia> (Accessed: 12 March 2023).
- Wignjosoebroto, S. 1995. *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Jakarta: Guna Widya.

BAB 4

PENERAPAN DATA ANTROPOMETRI DALAM PERANCANGAN BAIK PRODUK MAUPUN FASILITAS KERJA

Oleh Meri Andriani

4.1 Pendahuluan

Antropometri merupakan metode yang dipergunakan untuk perancangan secara ergonomi (Andriani *et al.*, 2020). Perancangan dilakukan secara ergonomi ini artinya perancangan dilihat dari sisi Manusia (Tarwaka, Bakri and Sudiajeng, 2004). Manusia harus nyaman dalam melakukan aktivitas dengan alat yang dirancang.

Perancangan menggunakan antropometri dapat diterapkan pada produk maupun fasilitas kerja (Andriani, 2019). Langkah dalam merancang menggunakan antropometri yaitu ;

1. Menentukan dimensi yang dipergunakan untuk merancang produk/fasillitas kerja.
2. Melakukan pengukuran dimensi dengan Manusia sebagai sampelnya.
3. Melakukan uji statistik untuk melihat data yang dipergunakan telah cukup dan seragam.
4. Penentuan ukuran (dimensi) produk/fasilitas dengan menggunakan persentil.
5. Merancang produk/fasilitas.

4.2 Perancangan Produk

Perancangan produk dilakukan agar dapat dipergunakan oleh Manusia dengan nyaman (Hidayat, 2022). Kenyamanan

Manusia dalam mempergunakan produk sudah diperhatikan oleh perusahaan saat ini., bahkan ini merupakan daya tarik produk.

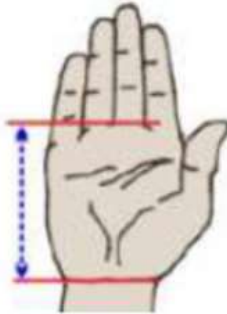
4.2.1 Perancangan Kemasan Terasi

Kemasan terasi dirancang secara ergonomi agar Manusia nyaman dalam memegang kemasan terasi tersebut.

Langkah-langkah dalam merancang kemasan terasi yaitu :

1. Menentukan dimensi yang dipergunakan untuk kemasan terasi tersebut.

Dimensi untuk kemasan terasi ini yaitu dimensi panjang telapak tangan, terdapat Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Dimensi Panjang Telapak Tangan

Sumber : (Andriani and Syntia, 2020)

Gambar 4.1. menunjukkan bahwa dalam merancang kemasan terasi diperlukan satu dimensi yaitu dimensi panjang telapak tangan yang berguna untuk dimensi kemasan terasi.

2. Melakukan pengukuran dimensi dengan Manusia sebagai sampelnya.

Data dimensi yang dipergunakan adalah data Laki-laki dengan jumlah 100 orang dan Perempuan dengan jumlah 100 orang.

- Melakukan uji statistik, uji statistik yang dipergunakan adalah keseragaman dan uji kecukupan. Uji keseragaman dipergunakan untuk menentukan data yang dipergunakan telah seragam, Uji kecukupan data dilakukan untuk menentukan data yang dipergunakan telah cukup. Data panjang telapak tangan Laki-laki ini ada dua yaitu panjang telapak tangan kanan (a) dan panjang telapak tangan kiri (b). Sampel untuk data seharusnya untuk Laki-laki dan Perempuan, tetapi sebagai contoh hanya diberikan untuk data Laki-laki saja, terdapat pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Dimensi Panjang Telapak Tangan Kanan Laki-laki

Operator	Xi	X ²	(Xi - $\bar{X}$) ²
1	7,6	57,76	1,28
2	8	64	0,53
3	9	81	0,07
4	9,2	84,64	0,22
5	9	81	0,07
6	7,9	62,41	0,69
7	8	64	0,53
.	-	-	-
.	-	-	-
.	-	-	-
98	9	81	0,07
99	9	81	0,07
100	9	81	0,07
Σ	873	7662,58	41,29

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 4.1. menunjukkan bahwa jumlah seluruh data ada 100 orang operator dengan jumlah data yaitu 873 cm.

Tabel 4.2. Dimensi Panjang Telapak Tangan Kiri Laki-laki

Operator	Xi	X ²	(Xi - $\bar{x}$) ²
1	7,3	53,29	1,64
2	7,8	60,84	0,61
3	8,7	75,69	0,01
4	9	81	0,17
5	8,7	75,69	0,01
6	7,6	57,76	0,96
7	7,8	60,84	0,61
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
98	8,9	79,21	0,10
99	8,9	79,21	0,10
100	8,8	77,44	0,05
Σ	858,2	7408,36	43,29

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 4.1. menunjukkan bahwa jumlah seluruh data ada 100 orang operator dengan jumlah data yaitu 858,2 cm.

- Uji Kecukupan Data

Uji Kecukupan Data Dimensi Panjang Telapak Tangan Kanan

Uji kecukupan data pada penelitian menggunakan tingkat kepercayaan 95% sehingga memiliki derajat ketelitian (s) sebesar 0,05 dan memiliki tingkat keyakinan (k) sebesar 2. Maka didapatkan nilai k/s nya sama dengan 40.

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum x^2 - [\sum xi]^2}}{\sum xi} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum x^2 - [\sum xi]^2}}{\sum xi} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{100 \cdot (7662,58) - [873]^2}}{873} \right]^2$$

$$N' = 9 \text{ cm}$$

Hasil uji kecukupan data dimensi panjang tangan kanan menunjukkan bahwa **N' < N** atau **9 < 100**, berarti seluruh data dikatakan "**cukup**" digunakan untuk pengumpulan data.

- Uji Kecukupan Data Dimensi Panjang Telapak Tangan Kiri

Uji kecukupan data pada penelitian menggunakan tingkat kepercayaan 95% sehingga memiliki derajat ketelitian (s) sebesar 0,05 dan memiliki tingkat keyakinan (k) sebesar 2. Maka didapatkan nilai k/s nya sama dengan 40.

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum x^2 - [\sum xi]^2}}{\sum xi} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum x^2 - [\sum xi]^2}}{\sum xi} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{100 \cdot (7408,36) - [858,2]^2}}{858,2} \right]^2$$

$$N' = 9 \text{ cm}$$

Pada uji kecukupan untuk data dimensi panjang tangan kiri menunjukkan bahwa **N' < N** atau **9 < 100**, berarti seluruh data dikatakan "**cukup**" digunakan untuk pengumpulan data.

- Uji Keceragaman Data

Menentukan mean ($\bar{x}$)

$$\begin{aligned}\bar{X}_a &= \frac{\sum Xi}{n} \\ &= \frac{873}{100} \\ &= 8,73\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bar{X}_b &= \frac{\sum Xi}{n} \\ &= \frac{858,2}{100} \\ &= 8,58\end{aligned}$$

Menentukan simpangan baku (σ)

$$\begin{aligned}\sigma_a &= \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{41,29}{100-1}} \\ &= 0,65\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{43,29}{100-1}} \\ &= 0,66\end{aligned}$$

- Uji Keseragaman Data Dimensi Panjang Telapak Tangan Kanan Laki-laki

$$BKA_a = \bar{X}_a + 2\sigma$$

$$BKB_a = \bar{X}_a - 2\sigma$$

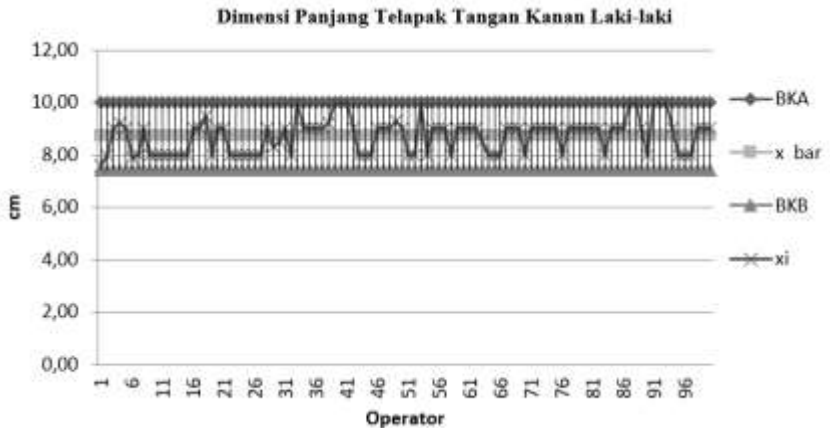
$$BKA_a = 8,73 + 2 \cdot (0,65)$$

$$BKB_a = 8,73 - 2 \cdot (0,65)$$

$$BKA_a = 10,02 \text{ cm}$$

$$BKB_a = 7,44 \text{ cm}$$

Uji keseragaman data dilihat dari seluruh data (X_i) berada diantara BKA dan BKB, dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Uji Keseragaman Dimensi Panjang Tangan Kanan Laki-laki

Sumber : (Andriani and Syntia, 2020)

Gambar 4.2. menunjukkan bahwa seluruh data untuk dimensi panjang telapak tangan kiri ini seragam dibuktikan dengan seluruh data berada diantara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB)

- Uji Keseragaman Data Dimensi Panjang Telapak Tangan Kiri Laki-laki

$$BKA_b = \bar{X}_b + 2\sigma \quad BKB_b = \bar{X}_b - 2\sigma$$

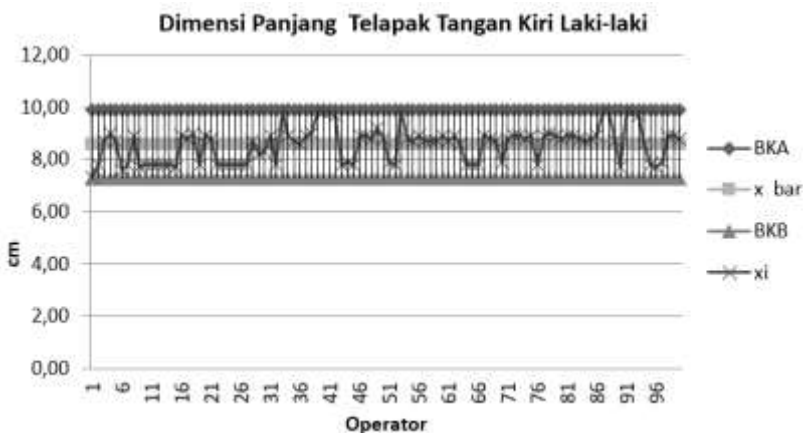
$$BKA_b = 8,58 + 2 \cdot (0,66)$$

$$BKB_b = 8,58 - 2 \cdot (0,66)$$

$$BKA_b = 9,90 \text{ cm}$$

$$BKB_b = 7,26 \text{ cm}$$

Uji keseragaman data dilihat dari seluruh data (Xi) berada diantara BKA dan BKB, dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Uji Keseragaman Dimensi Panjang Tangan Kiri Laki-laki

Sumber : (Andriani and Syntia, 2020)

Gambar 4.3. menunjukkan bahwa seluruh data untuk dimensi panjang telapak tangan kiri ini seragam dibuktikan dengan seluruh data berada diantara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).

4. Penentuan ukuran (dimensi) produk/fasilitas dengan menggunakan persentil.

Persentil dipergunakan adalah Persentil 5 (P5) dengan alasan agar konsumen yang mempunyai dimensi panjang telapak tangan yang kecil bisa menggunakan kemasan tersebut. Rata-rata ($\bar{X}$) dan simpangan baku (σ) yang dipergunakan adalah rerata dari rata-rata dimensi telapak tangan kanan dan kiri.

$$P5 = \bar{X} - 1,64 \sigma$$

$$P5 = 8,66 - (1,64 \times 0,65)$$

$$P5 = 7,58 \text{ cm}$$

5. Ukuran ergonomi untuk kemasan terasi yaitu 7,58 cm terdapat pada Gambar 4.4.

7,58 cm



Gambar 4.4. Desain Kemasan Terasi Ergonomis

4.3 Perancangan Fasilitas

Perancangan fasilitas dipergunakan agar manusia nyaman dalam bekerja nyaman (Andriani, 2019). Studi kasus untuk contoh dalam perancangan fasilitas adalah perancangan troli. Perancangan troli dilakukan untuk meminimalisir keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) pada pekerjaan membawa adonan kerupuk. Langkah-langkah yang dilakukan :

1. Menentukan dimensi yang dipergunakan untuk merancang fasilitas kerja.

Dimensi yang dipergunakan dalam merancang troli ada 5 dimensi. Dimensi dan kegunaannya untuk fasilitas kerja terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Dimensi dan Kegunaannya

Dimensi	Gambar Dimensi	Kegunaan untuk Fasilitas Kerja
Jangkauan Tangan Ke Depan		Lebar Troli
Tinggi Siku Berdiri		Tinggi Pegangan Troli
Tinggi Lutut Berdiri		Tinggi Dasar Troli

Dimensi	Gambar Dimensi	Kegunaan untuk Fasilitas Kerja
Panjang Lengan Bawah		Tinggi Pegangan Troli ke Tinggi Troli

Sumber : Pengolahan Data

2. Melakukan pengukuran dimensi dengan Manusia sebagai sampelnya.
Pengukuran dilakukan dengan sampel berjumlah 8 operator Laki-laki.
3. Melakukan uji statistik untuk melihat data yang dipergunakan telah cukup dan seragam.
 - Uji Kecukupan Data
Pada uji kecukupan data untuk troli juga menggunakan tingkat kepercayaan 95% dengan derajat ketelitian (s) sebesar 0,05 dan tingkat keyakinan (k) sebesar 2, sehingga didapatkan nilai k/s nya 40. Contoh dimensi yang dipergunakan adalah dimensi tinggi siku berdiri, terdapat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Dimensi Tinggi Siku Berdiri

Operator	X_i	X^2	$(X_i - \bar{X})^2$
1	108	11664	0,25
2	108	11664	0,25
3	107	11449	0,25
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
7	107	11449	0,25
8	106	11236	2,25
Σ	860	92456	6,00

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 4.4. menunjukkan dari delapan operator dengan jumlah 860 operator

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \cdot \sum x^2 - [\sum xi]^2}}{\sum xi} \right]^2$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{8 \cdot (92456) - [860]^2}}{860} \right]^2$$

$$N' = 1 \text{ cm}$$

Hasil uji kecukupan data dimensi panjang tangan kanan menunjukkan bahwa $N' < N$ atau $1 < 8$, berarti seluruh data dikatakan "**cukup**" digunakan untuk pengumpulan data.

- Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan hanya untuk dimensi tinggi siku berdiri

Menentukan mean ($\bar{X}$)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

$$= \frac{860}{8}$$

$$= 107,50$$

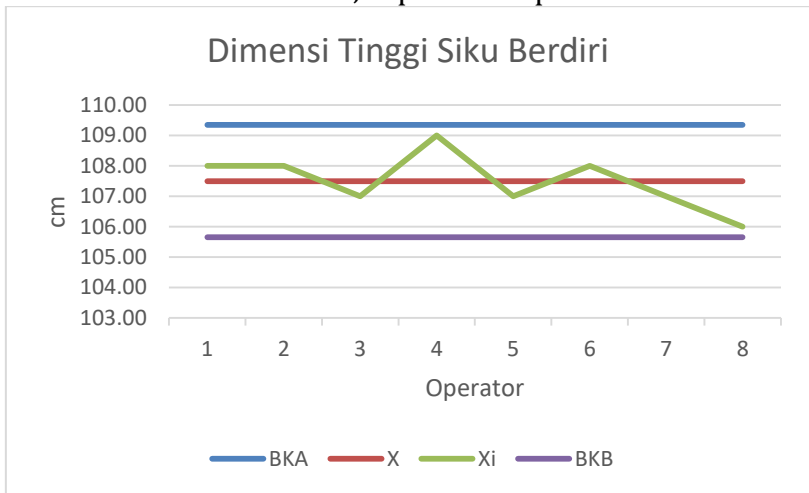
Menentukan simpangan baku (σ)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{6,00}{8-1}}$$

$$\sigma = 0,93$$

Uji keseragaman data dilihat dari seluruh data (X_i) berada diantara BKA dan BKB, dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Uji Keseragaman Dimensi Tinggi Siku Berdiri
Sumber : (Andriani *et al*, 2018)

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa seluruh data untuk dimensi tinggi siku berdiri seragam dibuktikan dengan seluruh data berada diantara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).

4. Penentuan ukuran (dimensi) fasilitas kerja (troli) dengan menggunakan persentil.

Penentuan persentil berbeda setiap dimensi, yaitu dimensi jangkauan tangan ke depan menggunakan persentil 5 (P5) dengan alasan agar operator yang mempunyai tangan pendek dapat menjangkau ujung lebar troli, dimensi tinggi siku berdiri menggunakan persentil 95 (P95) dengan alasan operator yang mempunyai badan yang besar tidak membungkuk saat membawa troli, dimensi tinggi lutut berdiri menggunakan persentil 95 (P95) dengan alasan sama dengan dimensi tinggi siku berdiri, dimensi panjang lengan bawah menggunakan persentil 50 (P50) dengan alasan agar operator yang berbadan pendek dan sedang tidak terlalu susah memegang pegangan troli.

Langkah perhitungan persentil hanya untuk dimensi tinggi siku berdiri.

$$P95 = \bar{X} - 1,64 \sigma$$

$$P95 = 107,50 - (1,64 \times 0,93)$$

$$P95 = 109,02 \text{ cm}$$

Persentil untuk dimensi yang lain dapat dilihat pada rekapitulasi Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Persentil

No.	Dimensi	P5 (cm)	P50 (cm)	P95 (cm)
1.	Jangkauan tangan ke depan	75,53	76,75	77,97
2.	Tinggi siku berdiri	105,58	107,50	109,02
3.	Tinggi lutut berdiri	45,87	47,38	48,88
4.	Panjang lengan bawah	26,15	27,38	28,60

Sumber : (Andriani *et al.*, 2018)

Tabel 4.5. menunjukkan bahwa merancang troli diperlukan persentil yang berbeda yang disesuaikan dengan kebutuhan operator, seperti untuk dimensi tinggi siku berdiri dipergunakan persentil 95 dengan ukuran ergonomisnya 109,02 cm.

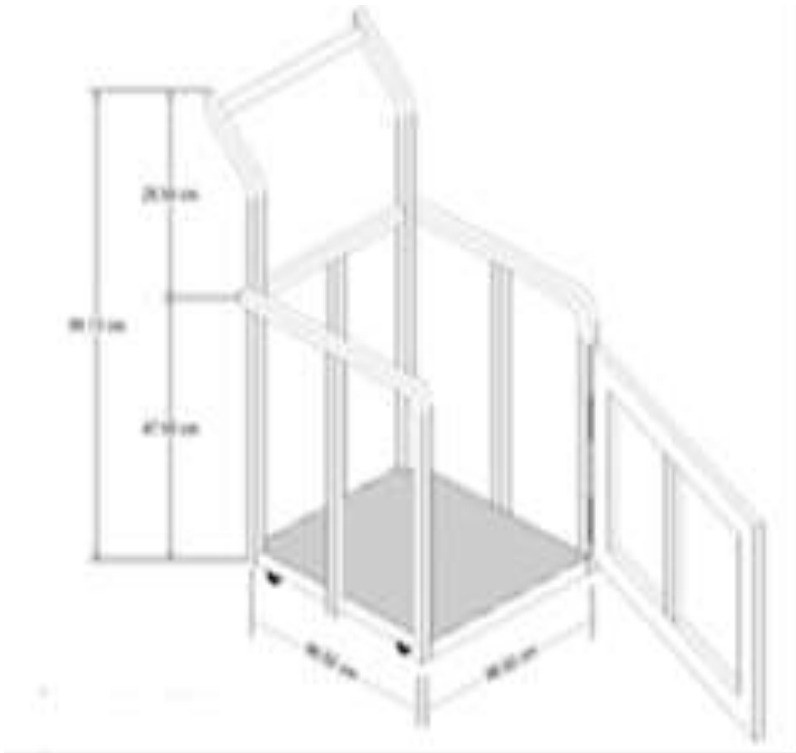
5. Ukuran ergonomi untuk fasilitas kerja (troli) terdapat pada Tabel 4.6. dan Gambar 4.6.

Tabel 4.6. Ukuran Ergonomis Troli

No.	Dimensi Troli	Ukuran Ergonomis (cm)
1.	Lebar Troli	75,53
2.	Tinggi Pegangan Troli	109,02
3.	Tinggi Dasar Troli	48,88
4.	Tinggi Pegangan Troli ke Tinggi Troli	27,38

Sumber : Pengolahan Data

Tabel 4.6. menunjukkan bahwa ukuran ergonomis berbeda setiap dimensi.



Gambar 4.6. Gambar Troli Ergonomis

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, M. *et al.* 2018. 'Application of Anthropometry to Overcome Musculoskeletal Problems', *Journal of Physics: Conference Series*, 1114(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1114/1/012008>.
- Andriani, M. 2019. 'Anthropometry application of students in the design of campus tables and chairs', in *Journal of Physics: Conference Series*. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1375/1/012049>.
- Andriani, M. *et al.* 2020. 'An Anthropometric Study of Head for Designing Ergonomic Helmet for Acehnese Adults', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 722(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/722/1/012033>.
- Andriani, M. and Syntia, R. 2020. 'The Impact of Anthropometry on Terasi Packaging', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 854(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/854/1/012026>.
- Hidayat, H. 2022. 'Redesign of Sewing Operator Seat Using Reverse Engineering Method', *International Journal of Science, Engineering and Information Technology*, 6(2), pp. 291–295. Available at: <https://doi.org/10.21107/ijseit.v6i2.14293>.
- Tarwaka, Bakri, S.H. and Sudiajeng, L. 2004. *Ergonomi*.

BAB 5

MACAM-MACAM GERAKAN DASAR DALAM BERBAGAI AKTIVITAS KERJA

Oleh Desto Jumeno

5.1 Pendahuluan

Sebagai suatu bidang ilmu yang menjadikan pekerjaan sebagai suatu objek studi, pengetahuan ergonomi mengenai gerakan dasar merupakan satu hal yang utama. Hal ini, dikarenakan bahwa pekerjaan yang dilakukan oleh seseorang pasti terdiri dari sejumlah gerakan. Gerakan yang dilakukan oleh seseorang pada suatu pekerjaan ini bisa jadi juga terdapat pada pekerjaan lain. Sebagai contoh, orang yang memasang sekrup menggunakan obeng, pasti ada elemen gerakan menjangkau obeng, lalu memegangnya, lalu membawanya, dan lalu menggunakan obeng tersebut. Contoh lainnya, saat akan menandatangani sebuah dokumen, seseorang juga akan menjangkau pulpen, lalu memegangnya, lalu membawa pulpen tersebut, dan lalu menggunakan pulpen tersebut. Dari kedua contoh tersebut kita bisa lihat bahwa kedua pekerjaan yang berbeda ternyata memiliki sejumlah gerakan yang sama, hanya mungkin frekuensi, atau durasi atau ada elemen lain yang membedakannya. Demikianlah, semua pekerjaan manual memanglah terdiri dari sejumlah kecil gerakan dasar yang dilakukan secara berulang-ulang (Barnes, 1980).

5.2 Tujuan Studi Gerakan Dasar

Dengan menguasai gerakan dasar, seorang insan teknik industri akan mampu melakukan berbagai hal di bidangnya seperti:

- a. Melakukan perbaikan metode kerja
- b. Membuat perencanaan dan penjadwalan
- c. Meningkatkan efisiensi
- d. Meningkatkan keselamatan kerja

Metode kerja yang dilakukan oleh seorang operator ada kalanya sudah bagus. Namun, tidak jarang pula masih terdapat gerakan-gerakan yang tidak diperlukan, sehingga pekerjaannya menjadi tidak efisien, lama, atau bahkan ada gerakan yang bisa menyebabkan kelelahan atau malah mencelakakan operator tersebut. Karena itu dengan melakukan studi gerakan dasar terhadap suatu pekerjaan diharapkan agar gerakan-gerakan yang tidak perlu dapat dikurangi atau dihilangkan (Sutalaksana dkk, 2006). Dengan demikian maka akan dapat dihemat pula waktu, tenaga dan biaya yang diperlukan untuk melakukan suatu pekerjaan tersebut.

5.3 Klasifikasi Aktivitas Kerja

Pada umumnya, pada setiap pekerjaan terdiri dari sejumlah aktivitas. Namun demikian, tidak setiap aktivitas akan selalu ada pada suatu pekerjaan. Aktivitas kerja dapat diklasifikasikan menjadi 5, yaitu:

1. Operasi

Operasi adalah aktivitas kerja yang paling utama dan paling penting, sebab melalui operasi dilakukan penambahan nilai pada suatu material dengan cara mengubah sifat fisik atau kimiawi material tersebut. Misalnya menempa besi sehingga menjadi pisau, mencetak karet sehingga menjadi

ban, menulis dokumen sehingga menjadi sebuah artikel, dan lain sebagainya.

Suatu operasi bisa saja melibatkan satu operator, dan bisa saja melibatkan dua operator atau lebih yang bekerja secara tim. Satu orang operator dalam melakukan operasi bisa saja dilakukan dengan tanpa alat atau mesin, menggunakan satu alat atau mesin, dan bisa pula menggunakan beberapa alat atau mesin sekaligus. Demikian pula operasi yang dilakukan oleh suatu tim, bisa saja tanpa bantuan mesin, dengan bantuan satu mesin, atau melibatkan beberapa buah mesin.

Suatu operasi tentu saja memakan waktu tertentu. Operasi yang sederhana memakan waktu yang singkat, mulai dari beberapa detik hingga 1-2 menit, sedangkan operasi yang rumit atau berulang bisa memakan waktu yang lama, hingga puluhan menit atau berjam-jam.

2. Transportasi

Transportasi dilakukan ketika kita memindahkan material atau barang yang sedang diproses, atau produk yang sudah jadi, dari satu tempat ke tempat lain. Misalnya memindahkan material dari gudang penyimpanannya ke stasiun kerja pemotongan, atau memindahkan barang setengah jadi yang telah dipotong dan dihaluskan ke stasiun kerja pengecatan, dan sebagainya. Aktivitas transportasi dilakukan apabila dua atau lebih aktivitas operasi tidak dapat dilakukan pada satu lokasi yang sama. Semakin jauh jarak dari satu lokasi ke lokasi yang lain, semakin lama waktu yang diperlukan, bahan bakar yang terpakai, atau semakin banyak alat angkut yang diperlukan. Karena itu, meminimalkan aktivitas transportasi dengan memperpendek jarak perpindahan adalah suatu hal yang bijaksana, karena tentunya akan meminimalkan total ongkos.

Aktivitas transportasi bisa dilakukan secara manual, menggunakan kereta dorong, atau bisa juga menggunakan mesin seperti forklift, belt conveyor, overhead crane, dan sebagainya. Penggunaan alat transportasi akan mengurangi tenaga yang dikeluarkan, tetapi tentunya pengadaannya membutuhkan biaya yang tidak sedikit.

Penggunaan alat transportasi tertentu juga membutuhkan penambahan area untuk pergerakan alat transportasi tersebut. Kereta dorong atau forklift misalnya membutuhkan area untuk berputar, selain jalan yang akan dilewatinya.

3. Inspeksi

Inspeksi adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengetahui apakah material yang akan diproses atau produk yang dibuat memenuhi spesifikasi yang diinginkan, apakah ada cacat atau ketidaksesuaian pada material atau produk tersebut atau tidak. Jika material tidak memenuhi spesifikasi yang diperlukan misalnya, tentu tidak ada gunanya kita lanjutkan untuk proses berikutnya. Begitu pula produk yang tidak memenuhi spesifikasi tentu juga malah akan menurunkan kredibilitas atau nama baik perusahaan, karena berkualitas rendah.

Aktivitas inspeksi dilakukan dengan berbagai cara, ada yang dengan visual sederhana, dengan perabaan, dicium baunya, dirasa dengan lidah, diketuk-ketuk sehingga terdengar bunyinya, atau bisa juga dengan menggunakan alat atau mesin tertentu. Inspeksi ada yang bersifat merusak atau destruktif dan ada juga yang tidak bersifat merusak.

Inspeksi bisa dilakukan terhadap setiap unit produk, dan bisa juga terhadap sejumlah sampel. Operasi yang bersifat destruktif misalnya tentu tidak logis apabila dilakukan terhadap setiap unit produk.

Aktivitas inspeksi sebenarnya tidak menambah nilai pada produk. Tapi tanpa adanya inspeksi, kita tidak tahu apakah produk kita sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan atau tidak. Di sisi lain, karena inspeksi mengorbankan waktu, tenaga dan biaya, tetapi tidak menambah nilai, tentu jumlahnya perlu diminimalkan.

4. Penundaan

Penundaan atau *delay* adalah aktivitas yang tidak dikehendaki, karena aktivitas ini memakan waktu tapi tidak memberi nilai tambah. Material menunggu diangkut dari gudang ke stasiun kerja pemotongan karena forkliftnya belum tersedia, material menunggu operasi tertentu karena mesinnya sedang sibuk menyelesaikan produk sebelumnya, atau produk menunggu jumlah yang cukup untuk diangkut, ini semua adalah contoh-contoh penundaan. Berdasarkan contoh-contoh tersebut, kita bisa melihat bahwa ada penundaan yang bisa dihindarkan (*avoidable*) dan ada yang tidak bisa dihindarkan (*unavoidable*). *Avoidable delay* sedapat mungkin harus dihilangkan, sedangkan *unavoidable delay* sedapat mungkin diminimalkan.

5. Penyimpanan

Penyimpanan atau *storage* adalah aktivitas yang diperlukan agar operasi dapat dilakukan terus secara lancar. Penyimpanan dilakukan terhadap material, terhadap barang yang sedang dalam proses (disebut sebagai *work in process inventory*), dan terhadap produk jadi sebelum dibawa ke konsumen. Penyimpanan menimbulkan ongkos, karena aktivitas ini memerlukan tempat, membutuhkan peralatan, dan beberapa material atau produk tertentu membutuhkan kondisi lingkungan tertentu. Es krim misalnya membutuhkan tempat

penyimpanan bersuhu rendah. Kain dan kertas membutuhkan tempat yang kering dan tidak lembab. Karena di satu sisi diperlukan, sedangkan di sisi lain membutuhkan ongkos, maka logis apabila aktivitas ini perlu diminimalkan.

Tabel 5.1. Lambang Aktivitas Kerja

No	Aktivitas	Lambang
1	Operasi	
2	Transportasi	
3	Inspeksi	
4	Delay	
5	Storage	
6	Aktivitas Gabungan	

5.4 Gerakan Dasar

Gerakan dasar adalah gerakan yang selalu ada pada setiap aktivitas, baik itu operasi, transportasi, ataupun inspeksi. Gerakan dasar telah diteliti sejak lama oleh Frank Gilbreth melalui *motion study*-nya. Gilbreth kemudian menyimpulkan bahwa gerakan dasar yang ada semuanya berjumlah 17 buah, yang ia namai sebagai *therblig*. Ke-17 therblig ini dapat dilihat pada Tabel 5.2. Lambang untuk ke-17 therblig juga disediakan, karena lambang-lambang ini mungkin diperlukan saat insan Teknik Industri ingin menggunakannya dalam membuat peta-peta kerja atau *work chart*.

Tabel 5.2. Gerakan Dasar atau Therblig dan Lambangnya

No	Gerakan Dasar	Lambang	
1	Menjangkau (Reach)	RE	
2	Memegang (Grasp)	G	
3	Membawa (Move)	M	
4	Memegang untuk memakai (Hold)	H	
5	Mencari (Search)	SH	
6	Memilih (Select)	ST	
7	Melepas (Release Load)	RL	
8	Mengarahkan (Position)	P	
9	Mengarahkan sementara (Pre Position)	PP	
10	Merakit (Assemble)	A	
11	Melepas Rakit (Disassemble)	DA	
12	Memakai (Use)	U	
13	Kelambatan yang dapat dihindarkan (Avoidable Delay)	AD	
14	Kelambatan yang tidak dapat dihindarkan (Unavoidable delay)	UD	
15	Merencanakan (Plan)	Pa	
16	Memeriksa (Inspection)	I	
17	Istirahat untuk menghilangkan lelah (Rest to overcome fatigue)	R	

Sumber: Niebel (1982)

Dari ke-17 therblig atau gerakan dasar ini, dapat dibedakan menjadi gerakan yang efektif (*effective therblig*) dan gerakan yang tidak efektif (*ineffective therblig*).

5.4.1 Gerakan yang Efektif

Gerakan yang efektif adalah gerakan yang memberikan nilai tambah pada pencapaian tujuan suatu operasi. Dari ke-17 therblig, terdapat 9 therblig yang efektif, yaitu :

1. Menjangkau atau Reach

Menjangkau adalah gerakan tangan berpindah dari suatu tempat menuju suatu objek. Gerakan ini biasanya diikuti dengan gerakan memegang. Gerakan ini biasanya selalu ada pada setiap pekerjaan manual, sehingga sulit untuk dihilangkan. Usaha efisiensi yang mungkin adalah mengurangi jarak gerakan, dengan penempatan urutan gerakan yang benar dan posisi objek yang dekat.

2. Memegang atau Grasp

Pada setiap pekerjaan yang menggunakan alat atau memanipulasi objek, gerakan memegang selalu ada, apakah itu memegang alat atau memegang bahan atau memegang produk. Gerakan memegang biasanya didahului oleh gerakan menjangkau dan diikuti dengan gerakan membawa. Gerakan memegang cukup bervariasi, tergantung pada bentuk dan ukuran objek yang dipegang (Jumeno, 2007), antara lain : pinch grip untuk memegang benda-benda kecil seperti anak kunci atau pensil, lateral grip saat kita memegang kartu ktp atau atm, hook grip saat kita memegang tangkai koper atau tas, spherical grip saat kita memegang bola pingpong atau bola tenis, dan cylindrical grip atau power grip saat kita memegang raket bulu tangkis, tongkat dan sejenisnya. Tipe-tipe pemegangan ini dapat dilihat pada Gambar 5.1



pinch



lateral



hook



spherical



power

Gambar 5.1. Tipe-tipe pemegangan

3. Membawa atau Move

Membawa merupakan gerakan perpindahan tangan dari suatu lokasi ke lokasi lain dalam keadaan terbebani atau memegang suatu benda. Gerakan membawa biasanya didahului oleh gerakan memegang dan diakhiri dengan gerakan melepaskan atau mengarahkan.

4. Memakai atau Use

Memakai adalah gerakan menggunakan satu atau dua tangan untuk memanipulasi alat sesuai kegunaannya. Gerakan ini dimulai dengan mengarahkan alat dan biasanya diakhiri dengan membawa alat tersebut menjauhi objek pengenaannya. Misalnya memutar obeng untuk mengencangkan sekrup dimulai dengan mengarahkan obeng pada sekrup lalu setelah sekrup kencang obeng

dibawa menjauhi posisi sekrup tadi. Contoh gerakan memakai ditunjukkan pada Gambar 5.2 dimana seorang pekerja sedang memakai gerinda untuk menghaluskan sebuah sudut benda kerja.



Gambar 5.2. Memakai
Sumber : ginkalilah.weebly.com

5. Melepas atau Release Load

Melepas adalah gerakan seorang operator melepaskan suatu objek dari pegangannya. Misalnya setelah obeng tadi dibawa menjauhi sekrup lalu dilepas di tempat penyimpanannya.

6. Merakit atau Assemble

Merakit adalah gerakan menggabungkan satu objek dengan objek yang lain, sehingga kedua objek tersebut menjadi satu kesatuan. Contohnya adalah merakit sebuah CPU komputer dengan motherboardnya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Merakit

Sumber : <https://www.youtube.com/watch?v=PiS3K-p4Byeo>

7. Melepas rakit atau Disassemble
Melepas rakit adalah gerakan memisahkan satu bagian objek dari kesatuannya.
8. Istirahat untuk melepas lelah atau Rest
Istirahat adalah kelonggaran yang diberikan kepada pekerja supaya ia dapat memulihkan dirinya dari rasa lelah. Istirahat dimulai saat seorang pekerja berhenti dan selesai saat ia memulai pekerjaannya kembali.

5.4.2 Gerakan yang Tak Efektif

Gerakan yang tak efektif juga sering kita temui pada pekerjaan. Gerakan yang tak efektif sebenarnya tidak kita perlukan untuk mencapai tujuan dari suatu aktivitas, tapi bisa ada karena sebab tertentu. Gerakan dasar yang tak efektif antara lain :

1. Mencari atau search

Mencari adalah gerakan seorang pekerja untuk menentukan lokasi objek. Mencari merupakan gerakan yang tidak efektif, karena itu sedapat mungkin dihilangkan. Misalnya dengan menempatkan objek pada tempat yang mudah dikenali atau diingat.

2. Memilih atau select

Memilih adalah gerakan pekerja dalam menentukan objek yang tercampur dengan objek lainnya. Memilih juga merupakan gerakan yang tidak efektif, karena itu sebisa mungkin dihilangkan. Jika objek tidak tercampur karena sudah diletakkan pada tempat tersendiri, tentu gerakan memilih tidak diperlukan lagi.

3. Memegang untuk memakai atau hold

Memegang untuk memakai artinya memegang suatu obyek tanpa menggerakkan objek yang dipegang tersebut. Misalnya saat memasang tutup botol, tangan kiri memegang botol tanpa menggerakkannya, sedangkan pada saat yang sama tangan kanan memutar tutup botol tersebut sampai kencang. Gerakan memegang untuk memakai merupakan gerakan yang tidak efektif, karena itu sedapatnya dihilangkan.

4. Mengarahkan

Mengarahkan adalah gerakan menempatkan suatu objek pada suatu lokasi tertentu. Mengarahkan biasanya didahului dengan gerakan membawa lalu diikuti dengan gerakan merakit. Gerakan mengarahkan ini merupakan gerakan yang tidak efektif dan perlu dihilangkan, misalnya dengan membuat jalur pengarah, dan memastikan lokasi objek secara teratur, sehingga gerakan mengarahkan tidak diperlukan lagi.

5. Mengarahkan sementara atau pre-position
Mengarahkan sementara artinya menempatkan suatu objek pada tempat sementara, atau menempatkan suatu objek pada tempat tetapnya untuk gerakan-gerakan selanjutnya. Misalnya menempatkan pulpen di suatu sudut halaman dokumen untuk selanjutnya digunakan menandatangani dokumen. Gerakan ini termasuk gerakan yang tidak efektif, karena itu perlu dihilangkan.
6. Kelambatan yang dapat dihindarkan
Kelambatan yang dapat dihindarkan adalah kelambatan dimana operator dapat mempertanggung jawabkannya dan dapat mengendalikan hal tersebut. Jika menginginkannya, operator dapat menghindari kelambatan ini. Misalnya operator menghentikan seluruh gerakan tangannya.
7. Kelambatan yang tidak dapat dihindarkan
Kelambatan yang tidak terhindarkan adalah kelambatan yang berada di luar kendali operator. Misalnya kelambatan karena listrik tiba-tiba padam, pahat patah, material pecah, dan sebagainya. Meskipun tak terhindarkan, gerakan ini juga masih bisa dieliminasi dengan berbagai cara, misalnya menyediakan baterai atau generator cadangan untuk mengatasi listrik yang padam, perawatan peralatan secara berkala, dan sebagainya.
8. Merencanakan
Merencanakan adalah reaksi mental yang mendahului suatu gerakan, memutuskan tindakan apa yang akan dilakukan berikutnya. Misalnya seorang operator memikirkan bagian mana yang selanjutnya akan dirakit dari sebuah produk yang kompleks. Gerakan ini tentunya tidak efektif, karena itu sedapat mungkin dihilangkan. Misalnya dengan membuat diagram perakitan untuk contoh di atas, melakukan pelatihan untuk operator yang belum mahir, dan seterusnya.

9. Memeriksa atau Inspection

Memeriksa adalah gerakan dasar untuk mengetahui apakah suatu objek memenuhi syarat atau standard tertentu seperti dimensi, warna, bentuk atau ukuran lainnya.

5.5 Perbaikan Metode Kerja

Perbaikan metode kerja sangat penting, karena dapat meningkatkan produktivitas kerja dan mengurangi waktu dan tenaga yang diperlukan.

Berikut sejumlah cara untuk memperbaiki metode kerja:

1. Menghilangkan elemen gerakan dasar yang tidak efektif.
2. Menggabungkan elemen gerakan dasar yang tidak efektif dengan gerakan dasar yang efektif.
3. Mengurangi jarak gerakan dan waktu gerakan, misalnya dengan menyusun kembali tata letak tempat kerja.
4. Menstandarkan gerakan

Untuk memperbaiki metode kerja, sedapat mungkin dilakukan dengan menghilangkan gerakan dasar yang tidak efektif, karena tentunya akan memakan waktu dan tenaga. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan analisis operasi dan studi gerakan (Niebel, 1982).

Namun, ada kalanya hal ini tidak bisa dilakukan. Jika itu terjadi, maka gabungkan gerakan dasar yang tidak efektif itu dengan gerakan dasar yang efektif, sehingga bisa menghemat waktu dan tenaga.

Cara ketiga adalah mengurangi jarak atau waktu gerakan. Gerakan dasar yang efektif yang tidak dapat dihindarkan dapat disederhanakan dengan cara mengurangi jarak gerakan dan waktu gerakannya. Semakin pendek jarak gerakan tentu akan mempersingkat waktu gerakan. Cara keempat adalah dengan membuat standarisasi metode kerja. Buatlah dokumentasi mengenai layout tempat kerja,

urutan gerakan, jarak yang ditempuh, waktu yang diperlukan untuk setiap gerakan, alat yang digunakan, material yang digunakan, dan beberapa kondisi lainnya. Cara ini akan mengurangi kebutuhan akan gerakan perencanaan, mencari, memilih pada saat diperlukan metode kerja yang sama pada lain kesempatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, Ralph M. 1980. *Motion and Time Study Design and Measurement of Work*. Seventh Edition. New York: John Wiley & Sons.
- Sutalaksana, I., Anggawisastra, R., Tjakraatmadja, J.H., 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Edisi Kedua. Bandung: Penerbit ITB.
- Jumeno, Desto. 2007. Perancangan Tangan Buatan Berteknologi Robot untuk Penyandang Cacat. Tesis ITB.
- Niebel, Benjamin W. 1982. *Motion and Time Study*. Seventh Edition. Illinois: Richard D. Irwin Inc.

BAB 6

EKONOMI GERAKAN

Oleh Herman

6.1 Definisi

Menurut *British Standards Glossary of Terms in Work Study* kemudian dikembangkan oleh Frank Gilbreth sebagai pendiri studi Gerakan bahwa Ekonomi Gerakan dapat disebut karakteristik gerakan yang mudah (Zadry, Raimona *et al.*, 2015), (Iridiastadi and Yassierli, 2014) dan (Lehto and Buck, 2008). Ekonomi gerak sangat erat hubungan dengan produktivitas yang dapat menghasilkan dan dapat meningkatkan capaian sesuatu apa yang telah direncanakan oleh kelompok perusahaan/industri. Ekonomi Gerak juga bisa diwujudkan (konfigurasi) dalam perancangan tempat kerja yang sesuai dengan produk yang akan di produksi atau sesuatu yang akan dikerjakan.



Gambar 6.1. Frank Bunker Gilberth
(Sumber :Life, 2018)

Frank Gilbreth diakui sebagai pelopor bidang manajemen ilmiah, kemudian dipopulerkan oleh FW Taylor dan disempurnakan oleh Barnes, 2009 (dalam bukunya *Motion and Time Study: Design and Measurement of Work*, dimana penghematan gerak membantu mencapai produktivitas dan mengurangi Trauma Kumulatif di stasiun kerja atau tingkat sub-mikro. Prinsip Ekonomi Gerak juga dapat menghilangkan gerakan yang sia-sia atau Gerakan yang dianggap tidak perlu, selain itu juga dapat memudahkan tugas operator, mengurangi kelelahan dan meminimalkan trauma yang berlebihan seperti *Carpal Tunnel* dan *Tendonitis* Spesialis Ekonomi Gerak juga membuat dalam perencanaan yang terdiri dari gerakan bagian tubuh yang mendasar dan ekonomis dari sudut pandang keahlian ekonomi gerak (Lumbantobing *et al.*, 2018). Salah satu tugas-tugas yang termasuk dalam ruang lingkup ekonomi gerak dapat diklasifikasikan sebagai operasi kegiatan secara manual yang membutuhkan penggunaan alat atau perkakas untuk penyelesaiannya, operasi manual menggunakan bagian tubuh selain lengan dan tangan, seperti kaki atau badan. Operasi manual ini dapat terjadi dalam sistem produksi dalam industri manufaktur maupun dalam kehidupan sehari-hari (Wibowo, 2015).

6.2 Studi Gerakan Untuk Menganalisis Sistem Kerja

Motion Study lebih dikenal dengan sebuah gerakan yang dilakukan untuk menganalisis tentang gerakan-gerakan yang dilaksanakan oleh pekerja untuk menyelesaikan pekerjaannya (Bridger, 2003). Tujuan utama dari *motion study* ini adalah agar seluruh gerakan-gerakan yang diperoleh ini dapat dijadikan sebagai gerakan-gerakan standar yang akan diterapkan kedalam aktivitas bagi seseorang pekerja agar pekerjaan tersebut bisa dilaksanakan dengan efektif dan efisien. Kemudian untuk

mencapai semua itu diperlukan kegiatan untuk mengamati sebuah pekerjaan yang ada.

Awal mula yang dikembangkannya studi gerakan ini adalah Orang-orang yang sangat berjasa dalam mengembangkan studi gerakan ini adalah Frank dan Lillian Gilberth dimana Frank dan Lilian adalah pasangan suami isteri, kedua orang tersebut merupakan orang yang sangat berjasa dalam studi gerakan ini, bahkan studi gerakan ini berkembang bahkan sampai digunakan dan diterapkan dalam dunia perindustrian (Nurmianto, 2004). pengembangan yang dilakukan oleh Gilberth dengan memulai studi gerakan manual kemudian dilanjutkan mengembangkan dasar-dasar ekonomi gerakan, yang terus dianggap sebagai dasar utama studi ekonomi gerakan. Selain itu Gilberth juga berhasil mengembangkan atau menciptakan tentang teknik-teknik gerakan yang lebih detail yang lebih dikenal dengan studi gerakan mikro (berguna dalam upaya mempelajari gerakan kerja manual yang cepat dan berulang). Frank dan Lillian Gilberth melakukan penelitian pada kegiatan pemasangan batu bata sehingga dapat menemukan dan membuat lambang-lambang gerakan yang dikenal dengan nama Therbligs (Iridiastadi and Yassierli, 2014). Elemen 17 Gerakan ini dapat dituangkan dalam perancangan sistem kerja dengan menggunakan peta tangan kiri dan kanan, didalam peta tersebut tergambarkan tentang adanya objek, aktivitas tangan kiri dan kanan, waktu serta lambang yang digunakan, Elemen gerakan therbligs ini terdiri dari 17 Elemen gerakan dan lambang secara lengkap ada pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Lambang dan Elemen 17 Gerakan

Nama Therbligs	Lambang Huruf	Kode Warna	Lambang Gambar
Mencari (<i>Search</i>)	SH	<i>Black</i>	
Memilih (<i>Select</i>)	SI	<i>Gray, Light</i>	
Memegang (<i>Grasp</i>)	G	<i>Lake Red</i>	
Menjangkau (<i>Reach</i>)	Te	<i>Olive Green</i>	
Membawa (<i>Move</i>)	TL	<i>Green</i>	
Memegang untuk memakai (<i>Hold</i>)	H	<i>Gold Orchre</i>	
Melepas (<i>Release Load</i>)	RL	<i>Carmine Red</i>	
Pengarahan (<i>Position</i>)	P	<i>Blue</i>	
Pengarah sementara (<i>Preposition</i>)	PP	<i>Sky Blue</i>	
Memeriksa (<i>Inspection</i>)	I	<i>Burn Orchre</i>	
Merakit (<i>Assembly</i>)	A	<i>Violet Heavy</i>	
Lepas rakit (<i>Disassembly</i>)	DA	<i>Violet</i>	
Memakai (<i>Use</i>)	U	<i>Purple</i>	

Nama Therbligs	Lambang Huruf	Kode Warna	Lambang Gambar
Kelambatan yang tak dapat dihindarkan (<i>Unavoidable Delay</i>)	UD	<i>Yellow</i> <i>Orchre</i>	
Kelambatan yang bisa dihindarkan (<i>Avoidable Delay</i>)	AD	<i>Lemon</i> <i>Yellow</i>	
Merencanakan (<i>Plan</i>)	Pn	<i>Brown</i>	
Istirahat untuk menghilangkan (<i>Fatigue</i>)	R	<i>Orange</i>	

(Sumber: Pridias, 2018)

1. Mencari (*Search*)

Gerakan mencari merupakan gerak dasar pekerja untuk menemukan letak benda, anggota tubuh yang bergerak untuk mencari sesuatu adalah mata. Gerak ini dimulai saat mata bergerak mencari sesuatu dan berakhir saat benda tersebut ditemukan. Tujuan dari analisis Therblig adalah untuk menghilangkan sebanyak mungkin gerakan yang tidak perlu. Gerakan pencarian merupakan gerakan yang tidak efisien dan masih dapat dihindari, misalnya dengan menyimpan peralatan atau material pada lokasi yang tetap sehingga proses pencarian didapatkan



Gambar 6.2. Pekerja sedang mencari dokumen
(Sumber : Foto Pribadi)

Efesiensi dalam mengurangi mencari-cari objek maka seseorang perancang sistem kerja perlu memberikan ciri-ciri benda atau barang akan dicari agar lebih mudah dalam pencariannya seperti:

- Memberikan ciri-ciri pada objek yang akan dicari
- Diatur Layout tempat pencarian
- Mudah untuk dilihat
- Berikan Pencahayaan yang baik
- Tetapkan tempat objeknya

2. Memilih

Gerakan memilih merupakan elemen kerja untuk menentukan objek yang ada diantara objek yang seragam atau sama, gerakan ini dimulai dengan koordinasi antara tangan dan mata dalam memilih suatu benda. Seperti pada Gambar 6.3 dibawah ini:



Gambar 6.3. Gerakan seseorang Sedang Memilih Mouse
(Sumber : Foto Pribadi)

3. Memegang (*Grasp*)
Elemen memegang adalah sebuah gerakan untuk memegang suatu benda, elemen ini biasanya selalu didahului oleh sebuah gerakan menjangkau kemudian dilanjutkan dengan sebuah gerakan membawa.
4. Menjangkau/Membawa Tanpa Beban (*Transport Empty*)
Elemen tangan berpindah tempat tanpa beban, baik elemen mendekati maupun menjauhi objek. Elemen ini dikelompokkan sebagai elemen Therblig yang akan selalu ada dalam suatu siklus kerja. Kekurangan elemen ini dapat diperbaiki dengan mengurangi ruang jangkauan yang harus dicapai pekerja.
5. Membawa dengan beban (*Transport Loaded*)
Elemen gerakan membawa dengan beban yaitu gerakan berpindahnya tangan dan sambil membawa, dalam elemen gerakan ini hanya tangan berpindah dalam kondisi

membawa objek. Gerakan ini dimulai dengan cara menjangkau dan berakhir dengan cara membawa objek. Indikator yang berpengaruh pada waktu elemen tersebut yaitu posisi awal dan akhir berpindahnya tangan, jenis gerakan dan beban yang harus dibawa.

6. Memegang untuk memakai (*Hold*)
Memegang untuk memakai diawali dengan tangan yang siap untuk menggunakan alat kerja dalam keadaan memegang objek sampai berhenti saat objek selesai dipakai.
7. Melepas (*Release Load*)
Elemen dimulai saat subjek melepaskan benda yang digenggam. Diawali saat subjek mulai membebaskan objek dari tangan dan diakhiri saat objek tidak disentuh.
8. Mengarahkan (*Position*)
Mengarahkan adalah elemen yang dimulai dengan gerakan mengambil dan dilanjutkan dengan elemen assembly. Gerakan ini tergolong tidak efektif, karena pada implementasi waktu yang digunakan dapat dipersingkat dengan menggunakan alat bantu.
9. Mengarahkan Sementara (*Pre-Position*)
Elemen ini dimulai dengan tangan yang diarahkan pada suatu benda, gerakan ini bersifat tidak tetap dan diakhiri pada saat pergerakan tangan sudah berhenti.
10. Pemeriksaan (*Inspect*)
Elemen pemeriksaan ini biasanya dimulai dengan mata kemudian dilanjutkan dengan gerakan tangan untuk memeriksa dan berakhir ketika berhenti melakukan

pemeriksaan, kegiatan ini juga biasanya dilakukan untuk memastikan apakah hasil sesuai dengan apa yang direncanakan.

11. Perakitan (*Assembly*)

Elemen ini difungsikan untuk menyatukan berbagai objek dalam satu kesatuan yang sama. Elemen ini harus digunakan dan tidak dapat ditiadakan atau diganti karena tergolong gerakan yang efektif.

12. Lepas Rakit (*Dissassemble/DA*)

Gerakan ini diawali dengan melepas semua komponen-komponen dari sampai sepenuhnya semua komponen terpisah dari ojeknya.

13. Memakai (*Use*)

Jika penggunaan satu tangan atau kedua tangan dipakai untuk memakai benda, maka gerakan memakai adalah sebuah elemen gerakan efektif Therblig dimana salah satu atau kedua tangan tersebut dimanfaatkan untuk memakai/mengontrol suatu alat untuk tujuan-tujuan tertentu ketika pekerjaan sedang berlangsung.

14. Keterlambatan yang tidak terhindarkan (*Unavoidable/UD*)

Keterlambatan disini maksudnya yaitu ketika seseorang pekerja mengalami keterlambatan yang diluar dari kemampuannya yang tidak bisa dikendalikan oleh pekerja. Kondisi ini diakibatkan oleh hal-hal diluar kontrol dari operator dan merupakan interupsi terhadap proses kerja yang sedang berlangsung.

15. Keterlambatan yang dapat dihindarkan (*Avoidable Delay/AD*)

Gerakan ini terjadi ketika adanya sebuah gerakan yang disebabkan keterlambatan yang dilakukan oleh pekerja selama waktu proses aktivitas berlangsung tanpa adanya sebab dari perihai yang lain yang dapat mempengaruhi proses aktivitas tersebut, kegiatan tersebut dapat menunjukkan bahwa situasinya bisa dikatakan tidak produktif.

16. Merencanakan (*Plan*)

Perencanaan ini adalah proses mental di mana pengguna memutuskan tindakan selanjutnya. Elemen ini adalah proses mental di mana pengguna berhenti bekerja dan memikirkan tindakan apa yang harus diambil. Ini termasuk perawatan yang tidak efektif.

17. Istirahat untuk menghilangkan lelah

Hal ini terjadi di setiap siklus kerja, namun dari waktu ke waktu pemulihan dari kelelahan akibat kerja berbeda-beda, tidak hanya karena sifat pekerjaan tetapi juga karyawan. Unsur ini tidak terjadi pada setiap siklus kerja, tetapi terjadi secara periodik. Ini termasuk perawatan yang tidak efektif.

6.3 Prinsip-Prinsip Ekonomi Gerakan

Prinsip ekonomi gerak juga dapat membantu dalam desain kerja dalam mengurangi kelelahan manusia dan dalam meningkatkan efisiensi kerja. Menurut Barnes, 2009 dan Lehto and Buck, 2008 bahwa terdapat 3 Prinsip klasifikasi ekonomi gerak seperti berikut:

1. Prinsip ekonomi gerak yang terkait dengan penggunaan tubuh manusia

2. Prinsip ekonomi gerak terkait dengan penataan tempat kerja
3. Prinsip ekonomi gerak terkait dengan desain alat & perlengkapan

Demi mendapatkan hasil kerja yang baik maka tentu perlu perencanaan sistem kerja yang baik, hal ini penting karena sistem kerja harus dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan terwujudnya gerakan ekonomi. Maka diperlukan prinsip-prinsip ekonomi gerakan (Sutalaksana, 2006).

6.3.1 Prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan tubuh manusia dan gerakan-gerakannya

1. Pergerakan kedua tangan bersamaan pada saat memulai dan mengakhiri Gerakan

Prinsip pertama ini menyatakan bahwa kedua tangan harus digunakan sama banyaknya. Alasan ini karena kedua tangan memperkuat efektivitas kerja dan membantu meminimalkan waktu untuk tugas tertentu. Jika pekerjaan yang harus dilakukan tidak dapat dialokasikan secara merata di antara kedua tangan, maka metode tersebut harus memanfaatkan tangan terbaik pekerja. Untuk mengimplementasikan, kadang-kadang perlu merancang metode sehingga pekerjaan terbagi rata antara sisi kanan dan sisi kiri tempat kerja. kebanyakan orang menggunakan tangan sesuai dengan kebiasaannya masing-masing untuk menyelesaikan sebuah pekerjaan. kemudian penggunaan tangan ini juga kecenderungan tangan yang sering digunakan untuk melakukan aktivitas akan difungsikan untuk kegiatan pekerjaan ini sementara tangan yang satunya difungsikan untuk sebagai pembantu operasional seperti digunakan untuk memegang objek Prinsip pertama ini menyatakan bahwa kedua tangan harus digunakan sama banyaknya. Alasan ini karena kedua tangan memperkuat efektivitas kerja dan membantu meminimalkan

waktu untuk tugas tertentu. Untuk mengimplementasikan kadang-kadang perlu merancang metode sehingga pekerjaan terbagi rata antara sisi kanan dan sisi kiri tempat kerja.



Gambar 6.4. Pembagian Pekerjaan Penggunaan Tangan
(Sumber : Foto Pribadi)

Pembagian kerja ini seperti pada gambar diatas juga harus diatur menurut prinsip seperti pekerjaan harus dirancang untuk menekankan tangan pilihan pekerja tangan yang disukai lebih cepat, lebih kuat, dan lebih praktis. Jika pekerjaan yang harus dilakukan tidak dapat dialokasikan secara merata di antara kedua tangan, maka metode tersebut harus memanfaatkan tangan terbaik pekerja misalnya Misalnya, unit kerja harus memasuki tempat kerja di sisi tangan yang disukai pekerja dan keluar dari tempat kerja di sisi yang berlawanan. Alasannya adalah bahwa koordinasi tangan dan mata yang lebih besar diperlukan untuk memperoleh unit kerja pada awalnya, sehingga pekerja harus menggunakan tangan yang disukai untuk elemen ini. Melepaskan unit kerja di akhir siklus memerlukan koordinasi yang lebih sedikit untuk

mengimplementasikannya kadang-kadang perlu merancang metode sehingga pekerjaan terbagi rata antara sisi kanan dan sisi kiri tempat kerja.

2. Kedua tangan tidak menganggur pada saat yang bersamaan
Metode kerja diperlukan metode sistem kerja untuk menghindari terjadinya salah satu tangan yang menganggur maka diperlukan kedua tangan melakukan gerakan yang sama pada saat yang sama, konsentrasi yang dibutuhkan lebih sedikit daripada jika kedua tangan harus melakukan gerakan yang berbeda dan independen. Metode kerja harus dirancang untuk menghindari periode ketika tidak ada tangan yang bekerja. Mungkin tidak mungkin untuk sepenuhnya menyeimbangkan beban kerja antara tangan kanan dan kiri, tetapi harus dimungkinkan untuk menghindari kedua tangan menganggur pada saat yang bersamaan berikut ini adalah salah satu contoh pekerjaan tangan:



Gambar 6.5. Penggunaan Satu Tangan dan Kedua Tangan
(Sumber : Aska, 2022)

Jika kita lihat dari kedua gambar penggunaan tangan diatas maka gambar yang pertama menandakan bahwa tangan kanan tidak melakukan aktivitas artinya tangan kanan menganggur dan dapat mengakibatkan resiko dari pekerjaannya misalnya batu bata yang sudah terpasang sebelumnya bisa goyang atau

posisi batu bata tidak lurus sedangkan gambar yang kedua tangan kiri dan tangan kanan melakukan aktivitas dengan bersamaan dan metode ini lebih efektif dan dapat mengurangi resiko pekerjaan.

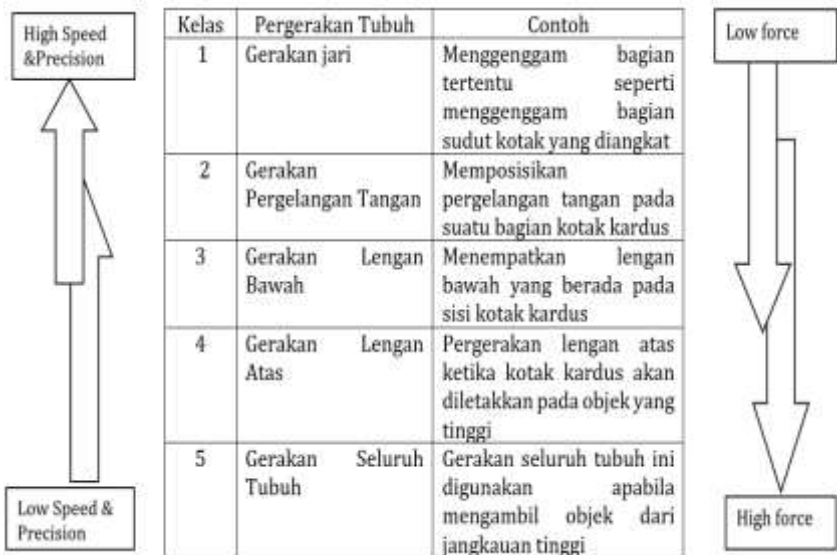
3. Gerakan lengan harus simetris dan dilakukan secara bersamaan
gerakan ini pekerja membutuhkan koordinasi antara tangan dengan mata yang karena kedua tangan melakukan gerakan yang sama pada saat yang sama, konsentrasi yang dibutuhkan lebih sedikit daripada jika kedua tangan harus melakukan gerakan yang berbeda dan independen.
4. Gerakan tangan dan tubuh sebaiknya dihemat
pergerakan tangan ini sangat diperlukan agar stamina tangan kita tetap terjaga untuk itu dengan menggerakkan tangan atau bagian badan yang diperlukan saja untuk melakukan pekerjaan dengan sebaik-baiknya, berikut ini adalah tabel gerakan tangan:

Tabel 6.2. Basic body motions

Class	Pivot	Body Parts Moved
1	Knuckle	Fingers(F)
2	Wrist	Hand (H)+ F
3	Elbow	Forearm(FA) + H+F
4	Shoulder	Upper arm (UA) + FA+H+F
5	Trunk	Torso + UA+FA+H+F



Gambar 6.6. Gerakan Mengangkat Kotak
(Sumber : Foto Pribadi)



Gambar 6.7. Gerakan Aktivitas Gerakan Tangan
(Sumber : Dokumen Pribadi)

5. Momentum harus digunakan untuk dapat membantu pekerja, tetapi perlu mengurangi seminimal mungkin bila ingin mengatasi usaha otot dalam tubuh manusia.

Momentum yang dimaksud disini dapat didefinisikan sebagai suatu benda beban massanya dikalikan dengan kecepatannya. contohnya dilingkungan pabrik

- Berat total yang dipindahkan oleh pekerja terdiri dari berat material yang dipindahkan
- Berat alat yang dipindahkan,
- Dan berat bagian tubuh yang dipindahkan.

Gerakan pekerja harus diatur sedemikian rupa sehingga pukulan dilakukan saat mencapai momentum terbesarnya, contohnya: Saat tukang kayu memukul paku dengan palu, maka tukang kayu tersebut harus menggunakan **momentum**, yang dapat didefinisikan sebagai massa dikalikan dengan kecepatan

6. Gerakan melengkung lebih efektif daripada gerak garis lurus yang melibatkan perubahan arah yang tajam dan tiba-tiba

Alasan di balik prinsip ini adalah urutan jalur garis lurus mencakup aksi mulai dan berhenti (percepatan dan perlambatan) yang menghabiskan waktu dan energi pekerja. Gerakan yang terdiri dari kurva kontinu mulus meminimalkan waktu yang hilang saat mulai dan berhenti. kemudian dibutuhkan waktu lebih sedikit untuk bergerak melalui urutan jalur melengkung yang mulus daripada melalui urutan jalur lurus yang berlawanan arah, walaupun jumlah jarak sebenarnya lebih panjang dari jalur melengkung (karena jarak terpendek antara dua titik adalah garis lurus).

7. Gerakan balistik akan lebih cepat, menyenangkan, dan lebih teliti daripada gerakan yang dikendalikan.

Gerakan balistik adalah gerakan cepat dan mudah yang disebabkan oleh kontraksi tunggal kelompok otot positif, tanpa ada kelompok otot antagonis yang berkontraksi untuk

melawannya. Pukulan balistik dapat diakhiri dengan kontraksi otot lawan, oleh rintangan, atau dengan hilangnya momentum gerakan, seperti mengayunkan palu godam

8. Pekerjaan perlu dirancang dengan mudah agar memungkinkan irama pekerjaan harus mengikuti irama bagi si pekerja secara alami

Ritme mengacu pada gerakan yang memiliki perulangan teratur dan mengalir dari satu gerakan ke gerakan berikutnya, ritme sangat penting untuk kelancaran dan kinerja otomatis dari operasi apa pun. Ritme, seperti urutan gerakan yang teratur dan seragam untuk membantu operator dalam melakukan pekerjaan. Tingkat pekerjaan yang seragam, mudah, dan merata dibantu oleh pengaturan tempat kerja, peralatan, dan bahan yang tepat. Urutan gerakan yang tepat membantu operator untuk membangun ritme yang membantu membuat pekerjaan menjadi serangkaian gerakan otomatis

9. Usahakan sedikit menggunakan mata.

Pekerjaan harus diatur sedemikian rupa supaya gerakan mata dapat mengarahkan pekerjaan secara efektif, selain itu juga fiksasi mata sesedikit mungkin dan sedekat mungkin. Dalam kondisi beraktivitas di mana diperlukan koordinasi antara tangan dan mata, mata dipakai untuk mengarahkan tindakan yang akan dilakukan oleh tangan.

6.3.2 Prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan pengaturan tata letak tempat kerja

1. Bahan dan peralatan ditempatkan di posisi yang tetap
2. Penempatan bahan dan peralatan berada di posisi yang mudah dicapai
3. Tempatkan bahan-bahan dan peralatan di tempat yang mudah, cepat, enak untuk dicapai.
4. Peletakan bahan yang lebih dulu digunakan berada di posisi yang paling dekat dengan pekerja

5. Merancang mekanisme yang baik dalam penyaluran objek yang telah selesai
6. Peralatan dan bahan diletakkan secara berurutan sesuai dengan urutan pemakaian atau penggunaan
7. Ukuran Kursi dan ketinggian tempat kerja harus disesuaikan untuk memastikan kenyamanan bagi pekerja
8. Perancangan dan tata letak harus dibuat sebaik mungkin, untuk memastikan pekerja dapat melihat semua posisi objek dengan jelas.
9. Tempat barang reject diposisikan dekat dengan pekerja, hal ini bertujuan agar pekerja tidak harus melakukan pergerakan tambahan saat akan memisahkan produk.

6.3.3 Prinsip-prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan perancangan peralatan

1. Peralatan yang dirancang sebaiknya bersifat multifungsi atau memiliki lebih dari satu manfaat.
2. Beban yang diterima oleh tangan harus
3. Peralatan yang dirancang didesain untuk tidak memaksa pekerja memberikan usaha yang berlebihan dalam proses penggunaan
4. Alat yang dirancang harus memudahkan pengguna dalam mekanisme kerjanya.
5. Kurangi sebanyak mungkin pekerjaan tubuh (manual) apabila hal tersebut dapat dilaksanakan dengan peralatan kerja

DAFTAR PUSTAKA

- Aska. 2022. *Perbedaan Bata Merah, Batako dan Bata Ringan*, *arsitektur.com*.
- Barnes, R.M. 2009. *Motion And Time Study Design And Measurement Of Work*, 7Th Ed.
- Bridger, R.S. 2003. *Introduction To Ergonomics*, Singapore: McGraw-Hill Bookco. Taylor & Francis e-Library.
- Iridiastadi, H. and Yassierli. 2014. *Ergonomi : Suatu Pengantar*. 1st edn. Edited by Nia. Band: PT Remaja Rosdakarya.
- Lehto, M.R. and Buck, J.R. 2008. *Introduction to Human Factors and Ergonomics For Engineers*. New York,: Taylor & Francis Group, LLC.
- Life, E. 2018. *Frank Gilbreth: Hero of Efficiency Improvement*.
- Lumbantobing, H. et al. 2018. 'Analisis Gerakan Kerja Untuk Memperbaiki Metode Kerja dan Efisiensi Waktu Pengerjaan Produk Menggunakan Metode MOST (Studi Kasus PT. Infineon Technologies Batam)', *Profisiensi*, 6(2).
- Nurmianto, E. 2004. *Ergonomi konsep dasar dan aplikasinya*, *International Journal of Adolescence and Youth*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Pridias, K.U. 2018. *17 Gerakan Therblig Motion Study*, Diambil dari <http://kangmasulul.blogspot.com/2018/04/17-gerakan-therblig-motion-study.html>. Tanggal 12 November 2021.
- Sutalaksana, I.Z. 2006. *Teknik perancangan sistem kerja*.
- Wibowo, H. 2015. 'Studi Ergonomi tentang Keluhan-keluhan Fisik yang Dialami Karyawan di Unit Perpustakaan Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada Yogyakarta', *Berkala Ilmu Perpustakaan dan Informasi*, 10(1), p. 22. Available at: <https://doi.org/10.22146/bip.7741>.
- Zadry, Raimona, H. et al. 2015. *Analisis Dan Perancangan Sistem Kerja*, *Journal of Chemical Information and Modeling*.

BAB 7

DISPLAY

Oleh Ahmadi Rasyid

7.1 Pendahuluan

Pada kehidupan sekaran ini, informasi menjadi kebutuhan mutlak bagi setiap manusia. Sebagai contoh, seorang *airoplane engineer* harus menguasai bagaimana *engine* pesawat bekerja, seorang *production engineer* harus secara kontinu mengawasi kondisi proses produksinya, dan seorang *driver* membutuhkan rambu-rambu petunjuk kondisi jalan yang akan dilewatinya. Pada system komunikasi ini, manusia sebagai salah satu subsistem, dan disisi lain terdapat subsistem pasangannya yakni seperti mesin, proses, serta jalan. Pada system komunikasi ini merupakan komunikasi dua arah, karena manusia akan mengambil tindakan berdasar informasi yang diterima dari subsistem pasangannya. [Wulandari, 2017]. Display adalah interface (perangkat antar muka) guna memberikan informasi yang berasal dari mesin, proses atau lingkungan kepada manusia. Display akan menyampaikan informasi dalam berbagai cara, sebagai contoh: mesin dilengkapi dengan lampu yang akan menyala saat mesin telah selesai operasinya, hal ini menunjukkan bahwa mesin menggunakan display guna menyampaikan informasinya lewat indera penglihatan manusia (*visual display*).

Visual display merupakan alat informasi kepada manusia yang ditunjukkan secara visual. Display yang baik, secara fungsional harus mampu mengkombinasikan beberapa parameter antara kecepatan, kepekaan dan ketepatan saat memberikan informasinya. [Putra, 2017].

Guna menentukan rancangan akhir sebuah display, lokasi display serta lokasi display, maka sebuah display harus memenuhi tiga kriteria dasar yang sesuai. Kriteria-kriteria tersebut adalah:

a. *Detection* (pendeteksian)

Display yang baik harus mampu dilihat (*visible*). Guna mencapai kriteria tersebut, hal-hal yang harus diperhatikan, antara lain perbandingan antara jarak pandang terhadap ukuran display yang dipasang, sudut pandang, kemungkinan terjadinya paralaks, mengupayakan pandangan yang kontras antara display dengan lingkungan sekitarnya, adanya pengaruh cahaya yang silau, serta terpenuhinya penerangan yang baik (Susanti, 2016)

b. *Recognition* (pengenalan)

Kelanjutan sebuah display terdeteksi oleh pengamat adalah bahwa suatu display harus bisa dibaca dan dikenali. Hal ini merupakan salah satu faktor yang harus mendapat perhatian yang lebih dari para ahli ergonomi. Kriteria ini meliputi beberapa hal-hal yang perlu diperhatikan yakni bentuk dan ukuran display, gambar dan karakter dalam display, serta warna dan kontrasnya warna antara gambar/karakter dengan latar belakangnya (Susanti, 2016).

c. *Understanding* (pemahaman)

Kriteria ketiga yang tidak kalah pentingnya harus dimiliki oleh sebuah display adalah harus dibuat sejelas mungkin, yakni bahwa sebuah display mudah dipahami. Penggunaan simbol atau kode yang tepat merupakan keharusan agar tidak menimbulkan salah persepsi dari pengamat display tersebut (Susanti, 2016)

7.2 Jenis-Jenis Display

7.2.1 Jenis Display Berdasar Tujuan

1. Display Umum

Alat peraga atau display ini bertujuan untuk mengatur hal-hal yang berkaitan dengan kepentingan umum. Pada beberapa fasilitas umum, sangat dibutuhkan display untuk menjaga kondisi lingkungan yang bersih, nyaman, dan aman. Beberapa contoh display terlihat pada gambar 7.1 dibawah ini :



Gambar 7.1. Display umum (Sumber : Montororing, 2013)

2. Display Khusus

Display ini ditujukan sebagai informasi atau peringatan secara khusus bagi kelompok tertentu yang berkaitan dengan pekerjaan atau kewajibannya. Tujuan display ini adalah mengingatkan kepada orang-orang tertentu yang berkaitan dengan keselamatan, kesehatan, dan kelancaran mereka saat melaksanakan tugas. Contoh display khusus dapat dilihat pada gambar 7.2 berikut :



Gambar 7.2. Display khusus (Sumber : Montororing, 2013)

7.2.2 Jenis Display Berdasar Informasi

1. Display Kuantitatif

Alat peraga ini berfungsi untuk memberikan informasi tentang besarnya nilai / kuantitatif dari suatu besaran yang dapat terukur dengan presisi. Besaran yang perlu ditambahkan display, umumnya adalah besaran-besaran yang nilainya fluktuatif atau berubah-ubah, seperti : kecepatan, suhu, dan besaran lain. Guna menunjukkan tingkat kepresisian, display dilengkapi dengan satuan agar dapat dipahami kondisinya oleh pengamat.

Informasi yang ditampilkan oleh display jenis ini dapat berupa analog atau digital. Contoh display kuantitatif dapat dilihat pada gambar 7.3 berikut ini :



Gambar 7.3. Display Kuantitatif Analog dan Digital
(Sumber: Montororing, 2013)

2. Display Kualitatif

Display ini berfungsi untuk menunjukkan informasi kondisi dari suatu sistem tanpa menunjukkan nilai atau besarnya hasil pengukuran, misalnya : dingin, cepat, beban berlebih dan sebagainya.

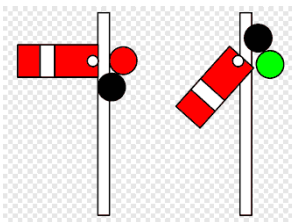
Pengamat membutuhkan informasi display ini untuk dapat mengambil keputusan yang cepat atas sesuatu hal yang berkaitan dengan hasil pengukuran oleh alat ukur. Contoh display kualitatif dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 7.4. Display Kualitatif (Sumber : Montororing, 2013)

3. Representatif

Display representatif merupakan display yang memberikan informasi tentang kondisi pekerjaan atau kondisi proses dari suatu sistem. Misalnya sinyal perkeretapiannya untuk menunjukkan kondisi jalur kereta bagi para masinis ataupun orang-orang yang terlibat pada sistem tersebut. Contoh gambar display representatif terlihat pada gambar berikut :



Gambar 7.5. Display representatif (Sumber : Montororing, 2013)

7.2.3 Jenis Display Berdasar Lingkungan

1. Display Dinamis

Alat peraga atau display ini akan menunjukkan kondisi atau ukuran sebuah sistem yang berubah seiring berjalannya waktu. Display dinamis seperti terlihat pada tampilan alat pengamat dan pengukur misalnya : mikroskop dan speedometer.

Gambar display dinamis terlihat seperti pada gambar 7.6 berikut ini :

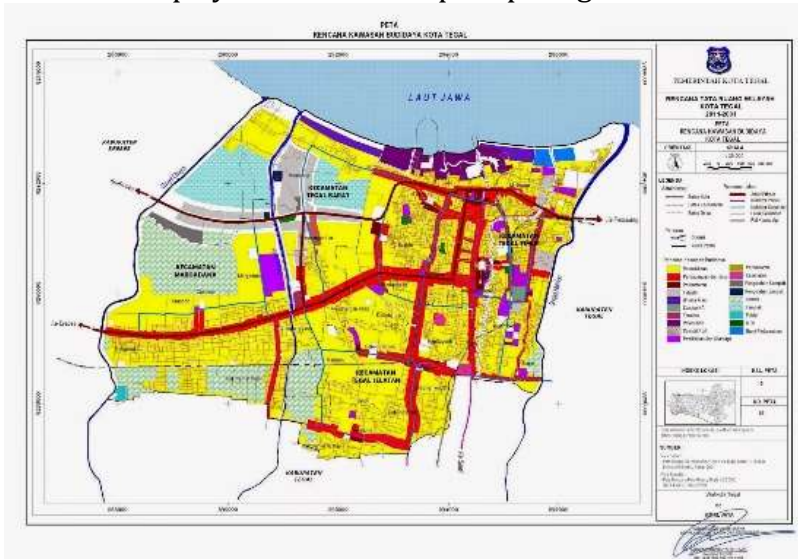


Gambar 7.6. Display dinamis (Sumber : Mulayani, 2016)

2. Display Statis

Alat peraga atau Display ini memberikan informasi yang tidak berubah karena berjalannya waktu, misalnya display yang menginformasikan tataletak suatu kota atau wilayah. Peta atau denah merupakan contoh display statis.

Gambar display statis terlihat seperti pada gambar berikut :



Gambar 7.7. Display Statis (Sumber : Mulayani, 2016)

7.2.4 Jenis Display Berdasar Indera Penerima

1. Visual Display

Visual display merupakan display yang dapat tertangkap oleh indera penglihatan/mata pengamat. Lampu pada rambu-rambu lalu lintas merupakan contoh *display* berdasar indera penerima kategori *visual display*.



Gambar 7.8. Contoh visual display

2. Auditory Display

Auditory display adalah alat peraga yang dapat diterima pengamat melalui indera pendengaran. Bunyi sirene pada kendaraan ambulans merupakan auditory display sebagai informasi bagi orang-orang yang berada disekitarnya.



Gambar 7.9. Contoh auditory display

3. Tactual Display

Tactual display merupakan *display* yang memberikan informasi kepada pengamat melalui indera peraba atau kulit. Proses meraba akan membedakan jenis atau nilai dari suatu benda. Mata uang kertas adalah contoh *tactual display*, karena mata uang akan memberikan informasi kepada kita tentang besaran nilai nominalnya saat kita merabanya.



Gambar 7.10. Contoh tactual display

4. Taste Display

Taste display adalah alat peraga yang akan menginformasikan besaran tertentu yang kita inginkan dengan cara

mengecapnya. Alat ukur suhu yang penggunaannya harus dimasukkan dalam rongga mulut merupakan contoh dari taste display ini.

5. Ofactory Display

Ofactory display adalah display yang memberikan informasi kepada pengamat berupa bau yang dapat diterima oleh indera penciuman. Aroma pada gas LPG sengaja ditambahkan agar saat terjadi kebocoran pada gas, sehingga pengguna gas menjadi lebih waspada.

7.3 Perancangan Sistem Display

7.3.1 Legibility dan Readability

Perancangan sebuah sistem display menitikberatkan pada dua aspek, yakni *Legibility* dan *Readability* :

1. Legibility

Aspek *legibility* memiliki makna bahwa sistem *display* yang akan dibangun harus dapat diterima oleh indera pengamat dengan baik. Pada *auditory display*, *legibility display* ini juga harus memenuhi syarat *detectability* (dapat terdengar), *discriminability* (berbeda dengan yang lain) dan *identification* (dapat dipahami maksudnya).

2. Readability

Aspek *Readability* pada semua jenis display berarti bahwa display tersebut harus dapat dipahami maksudnya oleh pengamat. Lebih lanjut, bahwa *readability* suatu display harus memperhatikan pilihan kata, phrase, kejelasan serta relevansi.

7.3.2 Informasi-Informasi Perancangan Display

Beberapa informasi yang harus diketahui terlebih dahulu sebelum dilakukan perancangan sebuah sistem display adalah sebagai berikut :

- a. Tipe teknologi yang digunakan untuk menampilkan informasi.
- b. Rentang total dari variabel mengenai informasi mana yang akan ditampilkan.
- c. Ketetapan dan sensitivitas maksimal yang dibutuhkan dalam pengiriman informasi.
- d. Kecepatan yang dibutuhkan dalam pengiriman informasi.
- e. Minimasi kesalahan dalam pembacaan display.
- f. Jarak normal dan maksimal antara display dan pengguna display.
- g. Lingkungan dimana display tersebut diperlukan

DAFTAR PUSTAKA

- Wulandari, R. 2017. *Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi* . Jakarta : Universitas Gunadarma.
- Putra, Boy I. 2017. *Perancangan Sistem Kerja* . Sidoarjo : Lembaga Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jawa Timur.
- Wulayani, N.M. dkk. 2016. *Buku Ajar Ergonomi*. Denpasar : Universitas Udayana.
- Montororing, Y.D.R., dkk. 2013. *Buku Ajar Ergonomi* . Jakarta: Universitas Bhayangkara Jakarta Raya.
- Susanti,L,dkk. 2015. *Pengantar Ergonomi Industri*. Padang : Universitas Andalas.
- Hardiningtyas, D. 2017. *Pemilihan dan Perancangan Display dan Kontrol*. Malang : Universitas Brawijaya.

BAB 8

DISIPLIN ERGONOMI

Oleh Purbawati

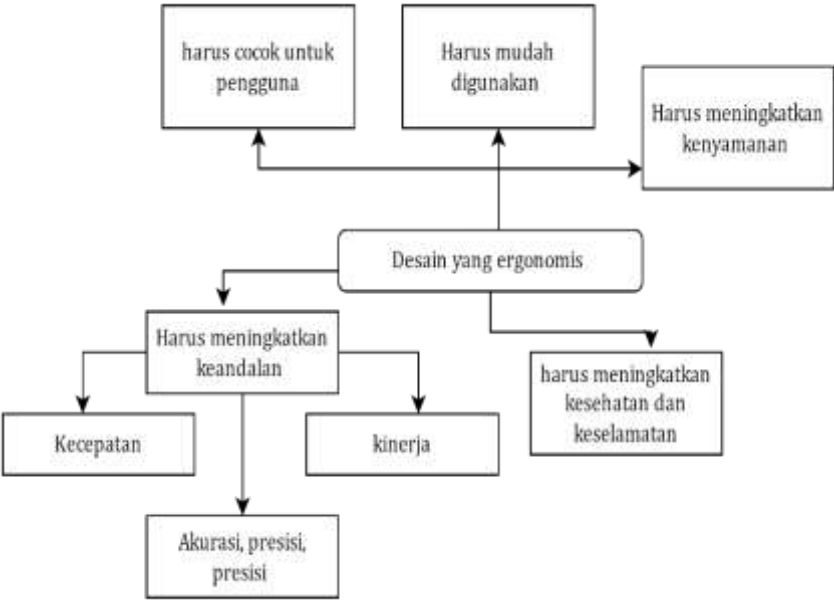
8.1 Konsep Ergonomi

Istilah Kata "ergonomi" berasal dari bahasa Yunani, yaitu "ergon" yang berarti pekerjaan atau tindakan, dan "nomos" yang berarti aturan atau hukum (Morales, Arellano and GonzálezMuñoz, 2019). Kedua kata tersebut kemudian digabungkan menjadi "ergonomia" dalam bahasa Yunani modern, dan kemudian diadaptasi menjadi "ergonomics" dalam bahasa Inggris. Jadi, secara harfiah, ergonomi berarti "aturan atau hukum tentang tindakan atau pekerjaan" (Munoz, 2017). Istilah "ergonomi" pertama kali digunakan oleh ahli fisiologi Polandia bernama Wojciech Jastrzębowski pada tahun 1857 dalam bukunya yang berjudul "Rys ergonomji czyli nauki o pracy, opartej na prawdach poczerpniętych z Nauki Przyrody" yang dapat diterjemahkan sebagai "Gambaran ergonomi atau ilmu tentang pekerjaan, berdasarkan kenyataan yang ditemukan dalam ilmu alam" (Jastrzębowski et al., 2018). Namun, penggunaan istilah "ergonomi" dalam arti yang sama seperti sekarang ini baru berkembang sejak awal abad ke-20, ketika disiplin ilmu ini mulai dikenal secara luas (Haro and Kleiner, 2008)

Penggunaan kata "ergonomics" dalam bahasa Inggris menurut (Konz, 1987) pertama kali dikenalkan pada tahun 1949 oleh ahli psikologi Inggris bernama Hywel Murrell. Murrell menggunakan kata tersebut untuk merujuk pada studi tentang interaksi antara manusia dan mesin, khususnya dalam bidang kedirgantaraan. Kemudian, pada tahun 1950-an dan 1960-an, istilah "ergonomics" mulai dipopulerkan dan digunakan secara luas

dalam berbagai disiplin ilmu, seperti teknik industri, kedokteran kerja, desain produk, dan lain sebagainya. Saat ini, istilah "ergonomi" digunakan untuk merujuk pada ilmu interdisipliner yang mempelajari interaksi antara manusia dengan lingkungannya, khususnya dalam hal desain dan penggunaan peralatan, tempat kerja, dan produk-produk konsumen. Ilmu ini melibatkan banyak bidang ilmu, seperti ilmu kedokteran, psikologi, teknik industri, dan desain produk, dan bertujuan untuk meningkatkan kesehatan, kenyamanan, efisiensi, dan keselamatan manusia dalam lingkungan kerja dan aktivitas sehari-hari. Ergonomi menurut International Ergonomics Association (IEA) mendefinisikan ergonomi sebagai ilmu multidisiplin yang mencakup aspek fisik, psikologis, dan sosial dalam memahami interaksi antara manusia dan elemen sistem, serta menerapkan pengetahuan tersebut untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi produk, layanan, dan sistem yang aman, efektif, dan efisien untuk digunakan oleh manusia (Iridiastadi, 2021).. Dalam definisi tersebut, ergonomi dianggap sebagai ilmu multidisiplin, yang mengintegrasikan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu seperti psikologi, ilmu komputer, teknik industri, dan kedokteran untuk memahami interaksi antara manusia dan elemen sistem (Cachada et al., 2019). Ergonomi juga dianggap sebagai ilmu yang mencakup aspek fisik, psikologis, dan sosial, yang menunjukkan bahwa ergonomi mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi kesehatan, kenyamanan, dan kinerja kerja manusia (Burke, 2020) Definisi IEA juga menekankan pentingnya menerapkan pengetahuan ergonomi untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi produk, layanan, dan sistem yang aman, efektif, dan efisien untuk digunakan oleh manusia. Dalam praktiknya, ergonomi digunakan untuk mengoptimalkan interaksi antara manusia dan sistem, sehingga dapat meningkatkan kinerja kerja, mencegah cedera dan kelelahan, serta meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan manusia (Zavareh et al., 2018a).

Ergonomi juga dapat dimaknai sebagai kegiatan harmonis atau kesesuaian dengan orang lain, kesesuaian dengan pekerjaan yang dilakukan termasuk alat yang digunakan dan lingkungan tempat kerja, perjalanan atau permainan. Jika kesesuaian ini tercapai, akan mengurangi tingkat stres atau tekanan pada pekerja, menjadi lebih nyaman, melakukan pekerjaan menjadi lebih cepat dan lebih mudah, serta memiliki tingkat kesalahan kerja yang minimalis. Tidak hanya kebugaran fisik yang menjadi tujuan dari mempelajari ergonomi, tetapi juga kebugaran dalam hal psikologis dan lainnya. Dengan demikian tidak berlebihan jika menyebut ergonomi berfokus pada "faktor manusia" (Corichi-Herrejón *et al*, 2021)



Gambar 8.1. Esensi Desain Ergonomis

Di beberapa negara seperti Jepang, Korea dan Amerika Serikat, ergonomi yang fokus pada "faktor manusia" juga merupakan seperangkat aplikasi yang bertujuan mengoptimalkan desain, kondisi kerja dan kehidupan untuk penggunaan manusia. Dari sudut pandang ini, ergonomi juga secara intens mempelajari interaksi antara manusia dengan lingkungannya, termasuk mesin dan alat-alat mekanik (Ferrer and Villarouco, 2012). Dalam konteks ini, manusia mesin dihubungkan dengan konsep ergonomic design atau desain ergonomis, yaitu sebuah pendekatan desain yang mengoptimalkan interaksi antara manusia dengan mesin atau alat mekanik. Karena ini berkaitan dengan hubungan manusia dengan mesin dalam berbagai kondisi kerja dan lingkungan. Hubungan ini memperhitungkan karakteristik fisik dan psikis orang tersebut. Ini juga menjelaskan bahwa ada keterbatasan pada manusia dalam hubungan interaksi dengan alat atau lingkungan (Sanjaya et al., 2020). Desain ergonomis harus mempertimbangkan karakteristik fisik dan psikologis manusia dalam merancang mesin dan alat mekanik (Berlianty and Rachmawati, 2021). Sebagai contoh, desain ergonomis dapat mempertimbangkan ukuran, postur, dan kemampuan gerak manusia dalam merancang tata letak dan kontrol pada mesin dan alat mekanik. Tujuannya adalah untuk mengurangi beban kerja fisik dan mental yang berlebihan pada manusia, sehingga dapat meningkatkan produktivitas, kenyamanan, keselamatan, dan kesehatan manusia.

8.1.1 Tugas Ergonomi

Ergonomi mencakup program penelitian dan tindakan untuk menyesuaikan pekerjaan dengan orang dan orang ke pekerjaan. Adaptasi Pekerjaan untuk Orang berkaitan dengan :

- a. Penataan tempat kerja dan alat produksi (area kerja, mesin, indikator, kontrol, dll.)
- b. Analisis dan pengaturan lingkungan kerja (suara, kebisingan, pencahayaan, getaran, iklim, dll.)

- c. Analisis dan pengaturan organisasi kerja (lingkup kerja, waktu kerja dan istirahat, dll.)
- d. Adaptasi orang dalam bekerja
- e. Predisposisi atau kecenderungan individu terhadap isi pekerjaan (usia, jenis kelamin, karakteristik fisik dan mental, dll.)

8.1.2 Lingkup ergonomi

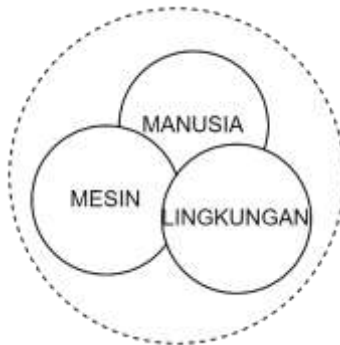
Implementasi ergonomi akan memeriksa semua hubungan antara pekerjaan dan pekerja, termasuk kaitan dengan faktor lingkungan yang mempengaruhi hubungan ini. Subjek ergonomi adalah hubungan manusia-mesin-lingkungan secara umum, dan hubungan unsur-unsur ergonomi ditunjukkan pada Gambar 8.2.



Gambar 8.2. Lingkup kajian ergonomi

Sebagai bidang interdisipliner, ergonomi juga berhubungan dengan rekayasa dan desain manusia, peralatan dan peralatan mesin, lingkungan kerja dan sistem metode kerja (Laudante, 2017). Saat ini, tujuan yang ingin dicapai dengan studi ergonomis adalah mengubah lingkungan kerja menjadi lingkungan yang menyenangkan dan membuat mereka bahagia, selain melindungi mereka dari beberapa bahaya dan kecelakaan yang mungkin terjadi pada manusia. Dalam lingkungan seperti itu, yang dapat didefinisikan sebagai lingkungan kerja yang manusiawi harus mengkaji hal-hal sebagai berikut:

- a. Mesin – peralatan dan perlengkapan dirancang sesuai dengan karakteristik dan kemampuan manusia.
- b. Metode kerja dan kondisi lingkungan dibuat sesuai untuk manusia.
- c. Dipastikan bahwa pekerjaan yang dilakukan dianggap sesuai dengan kondisi kerja
- d. Pekerja diberi kesempatan untuk menggunakan bakat mereka dan membuktikan diri.
- e. Pekerja dibuat untuk melihat diri mereka sebagai suatu nilai.



Gambar 8.3. Unsur Ergonomi

Jika lingkungan seperti itu diciptakan, ketegangan fisiologis dan psikologis yang diciptakan oleh sistem kerja pada orang-orang dapat diminimalkan. Maka ergonomi mampu "menerapkan dan menemukan pengetahuan tentang perilaku manusia, kemampuan, keterbatasan dan karakteristik lainnya untuk desain alat, mesin, sistem, tugas, pekerjaan dan lingkungan untuk penggunaan manusia yang efisien, aman, nyaman dan efektif". Ini adalah area penting kerja dalam meningkatkan produktivitas (Iridiastadi, 2021). Dalam hubungan manusia mesin, ergonomi juga melibatkan desain antarmuka (*interface design*) yang digunakan untuk menghubungkan manusia dengan mesin atau alat mekanik. Desain antarmuka yang baik harus memperhatikan kemampuan kognitif dan preferensi pengguna dalam mengoperasikan mesin dan alat mekanik. Desain antarmuka yang buruk dapat menyebabkan kesalahan penggunaan, kelelahan, dan kecacatan pada pengguna (Zavareh *et al.*, 2018b). Oleh karena itu, ergonomi memiliki peran penting dalam mengoptimalkan interaksi manusia mesin dalam lingkungan kerja dan kehidupan sehari-hari. Desain yang ergonomis dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin serta mengurangi risiko cedera dan kecelakaan kerja. Sebaliknya, desain yang tidak ergonomis dapat mengakibatkan stres fisik dan psikologis, ketidaknyamanan, dan ketidakpuasan pengguna. bahwa (Van Schoor and Konz, 1996). Gambar 8.4 menunjukkan interaksi manusia yang mempertimbangkan ergonomi dalam perancangannya. Sehingga akan memberikan kenyamanan dalam penggunaannya.



Gambar 8.4. Dalam perancangan ergonomi interaksi manusia mesin harus diwujudkan.

(Source : <https://wallpaperaccess.com/ergonomic>)

Pemahaman dasar yang dapat dipertimbangkan terkait dengan ergonomi adalah pemeriksaan hubungan antara gerakan dan waktu saat orang bekerja, penentuan kapasitas dan keterbatasan manusia sesuai dengan permintaan pekerjaan. Dalam Perang Dunia II misalnya, studi ergonomi saat itu terkait dengan kebutuhan pilot untuk mengurasi kesalahan dalam penerbangan. Implementasi ergonomi pada Perang Dunia II terutama terkait dengan penggunaan pesawat dan senjata yang dirancang khusus untuk digunakan dalam pertempuran. Pada saat itu, industri penerbangan dan militer di berbagai negara mengalami kemajuan pesat dalam teknologi dan produksi, sehingga kebutuhan akan desain ergonomis menjadi semakin penting untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan senjata dan pesawat terbang (Azadeh et al., 2008). Salah satu contoh implementasi ergonomi pada Perang Dunia II adalah dalam desain kokpit pesawat. Desain kokpit pesawat yang baik harus mempertimbangkan postur dan gerakan tubuh pilot, kemampuan penginderaan visual dan auditif, serta kebutuhan untuk memanipulasi kontrol pesawat dengan cepat dan efektif. Pada masa itu, para insinyur menggunakan prinsip-prinsip ergonomi dalam merancang kokpit pesawat, termasuk penempatan dan bentuk kontrol, ukuran dan lokasi panel

instrumen, dan sistem pencahayaan yang sesuai (Cachada et al., 2019). Selain itu, implementasi ergonomi pada Perang Dunia II juga terlihat pada desain senjata, seperti senapan, meriam, dan bom. Desain senjata yang ergonomis harus mempertimbangkan kemampuan fisik pengguna, termasuk ukuran dan bentuk tangan, postur dan gerakan tubuh, dan kebutuhan untuk mengoperasikan senjata dengan cepat dan akurat. Pada masa itu, para insinyur memperhatikan faktor-faktor ergonomi dalam merancang pegangan, tombol, dan pelatuk pada senjata, sehingga pengguna dapat mengoperasikan senjata dengan mudah dan efektif. Secara keseluruhan, implementasi ergonomi pada Perang Dunia II telah membawa dampak positif dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan senjata dan pesawat terbang, serta mengurangi risiko kecelakaan dan cedera akibat penggunaan yang tidak ergonomis. Penggunaan prinsip-prinsip ergonomi dalam desain juga telah membawa pengaruh jangka panjang pada pengembangan teknologi dan industri di masa depan. Dengan demikian Orang yang berspesialisasi dalam ergonomi disebut ergonom sedangkan produk atau tempat kerja yang mempertimbangkan faktor ergonomi disebut ergonomis. Ahli ergonomi terlibat dalam evaluasi dan desain pekerjaan, tugas, produk, organisasi, lingkungan dan sistem. Tujuan utama mereka adalah untuk menyelaraskan antara kebutuhan, kemampuan, dan keterbatasan orang. Ahli ergonomi memastikan bahwa tugas, pekerjaan, produk, dan lingkungan dirancang dan dievaluasi sedemikian rupa sehingga selaras dengan kebutuhan, kemampuan, dan keterbatasan orang (Laudante, 2017)

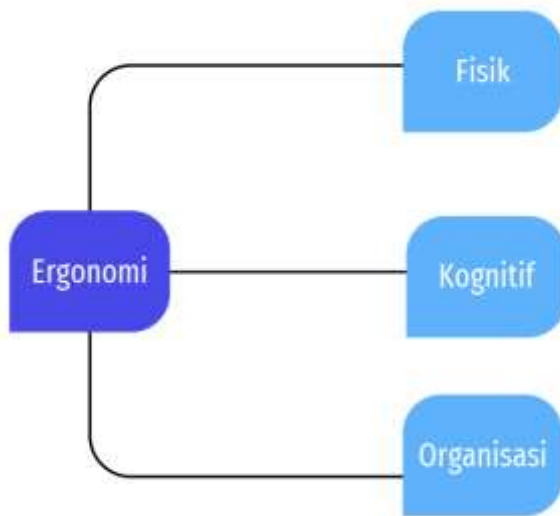
8.2 Klasifikasi Ergonomi

Saat ini, ahli ergonomi telah bekerja pada berbagai sektor industri dan organisasi yang memperhatikan interaksi antara manusia dan lingkungannya (Pekarčíková, Trebuňa and Kliment, 2019), termasuk:

1. Industri manufaktur: Ahli ergonomi dapat bekerja di industri manufaktur yang memproduksi barang-barang konsumen dan mesin-mesin industri. Tugasnya adalah merancang mesin, peralatan dan sistem kerja yang ergonomis untuk meningkatkan produktivitas dan kesehatan pekerja.
2. Transportasi: Ahli ergonomi dapat bekerja di sektor transportasi, termasuk industri penerbangan, transportasi laut, dan transportasi darat. Tugasnya adalah memastikan desain kursi, panel kontrol, dan antarmuka pengguna pada kendaraan, baik pesawat terbang, kapal, atau kendaraan darat, sesuai dengan prinsip ergonomi untuk meminimalkan risiko cedera, kelelahan, dan kesalahan.
3. Kesehatan dan keselamatan kerja: Ahli ergonomi dapat bekerja di lembaga kesehatan dan keselamatan kerja, termasuk perusahaan asuransi, lembaga pemerintah, dan lembaga swadaya masyarakat. Tugasnya adalah membantu meminimalkan risiko cedera dan kecacatan pada pekerja melalui desain lingkungan kerja yang ergonomis, serta memberikan pelatihan dan konsultasi tentang prinsip-prinsip ergonomi.
4. Desain produk dan teknologi: Ahli ergonomi dapat bekerja di perusahaan teknologi dan desain produk, seperti perusahaan perangkat lunak, game, dan peralatan elektronik. Tugasnya adalah memastikan desain produk dan antarmuka pengguna yang ergonomis, sehingga produk dapat digunakan dengan mudah, aman, dan nyaman oleh pengguna.
5. Akademisi dan peneliti: Ahli ergonomi juga dapat bekerja sebagai akademisi atau peneliti di perguruan tinggi, lembaga penelitian, atau perusahaan swasta. Tugasnya adalah melakukan penelitian tentang prinsip-prinsip ergonomi dan mengembangkan metode dan teknologi baru

untuk meningkatkan interaksi antara manusia dan lingkungannya.

Secara keseluruhan, ahli ergonomi dapat bekerja di berbagai sektor industri dan organisasi yang memperhatikan interaksi antara manusia dan lingkungannya. Untuk memahami ergonomi dapat di tinjau dalam beberapa aspek seperti di tunjukkan pada gambar 8.5.



Gambar 8.5. Jenis Ergonomi

Penjelasan terhadap jenis-jenis yang akan di pelajari dalam ergonomi di jelaskan sebagai berikut :

8.2.1 Ergonomi Kognitif

Ergonomi kognitif adalah cabang dari ergonomi yang berfokus pada pemahaman dan pengembangan antarmuka manusia-komputer yang memperhitungkan kemampuan kognitif dan psikologis manusia (Fan, Wen and Tang, 2020). Ergonomi kognitif melibatkan desain sistem, perangkat, dan lingkungan yang dapat mengoptimalkan

kinerja dan kenyamanan pengguna, sambil meminimalkan kesalahan, kelelahan, dan stres yang berlebihan (Puryani, Berlianty and Purwanto, 2018). Ergonomi kognitif mencakup berbagai aspek antarmuka pengguna, seperti desain visual, organisasi informasi, presentasi data, interaksi manusia-komputer, dan desain tampilan antarmuka. Prinsip-prinsip ergonomi kognitif juga dapat diterapkan pada desain game, aplikasi, dan produk digital lainnya (Wasnik and Jeyakumar, 2016). Beberapa contoh penerapan ergonomi kognitif meliputi:

- a. Desain tampilan antarmuka yang mudah dipahami dan digunakan oleh pengguna.
- b. Penggunaan ikon dan simbol yang intuitif untuk mewakili fungsi dan aksi dalam aplikasi atau perangkat.
- c. Penggunaan warna dan kontras yang sesuai untuk memastikan keterbacaan dan keterlihatan yang optimal.
- d. Pemberian umpan balik yang tepat waktu dan jelas kepada pengguna untuk membantu mereka memahami dan menguasai tugas yang dihadapi.
- e. Pengurangan kebutuhan untuk memori jangka pendek dan meningkatkan kemampuan pengguna untuk menemukan kembali informasi dengan mudah.

Dalam lingkup yang lebih luas, ergonomi kognitif juga berkontribusi pada peningkatan keamanan, efisiensi, dan produktivitas dalam berbagai sektor industri, termasuk teknologi, manufaktur, dan layanan kesehatan.

8.2.2 Ergonomi Fisik

Ergonomi fisik adalah ilmu yang mempelajari tentang bagaimana menyesuaikan lingkungan kerja dan aktivitas fisik manusia agar sesuai dengan kemampuan fisik dan ergonomi tubuh manusia. Ergonomi fisik berfokus pada hubungan antara tubuh manusia dan elemen-elemen fisik lingkungan kerja seperti

peralatan, furniture, tata letak ruangan, dan alat kerja. Istilah fisik berkaitan dengan panas, cahaya, kebisingan, bahan kimia, debu, dll (Berlianty and Rachmawati, 2021). Ada batas kenyamanan termal di mana orang bekerja dengan nyaman. Misalnya ketika melakukan pekerjaan berat, lebih suka lingkungan yang lebih dingin. Itulah sebabnya ergonomi fisik melakukan analisis atas kondisi yang sangat berbahaya yang akan menimpa manusia. Dengan demikian, ergonomi fisik akan memastikan bahwa orang memiliki lingkungan fisik yang tidak akan membahayakan mereka tapi memberikan rasa nyaman pada saat bekerja. Ergonomi fisik bertujuan untuk mengoptimalkan kenyamanan, kesehatan, dan kinerja kerja manusia dengan meminimalkan risiko cedera akibat tugas-tugas yang dilakukan secara berulang-ulang, gerakan yang tidak tepat, atau posisi tubuh yang tidak alami. Anatomi orang, dalam kaitannya dengan aktivitas fisiknya dapat dilihat pada karakteristik antropometri, fisiologis dan biomekanik. Oleh karena itu, karakteristik postur, prosedur yang terkait dengan bahan yang akan diproses, gerakan berulang, sistem muskuloskeletal, keselamatan dan kesehatan merupakan masalah utama (Azadeh et al., 2014; Zhang, 2017; Zavareh et al., 2018a). Tabel 1 menunjukkan beberapa elemen yang perlu diperhatikan dalam pengambilan sampel dalam ergonomi untuk studi perancangan lingkungan kerja.

Tabel 8.1. Lembar pengamatan lingkungan kerja

Antropometri	Bagaimana kesesuaian antropometrik terhadap peralatan?
Ukuran	Apakah dimensi area kerja sesuai ?
warna	Bagaimana cara penggunaan warna ?
Kebisingan	Bagaimana cara melindungi dari kebisingan ?
Suhu udara	Apakah suhu udara cocok untuk pekerjaan yang dilakukan ?
Istirahat	Bagaimana pengaturan istirahat?
Hubungan	Apakah indikator - kontrol sudah sesuai ?

Kontrol	Tata letak kontrol?
Indikator	Bagaimana tampilannya?
Kebersihan	Bagaimana Kerapian dan kebersihan Kerja

Contoh penerapan ergonomi fisik meliputi penyesuaian kursi dan meja kerja agar sesuai dengan postur tubuh, penggunaan alat angkat dan peralatan bantu untuk menghindari cedera fisik, dan perencanaan tata letak ruangan yang memperhatikan sirkulasi udara dan cahaya yang cukup. Dalam hal ergonomi fisik, antropometri berkaitan dengan pengukuran dan karakterisasi ukuran tubuh. Data antropometri memberikan petunjuk penting bagi perancang pakaian, furnitur, mesin, peralatan, dan workstation (Lahiri, Markkanen and Levenstein, 2005). Ergonomi fisik bertujuan untuk mencegah kelelahan tubuh berdasarkan data ketidakcocokan antara tingkat pekerjaan dan kapasitas pekerja (Morales, Arellano and González-Muñoz, 2019). Biomekanik secara khusus berkaitan dengan sifat mekanik jaringan manusia sebagai respons terhadap tekanan mekanis jaringan (Nurmianto, 2003). Beberapa tekanan mekanis menyebabkan trauma yang signifikan. Dalam banyak kasus, ini dapat dicegah dengan teknik teknik seperti menggunakan engineering control pada mesin dan alat pelindung diri (Laudante, 2017) Beberapa trauma lebih berbahaya dan dapat menyebabkan cedera dan penyakit kumulatif. Tekanan ini bisa bersifat eksternal yaitu getaran, dan internal, seperti pada tekanan tendon.

8.2.3 Ergonomi organisasi

Ergonomi organisasi adalah cabang ilmu ergonomi yang mempelajari bagaimana memperbaiki kinerja organisasi dan hubungan antara manusia dengan organisasi tempat mereka bekerja. Ergonomi organisasi melibatkan aspek-aspek seperti struktur organisasi, kebijakan dan prosedur, lingkungan sosial dan budaya organisasi, dan manajemen sumber daya manusia

(Tarwaka, 2016). Tujuan dari ergonomi organisasi adalah untuk memaksimalkan produktivitas, efisiensi, dan kepuasan kerja karyawan, serta mencegah stres dan ketidaknyamanan dalam lingkungan kerja. Beberapa penerapan ergonomi organisasi meliputi: pengaturan jadwal kerja yang rasional dan fleksibel, pembagian tugas yang seimbang dan berdasarkan kemampuan karyawan, promosi komunikasi dan kerja sama antar tim, serta pengembangan program pelatihan dan pengembangan karyawan (Iridiastadi, 2021). Dengan menerapkan ergonomi organisasi, sebuah organisasi dapat menciptakan lingkungan kerja yang sehat, produktif, dan berkelanjutan, dan meningkatkan kinerja organisasi secara keseluruhan. Ini berkaitan dengan optimalisasi sistem sosioteknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan, dan prosesnya. Topik-topiknya meliputi komunikasi, manajemen sumber daya tim, desain pekerjaan, penentuan jam kerja, kerja tim, desain partisipatif, ergonomi komunitas, kerja harmonis, kerja kolaboratif, paradigma bisnis baru, budaya organisasi, organisasi virtual, telework, dan manajemen kualitas. Ergonomi organisasi mencoba mengatur orang dan bekerja dengan cara yang memberikan efek terbaik. Misalnya, jika kita mengambil contoh pengontrol lalu lintas udara, itu adalah tugas ergonomi organisasi untuk mengatur kerja shift dengan cara yang tidak mengurangi fungsi, terutama selama periode liburan (Mottin *et al.*, 2012). Ilmu ergonomi, yang berhubungan dengan hubungan kompleks antara manusia, mesin, kebutuhan kerja, dan metode kerja, harus mendapat manfaat dari data yang disediakan oleh banyak ilmu. Terlepas dari sifat pekerjaan, pekerjaan adalah penyebab stres pada orang ke berbagai tingkat. Ahli ergonomi menyelidiki stres di lingkungan kerja dan kehidupan dan langkah-langkah untuk memastikan bahwa orang tersebut mencoba atau beradaptasi untuk mengatasi stres ini. Singkatnya, semua upaya untuk menghilangkan atau membatasi efek kehidupan yang menarik dan

negatif pada manusia termasuk dalam bidang ergonomi (Mottin *et al.*, 2012)

8.3 Intervensi Ergonomi pada metode dan kondisi kerja

Harus dipahami bahwa dedikasi sebagian besar kehidupan manusia adalah untuk bekerja. Ini terlepas dari pentingnya pekerjaan dalam kehidupan manusia sehingga terdapat hubungan yang sangat erat antara kondisi tempat kerja dengan kesehatan, yang memungkinkan penggunaan prinsip-prinsip ergonomi di tempat kerja (Nurmianto, 2003). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa masalah ergonomi tidak hanyaterkait dengan tempat kerja. Tapi mulai dari lahir, tempat tidur bayi, kursi, ketinggian meja, pisau adalah kajian dalam disiplin ilmu ergonomi. Banyak yang bisa dikaji, mulai dari pegangan, bentuk garpu, gunting, kursi, meja dan lain sebagainya. Ergonomi mencoba menentukan faktor-faktor ini dengan cara yang paling ramah manusia (Burke, 2020) Intervensi ergonomi merujuk pada upaya untuk merancang atau memodifikasi lingkungan kerja, alat, dan tugas agar sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan manusia. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kenyamanan, kesehatan, keselamatan, dan produktivitas kerja (Diniz and Guimarães, 2016). Intervensi ergonomi dapat mencakup berbagai jenis perubahan, seperti merancang kembali posisi kerja, mengubah peralatan atau perangkat lunak yang digunakan, atau memberikan pelatihan kepada karyawan tentang cara menghindari cedera dan mengelola beban kerja yang berat. Beberapa contoh implementasi intervensi ergonomi yang dapat dilakukan di tempat kerja adalah sebagai berikut:

- a. Penyesuaian posisi meja dan kursi: Pastikan bahwa karyawan duduk dengan nyaman dan tidak merasa tertekan pada bagian tubuh tertentu selama bekerja. Pastikan posisi meja dan kursi disesuaikan dengan tinggi tubuh karyawan

sehingga lengan dapat disandarkan dengan nyaman pada meja dan kaki dapat menempel pada lantai.

- b. Pengaturan alat bantu kerja: Pekerja mungkin perlu alat bantu kerja untuk memudahkan tugasnya. Pastikan alat bantu kerja seperti keyboard, mouse, dan monitor terletak pada posisi yang tepat untuk mengurangi stres dan cedera.
- c. Penerapan jadwal istirahat: Karyawan perlu istirahat dari bekerja dalam jangka waktu tertentu untuk mengurangi kelelahan dan meminimalkan stres. Jadwal istirahat yang tepat dapat membantu mencegah cedera dan memperbaiki produktivitas kerja.
- d. Pelatihan ergonomi: Perusahaan dapat memberikan pelatihan ergonomi kepada karyawan agar mereka dapat memahami cara bekerja yang benar dan mencegah cedera pada diri mereka sendiri.
- e. Penggunaan alat bantu angkat: Pekerja yang harus mengangkat barang berat memerlukan alat bantu angkat seperti lift dan truk pallet untuk mengurangi risiko cedera.
- f. Perubahan lingkungan kerja: Beberapa faktor di lingkungan kerja seperti suhu, cahaya, dan kebisingan dapat memengaruhi kesehatan dan kenyamanan pekerja. Pengaturan suhu dan cahaya yang tepat dan pengurangan kebisingan dapat membantu meningkatkan kesehatan dan kenyamanan pekerja.

Implementasi intervensi ergonomi dapat membantu memperbaiki produktivitas kerja dan mengurangi risiko cedera dan kelelahan pada karyawan. Pekerjaan statis dalam ergonomi merujuk pada pekerjaan yang melibatkan posisi tubuh yang tetap atau kurang gerakan selama periode waktu yang lama. Contohnya termasuk duduk dalam posisi yang sama di meja selama berjam-jam atau berdiri di posisi yang sama di atas lantai pabrik selama berjam-jam (Triyanti, Yassierli and Iridiastadi, 2019). Pekerjaan

statis dapat menyebabkan kelelahan otot dan ketidaknyamanan pada bagian tubuh tertentu, terutama pada bagian tubuh yang paling terlibat dalam pekerjaan tersebut. Hal ini dapat mengakibatkan cedera, seperti cedera otot, cedera tendon, dan nyeri punggung (Morales, Arellano and GonzálezMuñoz, 2019). Untuk mengurangi risiko cedera dan meningkatkan kenyamanan, dianjurkan agar pekerjaan yang melibatkan posisi tubuh yang statis dilakukan dengan cara yang ergonomis, seperti penyesuaian meja dan kursi, pengaturan alat bantu kerja, jadwal istirahat, dan perubahan posisi tubuh secara teratur. Dalam kasus pekerjaan yang melibatkan posisi tubuh yang statis yang sangat berat, dapat diperlukan rotasi kerja atau penggunaan alat bantu angkat untuk membantu mencegah cedera dan memperbaiki kesehatan pekerja. Gambar 8.1-8.5).



Gambar 8.6. Implementasi intervensi ergonomi

Source: anelluk via iStockPhoto

8.4 Tren Riset Ergonomi

Tren riset ergonomi saat ini mengikuti perkembangan teknologi dan perubahan dalam lingkungan kerja. Beberapa topik riset ergonomi yang sedang berkembang saat ini meliputi:

- a. Ergonomi kognitif dan teknologi wearable: Penelitian terbaru di bidang ergonomi kognitif berfokus pada bagaimana teknologi wearable seperti smartwatch dan augmented reality dapat membantu memfasilitasi kinerja manusia dengan meminimalkan beban kerja mental dan meningkatkan responsivitas pengguna.
- b. Ergonomi fisik dan manajemen risiko: Penelitian ergonomi fisik saat ini terus berkembang dalam upaya untuk mengelola risiko cedera dan penyakit akibat beban fisik yang berlebihan di tempat kerja. Studi tentang biomekanik, postur tubuh, serta teknik dan alat bantu ergonomi yang baru terus dilakukan untuk meningkatkan kesehatan dan kenyamanan kerja.
- c. Ergonomi organisasional dan lingkungan kerja: Penelitian ergonomi organisasional saat ini fokus pada bagaimana perubahan dalam budaya kerja dan lingkungan kerja dapat mempengaruhi kesejahteraan karyawan dan kinerja organisasi. Studi tentang kebijakan kerja yang mendorong kesehatan dan produktivitas karyawan serta perancangan ruang kerja yang mempertimbangkan kenyamanan dan kesehatan karyawan menjadi fokus penelitian ergonomi organisasional.
- d. Ergonomi dan kesehatan di tempat kerja: Penelitian terkini mengarah pada pengembangan program kesehatan dan keselamatan kerja, terutama di era pandemi COVID-19. Studi tentang bagaimana mengurangi risiko penularan COVID-19 di tempat kerja, serta upaya untuk meningkatkan kesejahteraan mental karyawan dan mengurangi stres di tempat kerja menjadi fokus penelitian ergonomi saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azadeh, A. et al. 2008. 'Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health, safety, environment (HSE) and ergonomics system: The case of a gas refinery', *Information Sciences*, 178(22). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2008.06.026>.
- Azadeh, A. et al. 2014. 'An adaptive algorithm for assessment of operators with job security and HSEE indicators', *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 31(1). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2014.05.004>.
- Berlianty, I. and Rachmawati, D. 2021. 'Noise Level Measurement to Reduce the Risk of Injury with the Internet of Things and Ergonomic Approach', *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 1(1), pp. 126–135. Available at: <https://proceeding.researchsynergypress.com/index.php/cset/article/view/385>.
- Burke, M. 2020. *Applied Ergonomics Handbook*, Applied Ergonomics Handbook. Available at: <https://doi.org/10.1201/9780367813277>.
- Cachada, A. et al. 2019. 'Development of Ergonomic User Interfaces for the Human Integration in Cyber-Physical Systems', in *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 1632–1637. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISIE.2019.8781101>.
- Corichi-Herrejón, J. et al. 2020. 'Ergonomics Assessment Based on IoT Wearable Device', in *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 508–515. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-74009-2_65.

- Diniz, R.L. and Guimarães, L.B.M. 2016. 'Evaluation of the surgeon's workload from three hospitals in Brazil', in *Advances in Cognitive Ergonomics*. Available at: <https://doi.org/10.1201/ebk1439834916-c65>.
- Fan, M., Wen, C. and Tang, J. 2020. 'Design of a Smartwatch for IoT Application under 5G Environment', in *Proceedings of 2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2020*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 306–309. Available at: <https://doi.org/10.1109/ITNEC48623.2020.9085198>.
- Ferrer, N. and Villarouco, V. 2012. 'Casting an ergonomic eye on university libraries', in *Work*. Available at: <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0682-3809>.
- Haro, E. and Kleiner, B.M. 2008. 'Macroergonomics as an organizing process for systems safety', *Applied Ergonomics*, 39(4). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.02.018>.
- Iridiastadi, H. 2021. 'Fatigue in the Indonesian rail industry: A study examining passenger train drivers', *Applied Ergonomics*, 92. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103332>.
- Jastrzębowski, S. et al. 2018. 'Assessment of the height stability in progeny of *Fagus sylvatica* L. Populations using the GGE biplot method', *Dendrobiology*, 79. Available at: <https://doi.org/10.12657/denbio.079.004>.
- Konz, S. 1987. 'Ergonomic job design', *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1(4). Available at: [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(87\)90026-6](https://doi.org/10.1016/0169-8141(87)90026-6).

- Lahiri, S., Markkanen, P. and Levenstein, C. 2005. 'The cost effectiveness of occupational health interventions: Preventing occupational back pain', *American Journal of Industrial Medicine*, 48(6). Available at: <https://doi.org/10.1002/ajim.20193>.
- Laudante, E. 2017. 'Industry 4.0, Innovation and Design. A new approach for ergonomic analysis in manufacturing system', *Design Journal*, 20(sup1), pp. S2724–S2734. Available at: <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352784>.
- Morales, Á.F.C., Arellano, J.L.H. and González-Muñoz, E.L. 2019. 'Combined Methods for Physical and Mental Workload', in: Available at: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1052-0.ch001>.
- Mottin, A.C. et al. 2012. 'Ergonomic analysis of workplaces in the iron casting industrial pole in Claudio, Minas Gerais - Brazil', in *Work*. Available at: <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0376-1727>.
- Munoz, L.M. 2017. 'Ergonomics in the Industry 4.0: Collaborative Robots', *Journal of Ergonomics*, 07(06). Available at: <https://doi.org/10.4172/2165-7556.1000e173>.
- Nurmianto, E. 2003. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya Edisi Pertama*, Guna Widya, Surabaya.
- Pekarčíková, M., Trebuňa, P. and Kliment, M. 2019. 'Application of simulation tools in the process of casting and processing of aluminium castings', in *METAL 2019 - 28th International Conference on Metallurgy and Materials, Conference Proceedings*. Available at: <https://doi.org/10.37904/metal.2019.995>.
- Puryani, P., Berlianty, I. and Purwanto, P. 2018. 'PERANCANGAN SISTEM KERJA UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DENGAN PENDEKATAN SISTEM SOSIOTEKNIK', *OPSI*, 11(1). Available at: <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i1.2336>.

- Sanjaya, K.H. et al. 2020. 'Conceptual Design of Universal Autonomous Platform for Micromobility and Delivery System in the Hospital', in Proceeding - 2020 International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application: Sustainable Energy and Transportation: Towards All-Renewable Future, ICSEEA 2020. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICSEEA50711.2020.9306126>.
- Van Schoor, H. and Konz, S. 1996. 'Males/females: An anthropometric comparison for modelling missing data', International Journal of Industrial Ergonomics, 17(5). Available at: [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(95\)00064-X](https://doi.org/10.1016/0169-8141(95)00064-X).
- Tarwaka. 2016. Dasar-Dasar Keselamatan Kerja Serta Pencegahan Kecelakaan di Tempat Kerja, Harapan Offset, Surakarta.
- Triyanti, V., Yassierli and Iridiastadi, H. 2019. 'Fatigue-related differences in human facial dimensions based on static images', in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Available at: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012029>.
- Wasnik, P. and Jeyakumar, A. 2016. 'Monitoring stress level parameters of frequent computer users', in International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2016. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754467>.
- Zavareh, M.T. et al. 2018a. 'A Study on the socio-technical aspects of digitization technologies for future integrated engineering work systems', in Proceedings of NordDesign: Design in the Era of Digitalization, NordDesign 2018. The Design Society.
- Zavareh, M.T. et al. 2018b. 'A Study on the socio-technical aspects of digitization technologies for future integrated engineering work systems', in Proceedings of NordDesign: Design in the Era of Digitalization, NordDesign 2018.

Zhang, A. 2017. 'Simultaneous interpreting (SI): The holy grail of artificial intelligence - An SI practitioner's perspective', *Lebende Sprachen*. Available at: <https://doi.org/10.1515/les-2017-0023>.

BAB 9

KONSUMSI ENERGI DALAM AKTIVITAS KERJA

Oleh Fathan Mubina Dewadi

9.1 Pendahuluan

Bagian beratnya bobot kegiatan tidak cuma terkait pada jumlah kalori yang disantap, hendak namun pula terkait pada jumlah otot yang ikut serta pada pembebanan otot statis. Melonjaknya denyut jantung merupakan disebabkan oleh temperatur sekitar yang besar, tingginya pembebanan otot statis, terus menjadi sedikit otot yang ikut serta dalam sesuatu situasi kegiatan (Latar, 2013). Berikut akan dijelaskan mengenai konsep ergonomi pada gambar 9.1.



Gambar 9.1. Konsep Ergonomi (Guru Ekonomi, 2022)

Metode pengukuran denyut jantung bisa dicoba dengan bermacam metode semacam mengalami denyut yang terdapat pada nadi radial pada pergelangan tangan, mencermati denyut dengan *stethoscope*, memakai ECG (Electrocardiogram), ialah mengukur signal listrik yang diukur dari otot jantung (Dewadi, et al., 2021). Berikut akan dijelaskan mengenai daftar negara dengan *work balance* yang baik pada tabel 9.1.

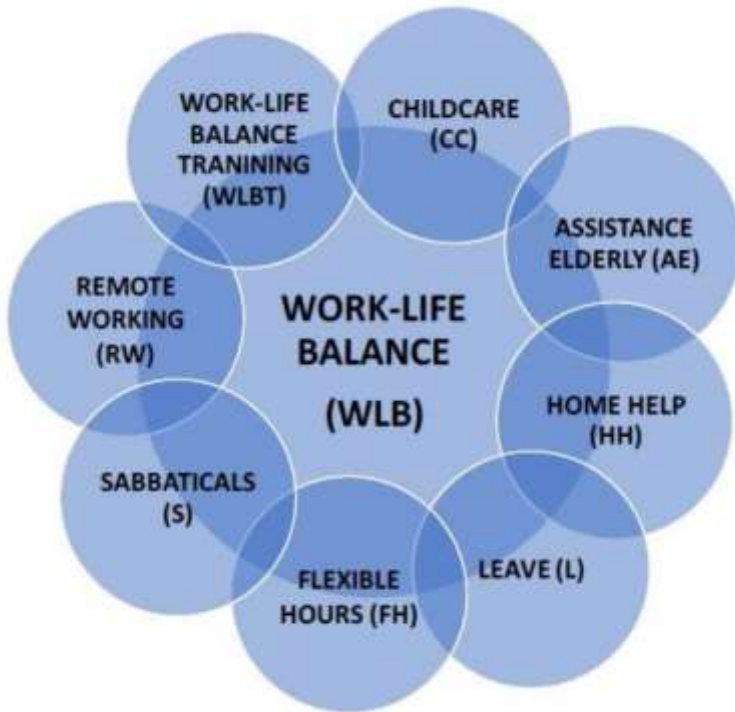
Tabel 9.1. Daftar Negara dengan *Work Balance* yang Baik
(Hestriana, 2022)

No	Negara	Skor
1	Italia	9,4
2	Denmark	8,6
3	Norwegia	8,5
4	Spanyol	8,4
5	Belanda	8,3

Denyut jantung pada dikala rehat (*resting puls*) merupakan pada umumnya denyut jantung saat sebelum profesi diawali . Denyut jantung sepanjang bertugas (*working pulse*) merupakan pada umumnya denyut jantung sepanjang (pada dikala) seorang bertugas. Denyut jantung buat bertugas (*work pulse*), merupakan beda antara denyut jantung sepanjang bertugas serta sepanjang rehat. pada dataran kulit dada (Dewadi & Dewadi, 2022).

9.2 *Work Balance*

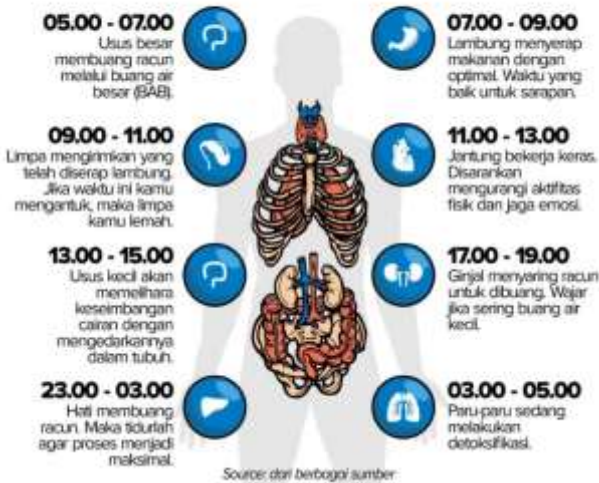
Denyut jantung sepanjang rehat keseluruhan (keseluruhan *recovery cost or recovery cost*) merupakan jumlah aljabar denyut jantung dari berhentinya denyut pada dikala sesuatu profesi berakhir digarap hingga dengan denyut terletak pada situasi istirahatnya (Nanda, et al., 2022). Berikut akan dijelaskan mengenai keseimbangan kerja dalam hidup pada gambar 9.2.



Gambar 9.2. *Work Life Balance* (Riyanto, 2020)

Denyut kegiatan keseluruhan (keseluruhan *work pulse or cardiac cost*) merupakan jumlah denyut jantung dari mulainya sesuatu profesi hingga dengan denyut terletak pada situasi istirahatnya (*resting* tingkat) (Dewadi, 2021). Bila seorang bertugas pada tingkatan tenaga diatas 5, 2 kcal per menit, hingga pada dikala itu hendak mencuat rasa letih (*fatigue*) (Nanda, *et al.*, 2022). Berikut akan dijelaskan mengenai jam piket organ tubuh pada gambar 9.3.

Jam Piket Organ Tubuh



Gambar 9.3. Jam Piket Organ Tubuh (JawaPos, 2021)

Tipe profesi yang memakai daya otot sudah berangsur ditukar dengan daya mesin (Lewaherilla, *et al.*, 2022). Perlunya menganalisa mengkonsumsi energi yang digunakan, buat penentuan gelombang serta rentang waktu rehat (Nanda, *et al.*, 2022).

9.3 Konsumsi Energi

Analogi tata cara pengganti penentuan perlengkapan buat melakukan sesuatu tipe profesi, dan lain- lain (Raja Ma'arof, *et al.*, 2021). Mengkonsumsi tenaga ialah aspek penting serta tolok ukur yang digunakan selaku determinan besar atau entengnya kegiatan raga yang dicoba (Dewadi, *et al.*, 2021).

Metabolisme Basal merupakan mengkonsumsi energi dengan cara konsisten pada dikala rehat dengan perut dalam kondisi kosong (Supriyono, *et al.*, 2022). Terkait pada dimensi,

berat tubuh, serta tipe kemaluan (Sitorus , *et al.*, 2022). Buat laki-laki 70 kilogram menginginkan 1700 kkal per 24 jam, serta buat perempuan dengan berat 60 kilogram menginginkan 1400 kkal per 24 jam (Murtalim, 2020). Berikut akan dijelaskan mengenai keseimbangan gaya hidup dari segala aspek pada gambar 9.4.



Gambar 9.4. Keseimbangan Gaya Hidup (Riadi, 2017)

Pada situasi metabolisme basal ini nyaris seluruh energi kimia dari zat santapan dikonversikan jadi panas (A, *et al.*, 2022). Mengonsumsi tenaga pada durasi kegiatan umumnya ditetapkan dengan metode tidak langsung, ialah dengan pengukuran titik berat darah, gerakan darah, aransemen kimia dalam darah, temperatur badan, tingkatan evaporasi serta jumlah hawa yang dikeluarkan oleh alat pernapasan (Dewadi, *et al.*, 2021). Dasar pengukuran mengonsumsi energi merupakan *kilocalorie* (kcal). 1 kcal merupakan jumlah panas yang diperlukan buat meningkatkan temperatur 1 liter air dari 14, 5 jadi 15, 5 bagian Celcius (Surbakti, *et al.*, 2022). Bila 1 liter zat asam disantap oleh

badan, hingga badan hendak memperoleh 4, 8 kcal energi (Dewadi, *et al.*, 2021).

Delay (janji) buat tingkatan pernafasan serta pemakaian zat asam khusus. Hutang zat asam (*oxigen debt*) terjaln sehabis kegiatan berjalan (Abbas, *et al.*, 2020). Serta hutang zat asam ini cuma hendak bisa dibayar (*paid off*) pada akhir kegiatan atau rehat (Wibowo & Dewadi, 2022). Terus menjadi melonjaknya bobot kegiatan, hingga mengkonsumsi zat asam hendak bertambah dengan cara sepadan hingga diterima situasi maksimumnya (Wibowo, *et al.*, 2021).

Dalam penyusunan kegiatan diharapkan terletak dibawah (VO_2) max dari pada umumnya populasi (Dewadi, *et al.*, 2019). Mengkonsumsi tenaga bisa diukur dengan cara tidak langsung dengan mengukur mengkonsumsi zat asam (Dewadi, 2021). Bila satu liter zat asam disantap oleh badan, hingga badan hendak memperoleh 4,8 kcal tenaga (Dewadi, 2021).

9.4 Soal-Soal Latihan

1. Apakah sisi minus dari ergonomi jika diterapkan di kehidupan sehari-hari (Della, *et al.*, 2022)?
2. Badan terasa pegal jika bekerja dengan duduk yang terlalu lama, apakah hal tersebut karena tidak mengikuti sistem ergonomi (Dewadi, 2016)?
3. Bagaimana upaya dalam pendisiplinan ergonomi (Dewadi, 2021)?
4. Jelaskan parameter-parameter yang diperlukan agar pekerjaan cepat dan tidak merugikan orang lain (Dewadi, 2022)!
5. Ketika beberapa pegawai mulai di PHK dan mengganti dengan sistem robot, apakah ini bisa menjadi konsep ergonomi (Mulyadi & Dewadi, 2021)?
6. Berikan dampak ergonomi bagi kesehatan (Nanda, *et al.*, 2022)!

7. Perlukah penerapan ergonomi dalam UMKM (Farahdiansari, et al., 2021)?
8. Berikan contoh konsep ergonomi di dunia Industri (Jati, et al., 2022)!
9. Perlukah konsep ergonomi jika diterapkan di negara berkembang sedangkan negara maju lebih disiplin (Wibowo, et al., 2022)?
10. Bagaimana pengaruh ergonomi dalam kehidupan sehari-hari (Dimyati, et al., 2021)?

DAFTAR PUSTAKA

- Farahdiansari, A. P., Dewadi, F. M. & Rahdiana, N., 2021. Analisis Unjuk Kerja BBM dengan Eco-Racing sebagai Campuran BBM yang Ekonomis. *JTMMX*, II(1), pp. 1-5.
- Wibowo, C., Sukarno, S., Nursanti, Y. B. & Dewadi, F. M., 2022. Kebutuhan Perguruan Tinggi di Wonogiri sebagai Bagian dari Pengembangan Sumber Daya Manusia. *VISIONER : Jurnal Penelitian Komunikasi dan Sosial Politik* , IV(1), pp. 20-27.
- Abbas, A. et al., 2020. *Implementation of clustering unsupervised learning using KMeans mapping techniques*. Medan, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.
- A. & Dewadi, F. M., 2022. Perancangan Mesin Roll Plat Listrik sebagai Peningkatan Efisiensi Kerja di Industri Manufaktur. *Jurnal Mekanika Terapan*, III(1), pp. 18-25.
- A, F. M. et al., 2022. Optimization of Vapor Compression Type for Desalination of Seawater Using the DFMA Method. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore (JTMMX)*, III(1), pp. 1-8.
- A. et al., 2021. Analisis Rancangan Sel Surya untuk Kebutuhan Cadangan Energi Listrik di Kolam Wilayah Graha Raya Bintaro, Tangerang Selatan. *JTMMX*, II(1), pp. 6-12.
- Della, R. H. et al., 2022. *Kesehatan & Keselamatan Kerja Era Society 5.0*. 1st ed. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Dewadi, F. M., 2016. *Perancangan Mesin Roll Pelat Dengan Penggerak Motor Listrik Ac 1 Fasa Kapasitas Daya Listrik 180 W*, Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal.
- Dewadi, F. M., 2021. Analisis Efektivitas Liquid Section Heat Exchanger dengan Tube in Tube Heat Exchanger dari Sisi Aplikatif. *JTMMX*, II(1), pp. 28-36.
- Dewadi, F. M., 2021. Efisiensi Pada Sepeda Listrik Dengan Dinamo Sepeda Sebagai Generator. *Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring*, IV(1), pp. 13-23.

- Dewadi, F. M., 2021. Pembelajaran dan Pengenalan Musik dalam Melatih Daya Ingat Anak. *JECED: Journal of Early Childhood Education and Development*, III(1), pp. 15-23.
- Dewadi, F. M., 2021. *Pengaruh Analisis Manajemen Stres Kinerja Perusahaan terhadap Pencapaian Kinerja Karyawan Optimal berdasarkan Pengalaman Pemuda Kreatif Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan*. Bukit Tinggi, IAIN Bukit Tinggi.
- Dewadi, F. M., 2022. Klasifikasi Perpindahan Panas. In: R. Pido, ed. *Perpindahan Panas: Dasar dan Praktisi dari Perspektif Akademisi dan Praktisi*. Bandung: Indie Press, pp. 1-8.
- Dewadi, F. M., Dahlan, D. & Maulana, E., 2019. Frame e-Bike Optimization Capacity 48V. *JOJAPS*, Volume XIV, pp. 129-138.
- Dimiyati, D. et al., 2021. Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Beda Ketebalan. *Borobudur Engineering Research (BENR)*, I(1), pp. 96-107.
- Guru Ekonomi, 2022. *Pengertian Ergonomi Menurut Para Ahli*. [Online]
Available at: <https://sarjanaekonomi.co.id/pengertian-ergonomi-menurut-para-ahli/>
[Accessed 15 Maret 2023].
- Hestriana, J. N., 2022. *Qubisa*. [Online]
Available at: <https://www.qubisa.com/article/5-negara-terbaik-work-life-balance-apa-pentingnya>
[Accessed 16 Maret 2023].
- Jati, R. R., Sofiyanti, B. & Dewadi, F. M., 2022. Pengenalan Material Yang Digunakan Dalam Proses Pengelasan Berdasarkan Spesifikasi Material. *Empowerment: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, I(3), pp. 300-305.
- JawaPos, 2021. *twitter*. [Online]
Available at:

https://twitter.com/i/flow/lite/verify_password

[Accessed 16 Maret 2023].

- K., Nanda, R. A., A. & Dewadi, F. M., 2022. Pelatihan Pemanfaatan Aquaponik Bagi Warga Kavling Rawa Bunga, Tangerang Selatan. *Journal of Entrepreneurship and Community Innovations*, I(1), pp. 16-21.
- K., Nanda, R. A. & Dewadi, F. M., 2022. Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Sensor BH-1750 Berbasis Mikrokontroler: Studi Kawasan Kampus UBP Karawang. *Praxis*, V(1), pp. 74-81.
- K. et al., 2022. Archimedes' Principle Applied to Buoy Design for Measuring Purposes in Offshore Illumination Conditions. *JTMMX*, III(1), pp. 40-48.
- K. et al., 2021. A Report on Metal Forming Technology Transfer from Expert to Industry for Improving Production Efficiency. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, I(2), pp. 96-103.
- Latar, M. A., 2013. *Konsumsi Energi*, Jakarta: Universitas Esa Unggul.
- Lewaherilla, N. C. et al., 2022. *Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Indonesia, Patent No. 000354858.
- M., Dewadi, F. M., A. & Sigalingging, W. S., 2021. Pengaruh Parameter Temperatur Quenching terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Rear Hub Spindles. *Buana Ilmu*, V(2), pp. 101-118.
- M., 2020. *Analisis Unjuk Kerja Eco Racing sebagai Suplemen Penghemat Bahan Bakar*. Malang, Universitas Widyagama Malang.
- Mulyadi, D. & Dewadi, F. M., 2021. Analisis Rancangan Sel Surya untuk Kebutuhan Cadangan Energi Listrik di Kolam Wilayah Graha Raya Bintaro, Tangerang Selatan. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, II(1), pp. 6-12.

- Nanda, R. A. et al., 2022. Perancangan dan Perakitan Elektronika Mikrokontroler berbasis IOT untuk Studi Pengukuran Sistem HVAC. *JTMMX*, VII(1), pp. 43-55.
- Raja Ma'arof, R. A., Saputra, O. . A., Dewadi, F. M. & Noor, A., 2021. *Engaging Students: Blending Class Activities with Industry-linked Teaching Approach in Occupational Safety and Health Course Delivery*, Kuala Lumpur: Universiti Kuala Lumpur.
- Riadi, M., 2017. *Kajian Pustaka*. [Online]
Available at:
<https://www.kajianpustaka.com/2017/12/keseimbangan-kehidupan-kerja-work-life-balance.html>
[Accessed 16 Maret 2023].
- Riyanto, S., 2020. *Research Gate*. [Online]
Available at:
https://www.researchgate.net/publication/343391235_The_Impact_of_Work-Life_Balance_on_Employee_Engagement_in_Generation_Z/figures?lo=1
[Accessed 16 Maret 2023].
- S. et al., 2021. Pengaruh Penahanan Suhu Reaktor pada Pengujian LDPE dengan Debit Air 46 L/Min. *JTMMX*, II(1), pp. 19-27.
- Sitorus , E. et al., 2022. *Kesehatan dan Keselamatan Kerja Era Sociey 5.0*. Indonesia, Patent No. 000338122.
- Supriyono, T. et al., 2022. Analisis Chassis Mobil Robot Penanaman Bibit Kangkung Menggunakan Metode Elemen Hingga. *JTMMX*, II(2), pp. 1-8.
- Surbakti, D., Wibowo, C. & Dewadi, F. M., 2022. Perbaikan Gerobak Sampah sebagai Bagian dari Manajemen Sampah Sisi Hulu di Lingkungan Permata Penggilingan Jakarta. *Indonesian Journal of Engagement, Community Services, Empowerment and Development*, II(2), pp. 165-174.
- Wibowo, C. & Dewadi, F. M., 2022. Design Pressure Reduction System (PRS) untuk Compressed Natural Gas (CNG)

Kapasitas 30 Nm³/h dalam Sisi Teknis dan Ekonomis. *TEKINFO: Jurnal Penelitian Teknik dan Informatika*, II(2), pp. 60-65.

Wibowo, C., Dewadi, F. M. & Afgani, A. A., 2021. Impementasi Material Titanium pada Sepeda Listrik sebagai Rangka yang Efisien. *JTMMX*, II(1), pp. 13-18.

BAB 10

BEBAN KERJA DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI

Oleh Fatin Saffanah Didin

10.1 Pendahuluan

Pada saat melakukan pekerjaan sehari-hari, tubuh manusia sebagai pekerja bersinergi baik secara fisik dan mental melakukan tahapan kegiatan pekerjaan supaya dapat selesai sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Namun demikian, kapasitas masing-masing pekerja (manusia) memiliki perbedaan dan keterbatasan baik secara fisik dan mental. Kapasitas manusia ini berdampak pada kondisi beban kerja yang dirasakan oleh pekerja.

Beban kerja ini yang dirasakan oleh pekerja dapat berupa beban kerja fisik dan beban kerja mental. Beban kerja fisik erat kaitannya dengan pekerjaan yang sebagian besar menggunakan aktivitas fisik seperti pada industri konstruksi, pertanian, manufaktur maupun logistik. Aktivitas pekerjaan yang dilakukan sering kali dalam kondisi lingkungan fisik kerja yang tidak memadai (ruangan panas, bising, berdebu dan lembab). Kemudian aktivitas kerja fisik ini berkaitan erat dengan kapasitas fisik tubuh pekerja (kapasitas fisiologi).

Sedangkan untuk beban kerja mental berhubungan dengan aktivitas pekerjaan yang memerlukan aktivitas berpikir dan berhubungan dengan kapasitas mental dan kognitif dari pekerja. Jenis pekerjaan yang umumnya lebih banyak menggunakan proses mental yang dilakukan oleh pekerjaannya seperti *Air Traffic Control* (ATC), pekerjaan pengawasan produksi,

perencanaan produksi, pengembangan produk dan manajemen industri.

Kondisi beban kerja yang lebih besar daripada kapasitas pekerjaanya dapat berdampak negatif pada kesehatan dan kinerja pekerja. Dampak nyata yang dapat dirasakan oleh pekerja seperti kelelahan, stress, cedera fisik maupun penurunan produktivitas dan kualitas kerja.

Oleh karena itu, dalam pelaksanaan pekerjaan sehari-hari diperlukan untuk mempertimbangkan aspek beban kerja pada pekerja. Hal ini untuk mengingatkan kembali bahwasanya manusia bukanlah robot atau mesin. Sehingga berangkat dari keterbatasan manusia ini, pengukuran beban kerja perlu untuk dilakukan secara berkala sehingga dapat menciptakan sistem kerja yang memberikan beban kerja sesuai dengan kapasitas pekerja.

10.2 Beban Kerja Fisik

Beban kerja fisik merupakan suatu aktivitas atau gerakan fisik yang harus dilakukan oleh pekerja untuk menyelesaikan tugasnya. Beban kerja fisik dapat berasal dari aktivitas seperti mengangkat, memindahkan, dan mengangkut barang atau benda-benda berat. beban kerja fisik dapat diukur berdasarkan faktor-faktor seperti kekuatan yang dibutuhkan, frekuensi gerakan, durasi tugas, dan kondisi lingkungan kerja. Beban kerja fisik yang berlebihan dapat mempengaruhi kesehatan dan kinerja pekerja. Beban kerja fisik yang tinggi dapat menyebabkan kelelahan otot, cedera akut, dan bahkan cedera kronis, seperti cedera pada tulang belakang (Kohn & Friend, 1996; Dul dkk., 2012; Pheasant & Haslegrave 2018).

Untuk mengurangi risiko cedera dan memastikan pekerjaan yang aman dan produktif, perusahaan harus memperhatikan faktor-faktor ergonomi dalam merancang tempat kerja dan proses kerja. Beberapa tindakan yang dapat diambil oleh perusahaan untuk mengurangi beban kerja fisik antara lain memperkenalkan

alat bantu untuk mengangkat dan memindahkan barang, meningkatkan ergonomi pada peralatan dan lingkungan kerja, serta memberikan pelatihan ergonomi kepada karyawan.

Pemahaman yang baik terkait dengan beban kerja fisik sangat penting dalam memastikan kesehatan dan keselamatan kerja di tempat kerja. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan untuk memperhatikan beban kerja fisik pekerja dan mengambil tindakan untuk mengurangi beban kerja fisik para pekerja yang lebih dari kapasitasnya. Dalam memahami beban kerja fisik di industri, perusahaan perlu memperhatikan faktor ergonomi maupun kesehatan kerja agar pekerja dapat bekerja dengan efektif, aman, sehat, nyaman dan efisien (EASNE) sehingga pekerja dapat lebih produktif.

10.2.1 Kemampuan Fisik

Kemampuan fisik pekerja dalam keilmuan ergonomi mengacu pada kemampuan fisik yang dibutuhkan untuk melakukan tugas-tugas pekerjaan dengan efektif dan efisien, serta tanpa risiko cedera. Kemampuan fisik dapat berkaitan dengan kekuatan, kelenturan, keseimbangan, koordinasi, daya tahan dan kemampuan gerakan.

Kemampuan fisik pekerja memiliki hubungan yang erat dengan fisiologi ergonomi, yang mempelajari interaksi antara tubuh manusia dan lingkungan kerjanya. Fisiologi ergonomi mencakup studi tentang bagaimana sistem tubuh manusia beradaptasi dan bereaksi terhadap beban kerja fisik dan lingkungan kerja yang berbeda. Kemampuan fisik pekerja perlu dipertimbangkan untuk mencegah risiko cedera kerja dan kelelahan fisik. Peningkatan kemampuan fisik dapat membantu meningkatkan kinerja pekerja, sementara penurunan kemampuan fisik dapat mempengaruhi produktivitas kerja dan kesehatan pekerja.

Sebagai contoh, kemampuan fisik pekerja seperti kekuatan otot dan daya tahan kardiorespirasi dapat mempengaruhi

kemampuan mereka untuk melakukan tugas-tugas fisik yang membutuhkan intensitas tinggi dan durasi yang lama. Selain itu, faktor-faktor seperti postur tubuh, kekuatan grip, dan fleksibilitas juga dapat mempengaruhi kemampuan fisik dan kesehatan pekerja (Pheasant & Haslegrave 2018; Salvendy & Karwowski, 2021).

Keterkaitan antara kemampuan fisik dengan beban kerja fisik di ergonomi sangat erat. Kemampuan fisik merupakan faktor penting yang mempengaruhi kemampuan seseorang untuk menyelesaikan tugas fisik yang diberikan. Semakin tinggi kemampuan fisik seseorang, semakin besar pula kemampuan seseorang untuk menangani beban kerja fisik yang berat.

Menurut Pheasant dan Haslegrave (2018), kemampuan fisik dapat diukur melalui tes fisik seperti VO2 max, tes kekuatan otot, dan tes daya tahan. Tes-tes ini dapat membantu menilai kemampuan fisik seseorang dan memprediksi kemampuan seseorang dalam menangani beban kerja fisik yang berat.

Sementara itu, menurut Dul dkk. (2012), keterkaitan antara kemampuan fisik dengan beban kerja fisik dapat diukur dengan menggunakan metode pengukuran beban kerja fisik secara objektif seperti metode *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) atau metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA). Dalam pengukuran ini, kemampuan fisik seseorang menjadi salah satu faktor penting yang diperhitungkan dalam menentukan tingkat keberhasilan dalam menangani beban kerja fisik.

Kemampuan fisik memainkan peranan penting dalam menangani beban kerja fisik di ergonomi. Pengukuran kemampuan fisik dapat membantu memperkirakan kemampuan seseorang dalam menangani beban kerja fisik yang berat dan dapat dijadikan sebagai salah satu pertimbangan dalam penentuan beban kerja yang sesuai dengan kemampuan fisik seseorang.

10.2.2 Pengukuran Beban Kerja Fisik

Pengukuran beban kerja fisik dapat dilakukan secara subjektif dan objektif di ergonomi. Pengukuran subjektif dilakukan dengan meminta responden untuk memberikan penilaian terhadap tingkat beban kerja fisik yang mereka alami selama bekerja, melalui kuesioner atau wawancara. Sedangkan pengukuran objektif dilakukan dengan menggunakan alat pengukur beban kerja fisik, seperti alat pengukur kekuatan fisik, alat pengukur jarak tempuh, dan sebagainya (Menolotto dkk., 2020).

Pengukuran subjektif sering digunakan karena lebih mudah dan cepat dilakukan, namun keakuratannya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran objektif. Pengukuran objektif dianggap lebih akurat karena menghasilkan data yang lebih presisi, namun membutuhkan biaya dan waktu yang lebih besar.

Pengukuran beban kerja fisik secara subjektif dan objektif memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Oleh karena itu, penggunaan keduanya perlu disesuaikan dengan tujuan pengukuran dan kondisi yang ada (Marras& Karwowski, 2006).

1. Pengukuran Beban Kerja Fisik Secara Subjektif

Pengukuran beban kerja fisik secara subjektif dilakukan dengan meminta responden untuk memberikan penilaian terhadap tingkat beban kerja fisik yang mereka alami selama bekerja, melalui kuesioner atau wawancara. Metode subjektif sering digunakan karena lebih mudah dan cepat dilakukan, namun keakuratannya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran objektif (Karhu& Kuorinka, 1977; Menolotto dkk., 2020; Marras& Karwowski, 2006).

Pada pengukuran subjektif, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, antara lain:

- a. *Rating of Perceived Exertion* (RPE) Scale RPE scale merupakan skala subjektif untuk mengukur beban kerja fisik. Skala ini meminta responden memberikan

penilaian tentang tingkat kelelahan atau beban kerja yang dirasakan selama aktivitas. Skala ini biasanya memiliki rentang angka antara 6 hingga 20.

- b. *Borg Category Ratio* (CR-10) Scale CR-10 scale adalah salah satu skala subjektif yang digunakan untuk mengukur beban kerja fisik. Skala ini juga meminta responden memberikan penilaian tentang tingkat beban kerja fisik yang dirasakan, namun menggunakan rentang angka dari 0 hingga 10.
- c. *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT) SWAT adalah metode pengukuran subjektif yang menggunakan kuesioner untuk mengukur tingkat beban kerja fisik, psikologis, dan mental. Kuesioner ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi beban kerja fisik dan psikologis responden.

Dalam pengukuran beban kerja fisik secara subjektif, penentuan metode yang tepat dan sesuai dengan tujuan pengukuran dan kondisi responden sangat penting untuk menghasilkan data yang akurat.

2. Pengukuran Beban Kerja Fisik Secara Objektif

Pengukuran beban kerja fisik secara objektif dilakukan dengan menggunakan metode-metode tertentu yang dirancang untuk mengukur beban kerja fisik yang dihadapi oleh pekerja secara akurat dan terstandarisasi. Metode-metode tersebut dapat berupa metode *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) atau metode *Rapid Entire Body Assessment* (REBA).

Metode NIOSH adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mengukur beban kerja fisik secara objektif. Metode ini menghitung beban kerja fisik berdasarkan pada lima parameter utama, yaitu postur tubuh, gerakan

tubuh, beban fisik, kekuatan fisik, dan tuntutan kerja. Setiap parameter dinilai dan diberi skor sesuai dengan tingkat kesulitan dan intensitas dari parameter tersebut. Setelah diberi skor, parameter-parameter tersebut dijumlahkan untuk menghasilkan nilai indeks beban kerja fisik (NIOSH, 2018).

Metode REBA adalah metode pengukuran beban kerja fisik yang secara spesifik digunakan untuk mengukur beban kerja fisik pada pekerjaan yang melibatkan posisi tubuh yang kompleks dan gerakan tubuh yang rumit. Metode ini dilakukan dengan memeriksa dan mengevaluasi gerakan tubuh, postur tubuh, tuntutan kerja, dan beban fisik yang diperlukan dalam suatu pekerjaan. Metode REBA juga melibatkan penggunaan diagram yang menunjukkan posisi tubuh dan beban fisik yang diperlukan dalam pekerjaan (McAtamney&Corlett, 1993).

10.3 Beban Kerja Mental

Beban kerja mental adalah tingkat kecemasan, stres, ketegangan, dan kelelahan mental yang dihadapi oleh seseorang dalam menjalankan tugas atau pekerjaan tertentu. Beban kerja mental dapat terjadi pada tugas yang memerlukan konsentrasi, memori, perhatian, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, dan tugas-tugas lain yang memerlukan pengolahan informasi secara mental.

Beban kerja mental dalam ergonomi dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kompleksitas tugas, kecepatan tugas, jumlah informasi yang harus diolah, durasi tugas, dan kondisi lingkungan kerja. Beban kerja mental yang tinggi dapat menyebabkan kelelahan mental, kesalahan, dan penurunan kinerja, sehingga dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan kerja (Longo, 2017).

Beban kerja mental dapat dikelola dan dikurangi dengan cara mengoptimalkan lingkungan kerja, tugas, dan sistem kerja agar sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia. Hal ini

dikenal sebagai ergonomi kognitif. Ergonomi kognitif bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang mendukung dan dapat meminimalkan beban kerja mental yang berlebihan.

10.3.1 Kemampuan Mental

Kemampuan mental manusia dalam konteks ergonomi mengacu pada kemampuan kognitif dan psikologis manusia dalam menjalankan tugas dan aktivitas sehari-hari yang melibatkan interaksi antara manusia dengan lingkungannya. Selain itu, contoh kemampuan mental yang biasa dilakukan oleh pekerja seperti kemampuan untuk memperhatikan, mengingat, mengelola, memproses informasi dari lingkungan kerja, berkomunikasi, memecahkan masalah, dan mengambil keputusan secara efektif saat bekerja Salvendy dan Karwowski, 2021; Wickens dan Hollands, 2015).

10.3.2 Pengukuran Beban Kerja Mental

Pengukuran beban kerja mental dapat dilakukan dengan menggunakan metode subjektif dan objektif. Berikut adalah penjelasan mengenai kedua jenis pengukuran beban kerja mental:

1. Pengukuran Beban Kerja Mental Secara Subjektif

Pengukuran subjektif beban kerja mental melibatkan penilaian subjektif dari individu yang melakukan aktivitas kerja. Pengukuran ini didasarkan pada persepsi individu mengenai tingkat kelelahan, stres, atau kesusahan yang dialami selama menjalankan aktivitas kerja. Metode subjektif sering digunakan untuk mengukur beban kerja mental yang kompleks dan sulit diukur secara objektif.

Contoh metode subjektif adalah *NASA Task Load Index* (TLX), kuesioner *Workload Profile* (WP), dan kuesioner *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT). NASA TLX menggunakan kuesioner untuk menilai lima dimensi beban kerja mental yaitu kelelahan mental, tuntutan mental, tuntutan fisik, waktu respons, dan tingkat kepuasan. WP dan SWAT

mengukur beban kerja mental dengan meminta individu menilai tingkat kelelahan, kesulitan, dan tuntutan mental yang mereka alami selama melakukan tugas tertentu (Hart, 1988; Wilson & Russell, 2007).

2. Pengukuran Beban Kerja Mental Secara Objektif

Pengukuran objektif beban kerja mental melibatkan pengukuran variabel fisiologis atau perilaku yang berkaitan dengan aktivitas mental. Pengukuran objektif digunakan untuk mengevaluasi beban kerja mental yang spesifik dan terukur dengan alat atau teknik yang tepat. Contoh pengukuran objektif adalah aktivitas elektroensefalogram (EEG) untuk mengukur aktivitas otak, pengukuran pupil untuk menilai tingkat konsentrasi, pengukuran respons waktu, dan pengukuran kecepatan reaksi (Wilson & Russell, 2007; O'Donnell & Eggemeier, 1986).

Kedua jenis pengukuran beban kerja mental memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri. Penggunaan metode subjektif dan objektif sebaiknya dipertimbangkan secara hati-hati untuk memastikan akurasi dan relevansi pengukuran terhadap tujuan penelitian atau aplikasi ergonomi.

10.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Beban Kerja

10.4.1 Faktor yang mempengaruhi Beban Kerja Fisik

Menurut ILO (1998), faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan fisik seseorang dalam bekerja antara lain adalah:

1. Umur: Kemampuan fisik seseorang cenderung menurun seiring bertambahnya usia.
2. Jenis kelamin: Perbedaan biologis antara pria dan wanita dapat mempengaruhi kemampuan fisik mereka untuk melakukan tugas-tugas pekerjaan tertentu.

3. Postur tubuh: Postur tubuh yang buruk dapat mengurangi kemampuan fisik seseorang dan meningkatkan risiko cedera kerja.
4. Kondisi fisik: Kondisi fisik yang buruk, seperti obesitas, kelelahan, dan sakit kronis, dapat mempengaruhi kemampuan fisik seseorang dalam melakukan tugas-tugas pekerjaan.
5. Latihan fisik: Latihan fisik yang teratur dan konsisten dapat meningkatkan kemampuan fisik seseorang dalam melakukan tugas-tugas pekerjaan.

10.4.2 Faktor yang mempengaruhi Beban Kerja Mental

Beban kerja mental dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi beban kerja mental di ergonomi:

1. Tuntutan tugas (*task demands*)
Tuntutan tugas dapat mempengaruhi beban kerja mental. Tugas yang kompleks dan membutuhkan pemikiran yang mendalam cenderung meningkatkan beban kerja mental. Sebaliknya, tugas yang terlalu mudah dan monoton dapat menyebabkan kebosanan dan menurunkan beban kerja mental (Wickens & Hollands, 2015).
2. Interaksi antara manusia dan teknologi (*human-technology interaction*)
Teknologi dapat mempengaruhi beban kerja mental melalui interaksi manusia-teknologi yang kompleks. Antarmuka yang buruk atau perangkat yang sulit digunakan dapat meningkatkan beban kerja mental dan menyebabkan kelelahan mental (Salvendy & Karwowski, 2021).
3. Lingkungan kerja (*work environment*)
Lingkungan kerja dapat mempengaruhi beban kerja mental. Faktor seperti kebisingan, suhu, pencahayaan, dan

ventilasi dapat mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan mental pekerja (Kompier dkk., 2000).

4. Karakteristik individu (*individual characteristics*)

Karakteristik individu seperti kepribadian, motivasi, dan kemampuan kognitif dapat mempengaruhi beban kerja mental. Individu yang kurang terampil atau memiliki masalah kesehatan mental cenderung mengalami beban kerja mental yang lebih tinggi (Schaufeli dkk., 2006).

5. Faktor organisasi (*organizational factors*)

Faktor organisasi seperti kebijakan perusahaan, tuntutan waktu, dan dukungan sosial dapat mempengaruhi beban kerja mental. Faktor-faktor ini dapat memengaruhi tingkat stres dan kelelahan mental pekerja (Demerouti dkk., 2001).

Semua faktor ini harus dipertimbangkan secara terpadu dalam mengembangkan desain tugas dan lingkungan kerja yang ergonomis. Dalam hal ini, ergonomi dapat membantu mengurangi beban kerja mental dan meningkatkan kinerja pekerja.

10.5 Contoh Kasus Pengukuran Beban Kerja

10.5.1 Contoh Kasus Pengukuran Beban Kerja Fisik

Berikut ini adalah beberapa contoh kasus pengukuran beban kerja fisik ergonomi di industry:

1. Studi kasus pada pekerja di industri pemrosesan makanan
Pada studi kasus ini, peneliti melakukan pengukuran beban kerja fisik ergonomi pada pekerja di industri pemrosesan makanan menggunakan metode REBA. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa beban kerja fisik ergonomi yang dialami oleh pekerja cukup tinggi, terutama pada tugas yang membutuhkan gerakan tubuh yang berulang (Fazi dkk., 2017).

2. Studi kasus pada pekerja konstruksi

Pada studi kasus ini, peneliti menggunakan metode REBA untuk melakukan pengukuran beban kerja fisik ergonomi pada pekerja konstruksi. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa beberapa tugas yang dilakukan oleh pekerja konstruksi memiliki tingkat risiko ergonomi yang tinggi, seperti mengangkat bahan bangunan yang berat (Darius & Deros, 2019).

3. Studi kasus pada pekerja di industri manufaktur

Pada studi kasus ini, peneliti menggunakan metode NIOSH Lifting Equation untuk melakukan pengukuran beban kerja fisik ergonomi pada pekerja di industri manufaktur. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa beberapa tugas yang dilakukan oleh pekerja memiliki risiko cedera yang tinggi, seperti mengangkat bahan yang berat dengan posisi tubuh yang tidak ergonomis (Shahu, 2016).

Pengukuran beban kerja fisik ergonomi sangat penting dilakukan di industri karena dapat membantu mengurangi risiko cedera dan kelelahan fisik pada pekerja. Dengan demikian, desain tugas dan lingkungan kerja yang ergonomis dapat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja.

10.5.2 Contoh Kasus Pengukuran Beban Kerja Mental

Berikut ini adalah beberapa contoh kasus pengukuran beban kerja mental ergonomi di industri:

1. Studi kasus pada pekerja di pabrik otomotif

Pada studi kasus ini, peneliti menggunakan metode NASA *Task Load Index* (TLX) untuk mengukur beban kerja mental pada pekerja di pabrik otomotif. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa beban kerja mental pada pekerja di pabrik otomotif cukup tinggi karena tugas yang berulang,

- tuntutan waktu yang ketat, dan lingkungan kerja yang bising (Chenarboo dkk., 2022).
2. Studi kasus pada petugas kesehatan di rumah sakit Pada studi kasus ini, peneliti menggunakan metode *Subjective Workload Assessment Technique* (SWAT) untuk mengukur beban kerja mental pada petugas kesehatan di rumah sakit. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa beban kerja mental pada petugas kesehatan cukup tinggi karena tuntutan waktu yang ketat, tanggung jawab yang besar, dan tugas yang kompleks (Bakhsi& Mazlomi,2017).
 3. Studi kasus pada operator CCTV di pusat pengawasan Pada studi kasus ini, peneliti menggunakan metode NASA *Task Load Index* (TLX) untuk mengukur beban kerja mental pada operator CCTV di pusat pengawasan. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa beban kerja mental pada operator CCTV cukup tinggi karena tuntutan konsentrasi yang tinggi, tingkat kelelahan yang tinggi, dan tugas yang memerlukan pemrosesan informasi yang kompleks (Fallahi dkk., 2016).

Pengukuran beban kerja mental ergonomi sangat penting dilakukan di industri karena dapat membantu mengurangi risiko kelelahan mental dan penurunan produktivitas pada pekerja. Dengan demikian, desain tugas dan lingkungan kerja yang ergonomis dapat meningkatkan kesejahteraan dan kinerja pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Kohn, J., & Friend, M.A. 1996. *Fundamentals of occupational safety and health*. Government Institutes.
- Longo, L. 2017. *Subjective Usability, Mental Workload Assessments and Their Impact on Objective Human Performance*. Human-Computer Interaction, 10514.
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. 2001. *The job demands-resources model of burnout*. Journal of Applied Psychology, 86(3), 499-512.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., ... & van der Doelen, B. 2012. *A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession*. CRC press.
- Darius, D. D. I., Deros, B.M., Jeyasekaran, N. 2019. *Ergonomics risk assessment among infrastructure construction workers in Kuala Lumpur*. Human Factors and Ergonomics, 4 (1), 32-40.
- Menolotto, M., Komaris, D. S., Tedesco, S, O'Flynn, B, Walsh, M. 2020. *Motion Capture Technology in Industrial Applications: A Systematic Review*. Sensors, 20 (19), 5678.
- Bakhsi, E., Mazlomi, A. 2017. *Mental workload and its determinants among nurses in one hospital in Kermanshah City Iran*. Journal of Occupational Hygiene Engineering, 3 (4), 53-60.
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. 1988. *Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research*. Human mental workload, 1(3), 139-183.
- Chenarboo, F. J., Hekmatshoar, R., Fallahi, M. 2022. *The influence of physical and mental workload on the safe behavior of employees in the automobile industry*. Heliyon, 8 (10), 11034.
- Shahu, R. 2016. *The NIOSH lifting equation for manual lifting and Its Application*. Journal of Ergonomics, 6 (2), 1000159.

- Fallahi, M., Motamedzade, M., Heidarimoghadam, R., Soltanian, A.R., Miyake, S. 2016. *Assessment of operators' mental workload using physiological and subjective measures in cement, city, traffic and power plant control centers*. Health Promotion Perspective, 6 (2), 96-103.
- Karhu, O., Kansil, P., & Kuorinka, I. 1977. *Correcting working postures in industry: a practical method for analysis*. Applied ergonomics, 8(4), 199-201.
- Kompier, M. A., Cooper, C. L., & Geurts, S. A. 2000. *A Multiple case study approach to work stress prevention in Europe*. Journal Work Organ, 9, 371-400.
- Marras, W. S., & Karwowski, W. 2006. *Fundamentals and assessment tools for occupational ergonomics*. CRC Press.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. 1993. *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. Applied ergonomics, 24(2), 91-99.
- Fazi, H, M., Mohamed, N. M. Z. N., Rashid, M. F. F. A., Rose, A. N. M. 2017 *Ergonomics study for workers at food production industry*. MATEC Web of Conferences, 90, 01003.
- National Institute for Occupational Safety and Health. 2018. *NIOSH lifting equation*. Diakses dari <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ergonomics/nlecalc.html>
- O'Donnell, R. D., Eggemeier, F. T. 1986. *Workload assessment methodology Handbook of perception and human performance*. John Wiley & Sons.
- Pheasant, S., Haslegrave, C. M. 2018. *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and design*. CRC press.
- Salvendy, G., & Karwowski, W. 2021. *Handbook of human factors and ergonomics*. John Wiley & Sons.
- Schaufeli, W. B., Bakker, A. B., & Salanova, M. 2006. *The measurement of work engagement with a short questionnaire: A cross-national study*. Educational and psychological measurement, 66(4), 701-716.

- Wickens, C. D., & Hollands, J. G. 2015. *Engineering psychology and human performance*. Psychology Press.
- Hart, S. G. 1988. *Development of a multidimensional workload rating scale: Results of empirical and theoretical research*. Human Mental Workload, (1), 39-1988.
- Wilson, G. F., & Russell, C. A. 2007. *Performance Enhancement in an Uninhabited Air Vehicle Task Using Psychophysiologicaly Determined Adaptive Aiding*. Theoretical Issues in Ergonomics Science, 49(6), 1005-1018.

BAB 11

FAKTOR-FAKTOR LINGKUNGAN KERJA YANG TERKAIT ERGONOMI

Oleh Rini Oktavera

11.1 Pendahuluan

Perusahaan yang akan mengimplementasikan ergonomi dan keselamatan kerja terhadap lingkungan kerja selayaknya memperhatikan faktor-faktor lingkungan kerja. Faktor-faktor bisa dijadikan tolak ukur serta pedoman dalam pelaksanaan ergonomi lingkungan kerja. Faktor-faktor ergonomi yang perlu dipertimbangkan dalam lingkungan kerja (Wignjosoebroto, 2000)

11.2 Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja adalah kondisi dan faktor-faktor di sekitar tempat kerja yang dapat mempengaruhi kesejahteraan, produktivitas, dan kepuasan karyawan. Faktor-faktor ini dapat mencakup hal-hal seperti kebersihan dan kualitas udara, pencahayaan, suhu, kebisingan, desain ruang kerja, serta interaksi sosial antara karyawan (Nurmianto, 2004). Selain itu, budaya organisasi, nilai-nilai perusahaan, dan tuntutan pekerjaan juga dapat mempengaruhi lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang baik dapat membantu meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan karyawan, serta membantu meningkatkan kualitas dan kepuasan kerja.

Lingkungan kerja dapat dibagi menjadi beberapa jenis berdasarkan perspektif yang berbeda. Berikut adalah beberapa pembagian lingkungan kerja yang umum:

1. Berdasarkan sumber pengaruh:
 - Faktor fisik: meliputi aspek lingkungan yang bersifat fisik seperti kebisingan, pencahayaan, suhu, dan kualitas udara.
 - Faktor psikologis: meliputi aspek lingkungan yang bersifat psikologis seperti tuntutan pekerjaan, pengawasan, interaksi sosial, dan budaya organisasi.
2. Berdasarkan lokasi:
 - Lingkungan kerja di kantor: ruang kerja, meja, kursi, dan fasilitas lainnya di dalam kantor.
 - Lingkungan kerja di luar kantor: lokasi kerja di luar kantor seperti pabrik, gudang, atau lapangan.
3. Berdasarkan jenis pekerjaan:
 - Lingkungan kerja fisik: pekerjaan yang memerlukan kehadiran fisik seperti pekerjaan konstruksi atau manufaktur.
 - Lingkungan kerja mental: pekerjaan yang memerlukan keahlian mental seperti pekerjaan di bidang teknologi informasi atau keuangan.
4. Berdasarkan tingkat interaksi:
 - Lingkungan kerja individual: pekerjaan yang dilakukan secara mandiri tanpa adanya interaksi dengan orang lain.
 - Lingkungan kerja kelompok: pekerjaan yang melibatkan interaksi dengan orang lain dalam kelompok atau tim.

Dalam prakteknya, lingkungan kerja biasanya memiliki kombinasi dari beberapa faktor di atas yang saling berinteraksi dan mempengaruhi kesejahteraan dan produktivitas karyawan.

11.3 Antropometri dan Dimensi Ruang Kerja

Secara umum, antropometri berkaitan dengan ukuran fisik dan fungsi ruang gerak, serta faktor lainnya. Dalam ergonomi, penting untuk menyesuaikan peralatan dan fasilitas kerja dengan dimensi tubuh pengguna. Dimensi ruang kerja dipengaruhi oleh

situasi fisik dan situasi kerja, dan perlu memperhatikan jarak jangkauan yang dapat dijangkau oleh pegawai, batasan ruang yang memberikan keleluasaan gerak, dan kebutuhan area minimum untuk kegiatan tertentu. Kondisi Lingkungan Fisik. Dalam ergonomi sangat mempertimbangkan seluruh aspek lingkungan fisik kerja yang memiliki potensi bahaya pada saat proses perancangan ruang kerja. Dengan demikian kondisi-kondisi bahaya tersebut bisa diantisipasi dan diberi tindakan-tindakan preventif sebelumnya.

a. Prinsip-prinsip ekonomi gerakan yang harus diperhitungkan dalam perancangan ruang kerja meliputi berbagai hal, antara lain:

- 1) mengorganisasi fasilitas kerja sehingga mudah bagi karyawan untuk mengetahui lokasi materiil, suku cadang, peralatan, dan kontrol lainnya,
- 2) merancang fasilitas kerja dengan dimensi yang sesuai dengan data antropometri pada rentang 5 hingga 95 persen sehingga karyawan dapat bekerja dengan nyaman tanpa cepat lelah,
- 3) menjaga pasokan material dan peralatan secara teratur ke ruang kerja yang membutuhkan,
- 4) menetapkan lokasi peralatan kerja untuk model atau tipe yang sama,
- 5) merancang kegiatan kerja sehingga ada keseimbangan antara tangan kanan dan kiri,
- 6) menyesuaikan tata letak ruang kerja dengan aliran proses produksi, dan
- 7) mengkombinasikan dua atau lebih peralatan kerja untuk memperkuat proses kerja. Prinsip-prinsip tersebut dapat membantu dalam meminimalkan konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi output kerja dalam tahap perancangan dan pengembangan sistem kerja secara umum.

b. Energi Kerja yang Dikonsumsi

Implementasikan prinsip-prinsip ergonomi dan gerakan dalam tahap perancangan dan pengembangan sistem kerja sehingga meminimalkan energi yang harus dikonsumsi dan meningkatkan efisiensi output kerja itu sendiri.

Beberapa teknik ergonomi yang dapat digunakan dalam lingkungan kerja meliputi:

1. Diagnosis, yang dapat dilakukan melalui berbagai cara seperti wawancara dengan pekerja, inspeksi tempat kerja, penilaian fisik pekerja, uji pencahayaan, checklist ergonomi, dan pengukuran lingkungan kerja lainnya. Tingkat kompleksitas dapat bervariasi dari yang sederhana hingga kompleks.
2. Penanganan, solusi ergonomi yang dipilih tergantung pada data dasar yang diperoleh dari diagnosis. Beberapa solusi yang sederhana seperti mengubah posisi furniture, penempatan pencahayaan yang sesuai atau jendela. Pembelian furniture yang sesuai dengan dimensi fisik pekerja juga dapat dilakukan.
3. Evaluasi, melalui penilaian subyektif atau obyektif. Penilaian subyektif dapat dilakukan dengan menanyakan kenyamanan kerja, bagian tubuh yang sakit, rasa lelah, sakit kepala, dan sebagainya. Sedangkan penilaian obyektif dapat dilakukan dengan menggunakan parameter seperti jumlah produk yang ditolak, tingkat absensi sakit, jumlah kecelakaan kerja, dan lain-lain.

11.4 Faktor-Faktor Lingkungan Kerja

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari bagaimana manusia berinteraksi dengan lingkungan kerjanya dan bagaimana lingkungan kerja dapat disesuaikan untuk meningkatkan kesehatan, keselamatan, dan kenyamanan kerja. Faktor-faktor lingkungan kerja yang sesuai dengan ergonomi meliputi:

1. **Desain tugas:** Pekerjaan harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik dan mental karyawan. Tugas yang terlalu berat, berulang-ulang, atau monoton dapat menyebabkan stres, cedera, atau kelelahan.
2. **Desain tempat kerja:** Tempat kerja harus dirancang agar ergonomis, dengan memperhatikan posisi tubuh yang nyaman dan aman. Misalnya, meja harus sesuai dengan tinggi tubuh karyawan dan kursi harus memiliki dukungan punggung yang memadai.
3. **Desain peralatan:** Peralatan kerja harus dirancang agar mudah digunakan dan tidak menyebabkan kelelahan atau cedera. Misalnya, pegangan harus ergonomis, tombol harus mudah dijangkau dan digunakan, dan layar harus terletak pada tingkat mata yang tepat.
4. **Pencahayaannya:** Pencahayaannya yang buruk dapat menyebabkan ketegangan mata dan sakit kepala. Oleh karena itu, tempat kerja harus memiliki pencahayaannya yang cukup dan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.
5. **Ventilasi:** Udara yang buruk dapat menyebabkan masalah kesehatan dan kenyamanan kerja. Oleh karena itu, tempat kerja harus memiliki ventilasi yang cukup dan efektif.
6. **Suara:** Kebisingan dapat menyebabkan stres dan masalah pendengaran. Oleh karena itu, tempat kerja harus dirancang agar mengurangi kebisingan dan memungkinkan karyawan untuk berkomunikasi dengan mudah.
7. **Warna dan desain:** Warna dan desain tempat kerja dapat memengaruhi suasana hati dan produktivitas karyawan. Oleh

karena itu, desain harus mempertimbangkan faktor-faktor ini dan memilih warna dan desain yang sesuai.

Semua faktor ini harus dipertimbangkan secara menyeluruh dalam merancang lingkungan kerja yang ergonomis untuk memastikan karyawan bekerja dengan aman, nyaman, dan efektif.

Berikut ini adalah tabel pengecekan faktor-faktor lingkungan kerja yang ergonomis yang dapat digunakan sebagai panduan untuk mengevaluasi apakah lingkungan kerja sudah memenuhi standar ergonomi(Jafari *et al*, 2020):

Tabel 11.1. Tabel Pengecekan Lingkungan Kerja yang Ergonomis

Faktor Lingkungan Kerja	Ya	Tidak
Desain Tugas telah memperhatikan kemampuan fisik dan mental karyawan		
Desain tempat kerja telah memperhatikan posisi tubuh yang nyaman dan aman		
Peralatan kerja dirancang dengan ergonomi dan mudah digunakan		
Pencahayaannya di tempat kerja cukup dan sesuai dengan jenis pekerjaan		
Ventilasi di tempat kerja cukup dan efektif		
Kebisingan di tempat kerja dijaga agar tidak mengganggu karyawan		
Warna dan desain tempat kerja mempertimbangkan faktor suasana hati dan produktivitas karyawan		

Evaluasi dapat dilakukan dengan memberikan tanda cek pada kolom "Ya" jika faktor tersebut telah dipenuhi dan memberikan tanda silang pada kolom "Tidak" jika faktor tersebut

belum dipenuhi. Jika ada faktor yang belum dipenuhi, maka perlu dilakukan perbaikan atau penyesuaian agar lingkungan kerja memenuhi standar ergonomi dan karyawan dapat bekerja dengan aman, nyaman, dan efektif

Berikut ini adalah beberapa referensi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam membuat tabel pengecekan lingkungan kerja yang ergonomis:

1. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Elements of Ergonomics Programs: A Primer Based on Workplace Evaluations of Musculoskeletal Disorders.* (<https://www.cdc.gov/niosh/docs/97-117/>)
2. *Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Ergonomics Program Management Guidelines for Meatpacking Plants.* (<https://www.osha.gov/sites/default/files/ergonomics-guidelines-meatpacking-plants.pdf>)
3. *Health and Safety Executive (HSE). Display screen equipment (DSE) workstation checklist.* (<http://www.hse.gov.uk/pubns/ck1.pdf>)
4. *The Chartered Institute of Ergonomics and Human Factors (CIEHF). Ergonomics and human factors guidance.* (<https://www.ergonomics.org.uk/Public/Resources/Downloads/Ergonomics-and-human-factors-guidance.aspx>)
5. *International Ergonomics Association (IEA). Ergonomics Guidelines for Occupational Health Practice in Industrially Developing Countries.* (https://www.iea.cc/upload/2-TF_OccupationalHealthPractice.pdf)

Dalam membuat tabel pengecekan, dapat dipilih referensi yang paling sesuai dengan jenis pekerjaan dan lingkungan kerja yang akan dievaluasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Heintjes, F. dan Fletcher, D. 1993. "Investigations on Improvements to Office Lighting," *Architectural Science Review*, 36(3), hal. 121–130.
- Howlett, O. A. 2003. "Reflectance characteristics of display screen equipment: application to workplace lighting design," *Lighting Research & Technology*, 35(4), hal. 285–294.
- Jafari, H. *et al.* 2020. "Development and Validation Checklist for the Health, Safety and Environment Management System Auditing in the Surface Mines," *Iran Occupational Health*, 17(1), hal. 1098–1108.
- Loe, L., Mansfield, K. P. dan Rowlands, E. 1994. "Appearance of lit environment and its relevance in lighting design: Experimental study," *International Journal of Lighting Research and Technology*, 26(3), hal. 119–133.
- López-García, J. R. *et al.* 2019. "Psychosocial and ergonomic conditions at work: influence on the probability of a workplace accident," *BioMed research international*, 2019.
- Nurmianto, E. 2004. "Ergonomi konsep dasar dan aplikasinya edisi kedua," *Surabaya: Guna Widya*.
- Restiani, D. dan Suliantoro, H. 2014. "Analisis Ergonomi Dengan Ergonomi Checklist Di Workshop ME RU IV Cilacap," *Industrial Engineering Journal*, 3(4).
- dos Santos, Z. G., Vieira, L. dan Balbinotti, G. 2015. "Lean Manufacturing and ergonomic working conditions in the automotive industry," *Procedia Manufacturing*, 3, hal. 5947–5954.
- Suhardi, B. 2008. "Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi Industri," *Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*.
- Sutalaksana, I. Z. (1979) "dkk. Teknik Tata Cara Kerja," *Bandung: Departemen Teknik Industri-ITB*.

Wignjosoebroto, S. 2000. "Ergonomi Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja," *Surabaya: Guna Widya*, hal. 117–169.

BAB 12

KESELAMATAN KERJA DENGAN PRODUKTIVITAS DAN FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB KECELAKAAN KERJA

Oleh Habibi Santoso

12.1 Pendahuluan

Resiko kecelakaan kerja pada setiap lingkup pekerjaan selalu memiliki potensi. Hal ini disebabkan karena kesalahan perencanaan, tidak dikakukannya upaya pencegahan ataupun faktor lainnya seperti cuaca atau bencana alam. Tindakan pencegahan kecelakaan yang tidak terlaksana dan terpantau dengan baik, dapat mengakibatkan kerugian yang besar baik materi, cacat fisik atau bahkan jiwa. Begitu pentingnya hal ini, maka upaya sekecil apapun untuk pencegahan harus dilaksanakan dan melibatkan banyak pihak dalam suatu perusahaan atau lingkungan.

Penanganan keselamatan kerja pada perusahaan harus serius dilaksanakan bukan hanya oleh manager dan direktur saja, tetapi oleh semua lapisan masyarakat di perusahaan. Hal yang terpenting ialah tingkat kesadaran mengenai resiko bahaya serta perilaku yang harus dibiasakan agar dapat bekerja secara sehat dan selamat.

Hal yang sering terjadi, demi efisiensi kerja terjadilah kelalaian dalam menghadapi bahaya kecelakaan kerja, seperti tetap digunakannya alat-alat pelindung diri yang rusak, sehingga dapat menimbulkan resiko atau kecelakaan kerja. Sering di temukan juga alat pemadam/APAR yang sudah kadaluwarsa tetapi masih

tergantung di dudukannya atau pada posisi yang sama. Upaya pengoptimalan pada peralatan keselamatan dan kesehatan kerja, karena keselamatan yang dapat terngani bukan hanya kepada pekerja saja, tetapi juga keselamatan aset perusahaan.

Menciptakan lingkungan yang kondusif dan aman, diperlukan upaya penerapan kesehatan serta keselamatan kerja. Atas dasar itu keselamatan kerja harus dilakukan pengawasan pada manusia (*man*), alat/bahan (*materials*), mesin (*machines*), cara kerja (*methods*) dan lingkungan (*milieus*) (Kristiawan. R 2018)

Kesadaran industri akan penerapan K3 di lingkungannya dan memiliki visi untuk berkembang, akan memperhatikan aspek keselamatan dan kesehatan para pekerjanya. Perusahaan akan berusaha untuk menjamin keselamatan dan kesehatan para pekerjanya, yang berarti tidak terjadi kecelakaan kerja (*zero accident*) dan penyakit akibat kerja di tempat kerja.

Kecelakaan kerja adalah suatu yang terjadi di tempat kerja yang tidak terencana, tak terkendali dan tidak diinginkan yang disebabkan, baik secara langsung maupun tidak langsung dari tindakan tidak aman dan/atau ketidak amanan kondisi yang mengakibatkan berhentinya aktifitas kerja. Kecelakaan kerja yang terjadi akan mengakibatkan kerugian baik bagi masyarakat yang bekerja maupun perusahaan.

12.2 Kecelakaan akibat kerja

Lingkungan yang aman dan nyaman merupakan hal yang sangat di harapkan oleh semua orang. Oleh karena itu kontribusi bersama dalam menjaga lingkungan kerja dari hal yang berpotensi terjadinya kecelakaan kerja adalah wajib dilakukan. Kesehatan dan keselamatan kerja (K3) adalah suatu upaya menciptakan lingkungan kerja yang aman, nyaman dan produktif (Iqbal.M. 2021). Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) harus diterapkan di semua area kerja untuk meminimalkan kecelakaan kerja (Solihah, 2015).

Penetapan mengenai kecelakaan kerja yang di definisikan sebagai kejadian yang sangat berhubungan dengan pekerjaan yang dapat mengakibatkan cedera atau sakit (tergantung tingkat keparahan), kematian atau segala kejadian yang menyebabkan kematian. (OHSAS 18001:2007)

12.3 Penyakit akibat kerja

Berdasarkan peraturan kementerian ketenagakerjaan dan transmigrasi Nomor PER-01/MEN/1981 serta kepres RI No 22/1993 ada 31 jenis penyakit yang diakibatkan karena kerja, yaitu:

- 1) Pneumoconiosis sebagai akibat dari paparan debu mineral pembentuk jaringan-jaringan parut (silikosis, antrakosilikosis, asbestosis) dan silikotuberkulosis di mana silikosis merupakan faktor utama kecacatan atau kematian.
- 2) Penyakit paru-paru dan saluran pernapasan (broncho-pulmonary) karena terhirupnya serbuk logam.
- 3) Penyakit paru-paru dan saluran pernafasan (broncho-pulmonary) karena debu kapas, vlas, henep dan sisal (bissinosis).
- 4) Asma karena agen sensitisasi dan stimulan yang diketahui dalam proses kerja.
- 5) Penyakit Alveolitis alergi yang disebabkan karena terhirupnya serbuk organik
- 6) Penyakit yang disebabkan oleh berilium atau senyawa beracun.
- 7) Penyakit akibat kadmium atau senyawa racunnya.
- 8) Penyakit akibat fosfor atau senyawa beracunnya.
- 9) Penyakit akibat kromium atau senyawa beracunnya.
- 10) Penyakit akibat mangan atau senyawa racunnya.
- 11) Penyakit akibat arsenik atau senyawa beracunnya.
- 12) Penyakit akibat merkuri atau senyawa racunnya.

- 13) Penyakit akibat timbal atau senyawa beracunnya.
- 14) Penyakit akibat tepung atau senyawa beracunnya.
- 15) Penyakit akibat karbon disulfida.
- 16) Penyakit akibat turunan halogen dari senyawa hidrokarbon alifatik atau aromatik beracun.
- 17) Penyakit akibat benzena atau racunnya.
- 18) Penyakit akibat nitrat dan turunan amino dari benzena atau homolog beracunnya.
- 19) Penyakit akibat nitrogliserin atau ester asam nitrat lainnya.
- 20) Penyakit akibat alkohol, glikol atau keton.
- 21) Penyakit akibat oleh gas atau uap yang menyebabkan sesak napas atau beracun seperti karbon monoksida, hidrogen sianida, hidrogen sulfida atau turunannya yang beracun, amonia, seng, kuningan, dan nikel.
- 22) Gangguan pendengaran akibat kebisingan.
- 23) Penyakit akibat getaran mekanis (kelainan otot, tendon, sendi, pembuluh darah atau saraf tepi).
- 24) Penyakit akibat bekerja di udara terkompresi.
- 25) Penyakit akibat radiasi elektromagnetik dan radiasi pengion.
- 26) Penyakit kulit (dermatosis) akibat oleh penyebab fisik, kimia atau biologi.
- 27) Epitelioma primer kanker kulit yang disebabkan oleh tar, pelatuk, bitumen, minyak mineral, antrasena atau senyawa, produk atau residunya.
- 28) Kanker paru-paru atau mesothelioma yang disebabkan oleh asbestos.
- 29) Penyakit menular yang disebabkan oleh virus, bakteri atau parasit yang didapat dalam pekerjaan yang menimbulkan risiko kontaminasi tertentu.
- 30) Penyakit yang disebabkan oleh suhu tinggi atau rendah atau pancaran panas atau kelembaban yang tinggi.

- 31) Penyakit yang disebabkan oleh bahan kimia lainnya, termasuk bahan obat.

Pencegahan terhadap penyakit bagi para pekerja sangatlah penting dilakukan oleh perusahaan. Secara teknis penegakan diagnosis dilakukan dengan cara berikut ini:

- 1) Peningkatan kesehatan (kesehatan spesial). Contoh: anjuran kesehatan dan keselamatan kerja (K3) pendidikan kesehatan, tingkatkan nutrisi yang baik, perkembangan kepribadian, perusahaan yang sehat dan memadai, rekreasi, lingkungan kerja konseling perkawinan yang memadai dan pendidikan seks, konsultasi tentang keturunan dan pemeriksaan kesehatan berkala
- 2) Perlindungan khusus (spesifik perlindungan). Contoh: vaksinasi, higiene perorangan, sanitasi lingkungan dan perlindungan terhadap risiko dan kecelakaan kerja dengan menggunakan alat pelindung diri (APD) seperti helm, kacamata kerja, masker, pelindung telinga (penutup telinga dan penutup telinga), pakaian tahan panas, sarung tangan, dll.
- 3) Diagnosis dini (deteksi) dan penanganan cepat serta pembatasan titik lemah untuk mencegah komplikasi.
- 4) Batasi kemungkinan cacat (batasan disabilitas). Misalnya: pemeriksaan dan perawatan pekerja secara menyeluruh, perawatan pekerja yang sempurna dan pendidikan kesehatan.
- 5) Pemulihan kesehatan (rehabilitasi). Misalnya: rehabilitasi dan mempekerjakan kembali pekerja cacat. Sejauh mungkin, perusahaan mencoba untuk menempatkan karyawan penyandang disabilitas di posisi yang sesuai

12.4 Analisis resiko dan pengendalian K3

Keselamatan kerja dapat berarti juga upaya perlindungan kepada pekerja, menjaga keselamatan orang lain, perlindungan pada peralatan, tempat kerja dan bahan produksi, melestarikan lingkungan dan mempercepat proses produksi.

Perilaku dan kondisi yang tidak aman, dianggap penyebab utama (penyebab langsung/primer) kedua hal tersebut menjadi penyebab yang terlibat langsung terjadinya kecelakaan kerja. Kondisi berbahaya yang sering menimbulkan kecelakaan kerja ialah tidak adanya alat pelindung diri, tidak lengkap dan tidak berfungsi APD yang ada. Banyak yang menjadi korban, yaitu mereka yang memiliki masa kerja kurang dari 3 tahun. Selanjutnya, posisi kerja yang salah merupakan tindakan yang dapat memicu kecelakaan kerja dan prosedur kerja yang tidak dilakukan. (Reese, 2009). Berdasarkan pernyataan tersebut diatas, tersedianya APD (Alat Pelindung Diri) dan perlengkapan keselamatan kerja seharusnya ada pada urutan paling akhir dari hirarki manajemen resiko.

Ketersediaan peralatan pelindung diri, seharusnya tidak menjadi suatu hal yang diandalkan oleh perusahaan untuk mencapai zero accident. Rekayasa teknis seharusnya lebih di dahulukan oleh perusahaan, kemudian pilihan tenaga kerja yang kompeten, jam kerja yang diatur, batas jam kerja, rambu-rambu untuk keselamatan kerja, rotasi kerja dan pembagian tugas lkerja merupakan kegiatan administratif yang dapat dilakukan setelahnya. Selain itu juga, praktek kerja harus ada untuk pelaksanaan prosedur kerja, metode kerja dan pelatihan profesional (Sholihah, 2013).

Menurut *International Association of Safety Professionals*, silosofi pada K3 terbagi menjadi 3, yaitu:

- a) Keselamatan merupakan tanggung jawab moral.

K3 merupakan tanggung jawab kita semua, baik untuk menjaga keselamatan diri kita maupun untuk menjaga

- keselamatan orang lain. K3 melakukan lebih dari sekadar mematuhi hukum atau kewajiban.
- b) keselamatan bukan hanya program, tetapi budaya.
K3 bukan hanya sekedar program yang dijalankan oleh perusahaan dengan tujuan hanya mendapatkan penghargaan dan sertifikat. K3 harus mencerminkan budaya pada organisasi.
 - c) K3 Tanggung jawab Manajemen
Pihak yang paling bertanggung jawab dalam penerapan K3 adalah manajemen perusahaan. Tanggung jawab tersebut dapat pula di delegasikan kepada tingkat yang lebih rendah dengan tetap dilakukan evaluasi oleh manajemen perusahaan.
 - d) Pelatihan K3 kepada para karyawan
Karakteristik dan persyaratan K3 pada setiap tempat dan lingkungan kerja memiliki standar yang berbeda. Setiap karyawan harus mendapatkan pelatihan dan pembinaan terkait dengan penerapan K3 di lingkungan pekerjaannya.
 - e) Keamanan adalah syarat kerja.
Tempat kerja merupakan tempat kerja yang baik unnn para pekerjanya termasuk juga lingkungan kerja yang menyenangkan dan harmonis akan menunjang tingkat keselamatan kerja. Kondisi K3 di perusahaan mencerminkan kondisi ketenagakerjaan di perusahaan.
 - f) Pencegahan pada semua cidera
Hal dasar yang menjadi prinsip pada K3 adalah setiap kecelakaan kerja dapat di hindari dengan melakukan pencegahan pada semua penyebab kecelakaan.
 - g) Lokasi kerja harus memiliki program K3
Setiap lokasi kerja harus di buat program K3, terkait dengan aktual kondisi dan kebutuhan lokasi kerja berdasarkan potensi, potensi bahaya, kegiatan kerja dan lainnya.

12.5 Sistem manajemen K3

Resiko kecelakaan kerja pada setiap lingkup pekerjaan selalu memiliki potensi. Hal ini disebabkan karena kesalahan perencanaan, tidak dikakukannya upaya pencegahan ataupun faktor lainnya seperti cuaca atau bencana alam. Tindakan pencegahan kecelakaan yang tidak terlaksana dan terpantau dengan baik, dapat mengakibatkan kerugian yang besar baik materi, cacat fisik atau bahkan jiwa. Begitu pentingnya hal ini, maka upaya sekecil apapun untuk pencegahan harus dilaksanakan dan melibatkan banyak pihak dalam suatu perusahaan atau lingkungan

Peraturan perundang-undangan merupakan ketentuan yang mensyaratkan kondisi lingkungan kerja, perencanaan, konstruksi, perawatan dan pemeliharaan, pengawasan, pengujian dan pengoperasian peralatan industri, tugas pemilik perusahaan dan pekerja, pelatihan, pengawasan medis, pertolongan pertama dan perawatan medis. Ada atau tidaknya peraturan K3 di manapun tempatnya sangat berpotensi terjadinya kecelakaan kerja. Untuk itu, peraturan harus disusun dan dilaksanakan sebaik mungkin untuk mencegah dan mengurangi kecelakaan

Penanganan keselamatan kerja pada perusahaan harus serius dilaksanakan bukan hanya oleh manager dan direktur saja, tetapi oleh semua lapisan masyarakat di perusahaan. Hal yang terpenting adalah kesadaran akan adanya resiko bahaya serta perilaku yang harus dibiasakan agar dapat bekerja secara sehat dan selamat.

Hal yang sering terjadi, demi efisiensi kerja terjadi kelalaian dalam menghadapi bahaya yang mengancam, seperti rusaknya alat-alat pelindung diri yang dapat menimbulkan resiko atau kecelakaan kerja. Sering di temukan juga alat pemadam/APAR yang sudah kadaluwarsa tetapi masih tergantung di dudukannya atau pada posisi yang sama. Upaya pengoptimalan pada peralatan keselamatan dan kesehatan kerja, karena keselamatan yang dapat

terngani bukan hanya kepada pekerja saja, tetapi juga keselamatan aset perusahaan.

Menciptakan kondisi kondusif dan aman, diperlukan dalam upaya penerapan kesehatan dan keselamatan kerja. Atas dasar itu harus dilakukan pengawasan keselamatan kerja pada manusia (*man*), peralatan dan bahan (*materials*), mesin (*machines*), cara kerja (*methods*) dan lingkungan (*milieus*) (Kristiawan. R 2018)

Banyak industri yang memperhatikan kesehatan dan keselamatan karyawannya. Perusahaan akan selalu berusaha untuk menjamin keselamatan dan kesehatan para pekerjanya, yang berarti tidak terjadi kecelakaan kerja (zero kecelakaan) dan penyakit akibat kerja di tempat kerja.

Kecelakaan kerja adalah suatu peristiwa di tempat kerja yang tidak terencana dan tidak diinginkan (tidak terencana dan tidak terkendali), baik secara langsung maupun tidak langsung dari tindakan tidak aman yang mengakibatkan terhentinya kegiatan kerja. Kecelakaan kerja yang terjadi akan mengakibatkan kerugian bagi pekerja dan perusahaan.

Setiap perusahaan tidak boleh menilai penerapan K3 sebagai suatu hal yang memboroskan. Penerapan K3 yang baik dan benar dapat mendukung hasil produksi dan strategi perusahaan serta menguntungkan perusahaan.

Disamping hal tersebut diatas faktor-faktor yang menyebabkan kecelakaan kerja harus mendapat perhatian serius, karena upaya penerapan K3 di lingkungan perusahaan dapat terlaksana dengan baik. Berikut ini adalah beberapa faktor penyebab kecelakaan kerja:

a) Pengetahuan K3 kurang

Jenis kecelakaan kerja disebabkan oleh rendahnya pengetahuan karyawan mengenai K3 adalah penyebab yang sering terjadi. Hal ini terkait juga dengan rendahnya tingkat pendidikan, minimnya info K3 yang di peroleh baik dari

perusahaan ataupun dari kurangnya kemauan karyawan untuk mencari informasi terkait penerapan K3.

Pekerja yang sudah lama atau bahkan pekerja karena turunan seringkali hanya mengandalkan pengalaman. Rasa enggan untuk mencari informasi terkait K3 menyebabkan pengetahuan pekerja mengalami stagnasi (Rudyarti. E, 2017)

b) Umur pekerja

Faktor usia adalah salah satu yang terkait dengan kecelakaan kerja, yaitu usia pekerja yang telah menyelesaikan masa produktifnya hingga mencapai usia pensiun. Usia pekerja yang banyak mengalami kecelakaan adalah antara 40 sampai 55 tahun, karena kondisi tubuhnya yang sudah tidak baik lagi. Usia seseorang sangat mempengaruhi kualitas pekerjaannya, terutama terkait dengan kemampuan dan tingkat konsentrasi. Kapasitas fisik maksimal perempuan dan laki-laki akan dicapai pada usia <25 sampai 35 tahun. Kemampuan ini akan terus menurun dengan bertambahnya usia.

c) Tingkat Pendidikan Pekerja

Berdasarkan beberapa tinjauan menunjukkan bahwa tingkat pendidikan mempunyai peranan penting. Diantanya adalah bahwa tingkat pendidikan SMA merupakan tingkat pendidikan yang diketahui sering terjadinya kecelakaan kerja dibandingkan dengan diploma atau siklus pertama. tingkat pendidikan. Modal fundamental bagi tenaga kerja untuk memperoleh keterampilan pada suatu pekerjaan, yang akan berdampak pada pengurangan kecelakaan. (Dewey, 2008)

d) Lama bekerja

Lamanya masa kerja dari seorang karyawan, merupakan salah satu yang menyebabkan kecelakaan kerja. Durasi kerja dapat mempengaruhi pengalaman dan pengetahuan pekerja. Pengalaman kerja yang diperoleh pekerja dipengaruhi oleh pengetahuan yang diperoleh di tempat kerja, seperti: bengkel, pelatihan atau pengarahan manajemen, dan pengalaman kerja.

Faktor penyebab kecelakaan antara lain pekerja yang merupakan pekerja baru di perusahaan tersebut, pekerja yang keluar dari perusahaan lain, dan pekerja yang tidak bekerja sesuai bidangnya. Karyawan dikategorikan sebagai pekerja baru yang telah bekerja selama 0-5 tahun. Pekerja baru biasanya perlu membiasakan diri dengan lingkungan kerja, sehingga tidak jarang banyak terjadi kecelakaan pada beberapa hari pertama bekerja.

e) Prilaku kesadaran penggunaan APD

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan upaya terakhir perusahaan untuk mencegah kecelakaan kerja. Kesadaran yang rendah untuk menggunakan APD dapat mengakibatkan rentannya para pekerja dari kecelakaan kerja. Seringkali persepsi yang ada pada pekerja, bahwa menggunakan APD akan menghambat mereka dalam bekerja sehingga prilaku inilah yang dapat mengakibatkan pekerja tersebut mengalami kecelakaan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Solihah, Q., dan Kuncoro, W. 2013. *Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Konsep, Perkembangan dan Implementasi Budaya Keselamatan)*. Jakarta: EGC
- Kristiawan. R dan Abdullah. R. 2018. Faktor Penyebab Terjadinya Kecelakaan Kerja Pada Area Penambangan Batu Kapur Unit Alat Berat PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang* 5(2)
- Rudyarti, E. 2017. Hubungan Pengetahuan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dan Sikap Penggunaan Alat Pelindung Diri Dengan Kejadian Kecelakaan Kerja Pada Pengrajin Pisau Batik Di PT. X. *Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health* 2(1)
- Pratama, Erwin, Wahyu. 2015. *Hubungan Antara Perilaku Pekerja dengan Kejadian Kecelakaan Kerja Bagian Produksi PT. Linggarjati Mahardika Mulia di Pacitan*. UNS
- Dewey, J. 2008. *Experiance and Education, Pendidikan Berbasis Pengalaman*. Terjemahan. Jakarta: Teraju
- OHSAS 18001. 2007. *Occupational health and safety management systems – Requirements*. OHSAS
- Bahri, S. 2005. *Hubungan Persepsi Perawat Terhadap Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Pemakaian Alat Pelindung Diri Di Badan Pelayanan Kesehatan Rumah Sakit Umum (BPK.RSU) Dr. Zainoel Abidin*. Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Republik Indonesia. 1993. Keputusan Presiden No. 22 Tahun 1993 tentang Penyakit yang Timbul Karena Hubungan Kerja. Presiden Republik Indonesia: Jakarta

BAB 13

STUDI KASUS EVALUASI ERGONOMI

Oleh Christofora Desi Kusmindari

13.1 Ergonomi

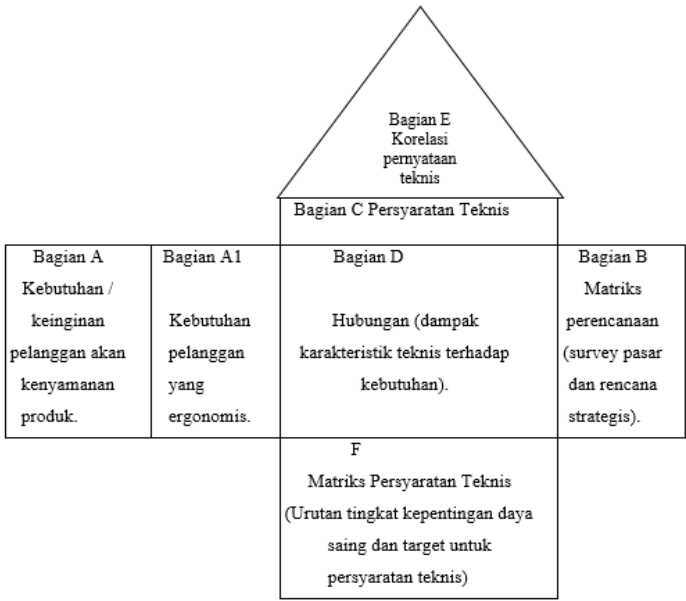
Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dan komponen sistem dengan segala keterbatasan dan kemampuan manusia, menekankan hubungan terbaik antara lingkungan kerja untuk meningkatkan kinerja, keamanan dan kepuasan pengguna dalam sistem kerja yang baik. Keuntungan dari ergonomi adalah dapat membantu pekerja, manajer, perusahaan dan pemerintah meningkatkan efisiensi waktu kerja, meningkatkan efisiensi otot dan energi serta meningkatkan efisiensi. (Nurmianto, 2005)

Kenyamanan, pengurangan risiko kecelakaan kerja, pengurangan risiko penyakit akibat kerja, pengurangan risiko kelelahan, penghindaran risiko kebosanan, pengurangan ketidakhadiran karyawan, pengurangan biaya tak terduga, pengurangan jam/hari kerja, dll. . sangat bermanfaat bagi semua pihak. . Dalam metode ergonomis, untuk meningkatkan kualitas hidup manusia dalam sistem aktif, faktor manusia harus disertakan di hulu dan hilir dari semua sistem aktif untuk mencapai kinerja maksimal dan terbaik.

Ergonomi juga berkaitan dengan optimalisasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan di tempat kerja, di rumah dan di tempat rekreasi. (Amri, 2014)

13.2 Ergonomic Function Development

Ergonomic Function Deployment (EFD) merupakan pengembangan lebih lanjut dari QFD, yaitu menambahkan hubungan baru antara keinginan konsumen dengan ergonomi produk dan ruang. *House of Ergonomic Quality (HOEQ)* merupakan matriks hubungan yang terdapat dalam suatu sistem *Ergonomic Functional Deployment (EFD)*, dimana matriks ini merupakan upaya untuk menerjemahkan *Voice of the Customer service* menjadi persyaratan teknis atau spesifikasi produk dan instalasi. Persyaratan teknis apa yang harus diikuti di masa depan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. *Matrik House Of Quality* yang digunakan pada *Ergonomic Function Deployment* dikembangkan menjadi:



Gambar 13.1. House of Quality EFD
(Sumber: (Ulrich & Eppinger, 2016))

Keterangan :

Bagian A: berisi serangkaian kebutuhan dan keinginan pelanggan. Menentukan keinginan konsumen biasanya ditentukan berdasarkan riset pasar kualitatif.

Bagian A1: merupakan penjabaran kebutuhan konsumen yang terkait dengan aspek ergonomis. Terjemahan ini harus akurat untuk membantu tim desain menentukan karakteristik aspek teknis Bagian B berisi tiga jenis data: :

1. Tingkat kepentingan, kebutuhan dan keinginan konsumen.
2. Data tingkat kepuasan konsumen terhadap produk yang dihasilkan oleh perusahaan dan produk pesaing.
3. Tujuan strategis untuk produk atau jasa baru yang akan dikembangkan.

Bagian C: Berisi tentang karakteristik teknis yang mendeskripsikan produk yang dirancang. Karakteristik teknis ini biasanya merupakan penterjemahan dari kebutuhan/keinginan pelanggan. Untuk setiap karakteristik teknis ini ditentukan satuan pengukuran, *direction of goodness*, dan target yang harus dicapai. Sedangkan *direction of goodness* dibagi menjadi tiga:

1. *The more the better (MTB)* atau semakin besar semakin baik, tujuan maksimal tidak terbatas.
2. *The less the better (LTB)* atau lebih rendah lebih baik, target maksimal nol.
3. *Target is best (TB)* atau optimal, nilai target maksimum sedekat mungkin dengan nilai nominal tanpa mengubah nilai ini.

Bagian D : Berisi penilaian manajemen terhadap kekuatan hubungan antara unsur-unsur pada bagian persyaratan teknis (Matrix C) dan kebutuhan konsumen

(Matrix A). Kekuatan hubungan diungkapkan oleh beberapa simbol.

Bagian E: Bagian kelima dari HOQ adalah Korelasi Teknis, sebuah matriks yang terlihat seperti atap. Ketika digunakan untuk mendeteksi pertukaran atribut berdasarkan apa yang terjadi, matriks ini menunjukkan hubungan antara satu atribut dengan atribut lainnya.

Kekuatan hubungan ini ditunjukkan dengan tanda sebagai berikut :

- a. ● : Korelasi positif yang kuat
- b. ○ : Korelasi positif
- c. □ : Korelasi negative
- d. ■ : Korelasi negatif yang kuat

Bagian F: Bagian paling bawah menurut HOQ ini membuktikan daftar spesifikasi teknik yg akan memuaskan kebutuhan konsumen. Matriks ini berisi 3 jenis data, yaitu:

1. *Technical Response Priorities*, urutan taraf kepentingan (rangking) persyaratan teknis.
2. *Competitive Technical Benchmark*, keterangan output perbandingan kinerja persyaratan teknis produk yg didapatkan menggunakan perusahaan terhadap kinerja produk pesaing.
3. *Target Technical*, target kinerja persyaratan teknis buat produk atau jasa baru yg akan dikembangkan.

Keunggulan-keunggulan yg dimiliki *Ergonomic Function Deployment* adalah:

1. Menyediakan format baku buat menterjemahkan “apa” aspek ergonomis yg dibutuhkan.
2. Menyediakan format baku buat menterjemahkan “apa” aspek ergonomis yg dibutuhkan menjadi “bagaimana” memenuhinya (ciri teknis)

3. Menolong tim perancang buat memfokuskan proses perancangan yg dilakukan dalam warta-warta yg ada, bukan dalam intuisi.
4. Selama Proses perancangan, pembuatan keputusan “direkam” pada matriks-matrik sebagai akibatnya bisa diperiksa ulang dan dimodifikasi pada masa yg akan datang.

13.3 Keluhan Muskuloskeletal

Sistem *muskuloskeletal* merupakan risiko kerja terjadinya sakit pada otot akibat postur kerja yang salah saat melakukan tugas kerja. Gangguan *muskuloskeletal* adalah gangguan pada bagian otot rangka yang dikenal manusia, mulai dari yang sangat ringan sampai yang sangat menyakitkan. Jika otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, maka dapat menimbulkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan cedera biasanya disebut sebagai keluhan penyakit muskuloskeletal atau cedera *muskuloskeletal*. Secara umum, masalah otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu (Kusmindari *et al.*, 2020)

Nyeri sementara (reversibel), mis. nyeri otot yang terjadi saat otot menerima beban statis, tetapi nyeri segera hilang saat beban diterapkan.

Keluhannya menetap (persisten), yaitu nyeri otot yang menetap. Meski beban kerja telah berhenti, nyeri otot tetap ada.

13.4 Studi Kasus : Penerapan *Ergonomic Function Deployment (Efd)* Pada Redesign Meja Aeropress Untuk Coffee Shop (Studi Kasus Glow Coffee Palembang)

13.4.1 Latar Belakang

Kopi adalah jenis minuman yang diperoleh dengan mengolah biji tanaman kopi. Kopi diklasifikasikan dalam keluarga *Rubiaceae Coffea*. Umumnya hanya ada dua jenis kopi, *Coffea arabica* dan *Coffea Robusta*.

Perkembangan bisnis kedai kopi di Indonesia saat ini berkembang pesat. Hal ini terbukti dengan semakin ketatnya persaingan kedai kopi, karena kedai kopi sudah menjadi gaya hidup anak muda masa kini, menawarkan suasana yang nyaman dan menyenangkan. Tempat yang nyaman dengan music baik akustik maupun live music, dekor yang khas, pelayanan yang ramah dan ada yang menawarkan akses internet wireless atau WiFi. Kedai kopi saat ini tidak hanya menjadi tempat untuk menikmati kopi, tetapi juga tempat untuk mengerjakan tugas, berfoto, bertemu rekan kerja dan menonton acara musik seperti konser. Perkembangan gaya hidup di Palembang menyebabkan semakin banyak dibukanya mal (mall) sebagai tempat berbelanja dan nongkrong. (Muhamad Nurbayu, Christofora Desi K, 2021).

Aeropress merupakan sebutan alat pembuat kopi manual yang masuk dalam kategori manual brew. AeroPress adalah pembuat kopi manual yang ditemukan oleh Alan Adler, pendiri AeroPress, Inc. Ini terdiri dari ruang silinder, dan pendorong dengan segel silikon kedap udara, mirip dengan jarum suntik.



Gambar 13.2. Alat Aeropress
Sumber : Pinterest, 2021



Gambar 13.3. Barista yang sedang menggunakan *Aeropress*
Sumber : Muhammad Nur Bayu, 2021 (Muhamad Nurbayu, Christofora Desi K, 2021)

Tabel 13.1. Wawancara Keluhan Pada Barista

No	Nama	Keluhan
1	Rendra	Sakit pada leher
2	Widyasmoro	Sakit pada bahu dan lengan
3	Reni	Sakit pada siku dan pergelangan tangan

Berdasarkan Table 13.1 dapat dilihat hasil wawancara yang telah dilakukan terhadap 3 orang barista, terdapat keluhan rasa sakit yang timbul pada bagian tubuh diantaranya sakit pada leher, leher bawah, bahu kanan, lengan atas kanan, siku kanan dan pergelangan bawah kanan pada saat mereka melakukan proses pembuatan kopi menggunakan aeropress. Hal ini dikarenakan aeropress yang menjadi tinggi karena meja kerja yang terlalu tinggi, sehingga barista merasa tidak nyaman dalam melakukan pekerjaan serta menimbulkan rasa sakit pada bagian tubuh.

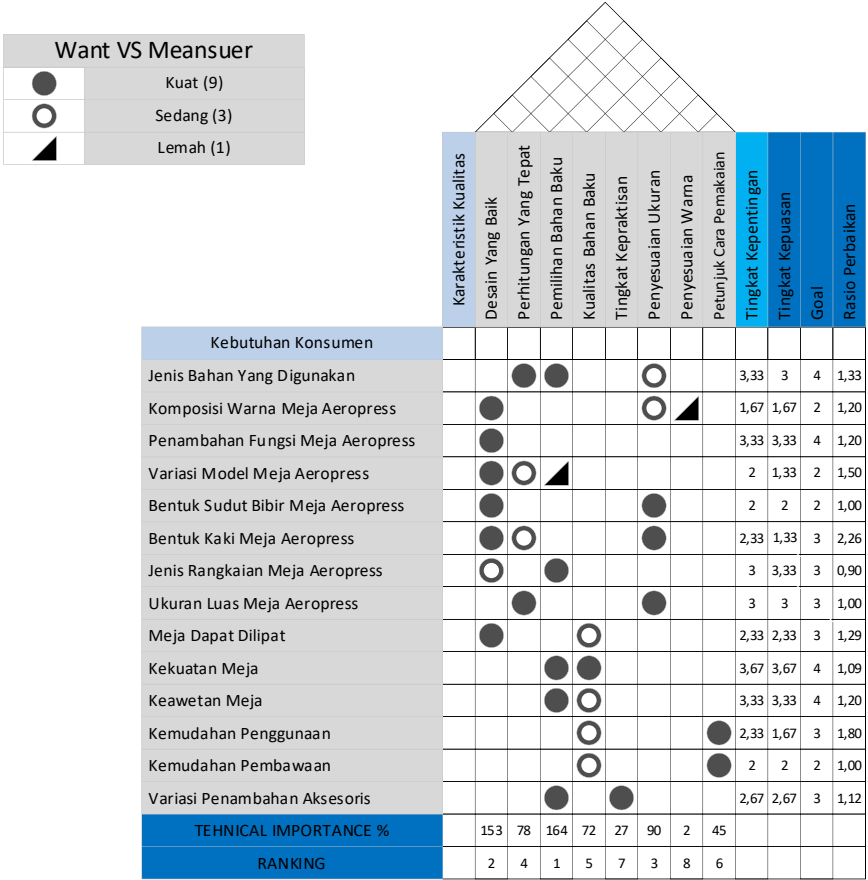
Penerapan metode *Ergonomic Function Deployment* (EFD) merupakan pengembangan metode *quality function deployment* (QFD), menambah koneksi baru antara keinginan konsumen dengan ergonomi produk dan peralatan. Seperti halnya QFD, EFD menyertakan matriks hubungan yaitu *House of Ergonomic Quality* (HOEQ), dimana matriks ini merupakan upaya untuk menerjemahkan suara pelanggan menjadi persyaratan teknis atau spesifikasi produk dan fasilitas. (Surya *et al.*, 2016)

Metode ini digunakan karena didasarkan pada perkembangan ruang, menggunakan faktor yang menjadi keinginan dan kebutuhan konsumen, serta menambahkan faktor ergonomis lainnya. Sehingga keinginan dan kebutuhan konsumen terpenuhi dan menjadi kepuasan pengguna. (Nadya Dwi Damayanti, 2019). Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik melakukan penelitian “Penerapan *Ergonomic Fuction*

Deployment (EFD) Pada Redesign Meja Aeropress Untuk Coffee Shop”.

13.4.2 House Of Quality Meja Aeropress

Dengan menggunakan langkah-langkah QFD, maka *House of Quality Meja Aeropress* digambarkan dalam Gambar 13.4 berikut:



Gambar 13.4. House Of Quality Meja Aeropress

Dari hasil penentuan karakteristik kualitas meja aeropress diatas maka yang menjadi prioritasnya adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan bahan baku
2. Desain yang baik
3. Penyesuaian ukuran
4. Perhitungan yang tepat

13.4.3 Pengumpulan Data Antropometri

Data antropometri yang di diperoleh dari pengumpulan data pada barista Glow Coffee didapat nilai persentil 95th dan standar deviasi sebagai berikut :

Tabel 13.2. Data Antropometri

Dimensi	Keterangan	95th	Std Deviasi
D1	Tinggi Tubuh	170,96	4,04
D4	Tinggi Siku Berdiri	111,61	3,21
D24	Panjang Rentang Tangan Kedepan	50	0,00

Kemudian data tersebut ini diolah menentukan ukuran meja agar meja aeropress yang dihasilkan lebih ergonomis. Berikut ini adalah dimensi dari meja yang akan dibuat:

1. Tinggi Maksimal Meja

Untuk menentukan tinggi maksimal meja maka digunakan perhitungan antropometri tinggi tubuh yang persentil 95th yaitu sebesar 170,69 yang dibulatkan menjadi 171, tinggi tubuh ini digunakan sebagai batasan titik tertinggi maksimal meja. Jadi tinggi maksimal meja harus di bawah ukuran tinggi tubuh agar pengguna meja nyaman dan mencegah *mosculoskeletal*, selanjutnya panjang rentang tangan ke depan dengan persentil 95th didapat nilai 50.

2. Lebar Panjang Meja

Untuk ukuran lebar dan panjang meja diperoleh dari hasil perancangan yaitu panjang 65cm, lebar 55cm, tinggi maksimal 95cm dan bisa di *adjust*.

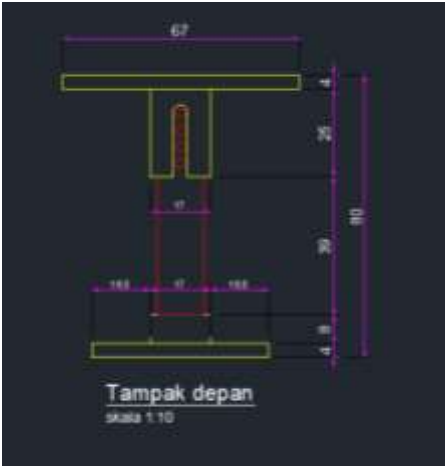
Tabel 13.3. Rekapitulasi dimensi pada meja yang sudah ada

No	Bagian alat bantu	Hasil rancangan
1	Tinggi maksimal meja	87
2	Panjang meja	130
3	Lebar meja	50

Berikut rancangan meja aeropress yang sudah di analisis dengan pendekatan ergonomi.



Gambar 13.5. Perancangan meja aeropress dari atas
Sumber : Muhammad Nur Bayu, 2021(Muhamad Nurbayu, Christofora Desi K, 2021)

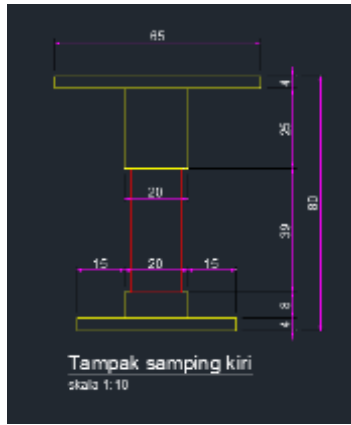
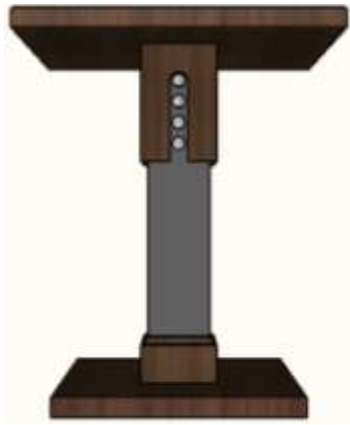


Gambar 13.6. Perancangan meja aeropress dari depan



Gambar 13.7. Perancangan meja aeropress tampak samping kanan

Sumber : Muhammad Nur Bayu, 2021 (Muhamad Nurbayu, Christofora Desi K, 2021)



Gambar 13.8. Perancangan meja aeropress tampak samping kiri



Gambar 13.9. Perancangan meja aeropress tampak dari bawah

Sumber : Muhammad Nur Bayu, 2021

Satuan yang dipakai dalam membuat gambar dan membuat meja ialah *centimeter*.

13.4.4 Spesifikasi Produk Meja Aeropress

Hasil dari perancangan meja aeropress terdapat spesifikasi yang dapat dilihat dari tabel 13.4 berikut :

Tabel 13.4. Spesifikasi Produk Meja Aeropress

No	Nama Spesifikasi	Ukuran	Warna
1	Papan daun meja atas	Panjang 65cm, lebar 55cm, tinggi 18cm	Cat kayu warna coklat
2	Kaki meja	Panjang 16cm, tinggi 80cm , lebar 13	Cat kayu warna coklat
3	Papan daun bawah meja	Panjang 50cm, lebar 50cm, tebal 5cm	Cat kayu warna coklat
4	Penyangga meja	Panjang 17cm	Cat kayu warna coklat

Sumber : data yang diolah

13.4.5 Analisis Ergonomi terhadap Hasil Rancangan

Rancangan awal meja aeropress memiliki kekurangan yaitu tinggi meja bar pada *Glow Coffee* masih terlalu pendek, yaitu hanya memiliki tinggi 87 cm, sedangkan berdasarkan data antropometri pengguna, seharusnya tinggi meja adalah 95cm sehingga terdapat selisih 10 cm yang dapat menyebabkan barista terlalu menunduk dan dapat mengakibatkan cedera pada bagian leher barista tersebut jika dilakukan terlalu lama.

House of quality meja aeropress memeperlihatkan bahwa karakteristik kualitas meja ditentukan oleh (1) Pemilihan bahan baku, (2) Desain yang baik, (3) Penyesuaian ukuran dan (4) Perhitungan yang tepat.



(a) sebelum



(b) sesudah

Gambar 13.10. Proses barista membuat kopi sebelum DAN sesudah perbaikan

Gambar 13.10 diatas menggambarkan keadaan barista pada saat proses pembuatan kopi sebelum adanya perbaikan dan sesudah perbaikan. Pada desain awal meja yang digunakan tingginya 87cm, sedangkan pada meja usulan meja dapat di *adjustable* dengan ukuran dari 95cm ke 90cm, 90cm ke 85, 85cm ke 80cm menyesuaikan tinggi barista yang emnggunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, I. 2014. Pengantar Teknik Industri. In *Pengantar Teknik Industri*. <https://www.infoteknikindustri.com/p/ebook-lengkap-teknik-industri.html>
- Kusmindari, C. H. D., Melita, D., Putra, F. R., Industri, J. T., Teknik, F., & Darma, U. B. 2020. Evaluasi Postur Kerja pada Proses Pengangkatan Semen dengan Menggunakan Metode Ovako Working Analysis System (OWAS) (Studi Kasus PT . Semen Baturaja Palembang) Bina Darma Conference on Engineering Science 2. *Bina Darma Conference on Engineering Science*, 2(1), 231–237.
- Muhamad Nurbayu, Christofora Desi K, M. K. M. 2021. *PENERAPAN ERGONOMIC FUNCTION DEPLOYMENT (EFD) PADA REDESIGN MEJA AEROPRESS UNTUK COFFEE SHOP (STUDI KASUS GLOW COFFEE PALEMBANG)*. Universitas Bina Darma.
- Nadya Dwi Damayanti. 2019. *Analisis Perbaikan Fasilitas Coffee Shop Dengan Menggunakan Metode Ergonomic Function Deployment (Efd) (Studi Kasus : District Eatery And Coffee)*.
- Nurmianto, E. 2005. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*.
- Surya, R. Z., Badruddin, R., & Gasali, M. 2016. Aplikasi Ergonomic Function Deployment (EFD) pada Redesign Alat Parut Kelapa untuk Ibu Rumah Tangga. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 13(2), 771. <https://doi.org/10.25077/josi.v13.n2.p771-780.2014>
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. 2016. *Product Design and Development; Sixth Edition*. www.mhhe.com

BIODATA PENULIS



Dr. Eng. Ansarullah Lawi

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam

Penulis lahir 23 Juni 1977 di Parepare Sulawesi Selatan 23 Juni 1977. Penulis daadalah dosen tetap Teknik Industri di Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam. Setelah menempuh pendidikan pasca sarjananya di Kyushu University, Jepang, Ia kembali ke Indonesia sebagai praktisi di berbagai perusahaan seperti PT Epcos Indonesia, PT Labtech Penta Internasional, PT Caterpillar Indonesia Batam, dll. Pada tahun 2016, anak ke-5 dari pasangan H. Muhammadong Lawi, S.Si dan Hj. Rukiyah ini memutuskan untuk menjadi dosen mengabdikan pada negara, membagikan pengalaman-pengalaman yang berharga kepada generasi muda.

Bidang penelitian yang ditekuninya adalah diantaranya seperti; Ergonomi Biomekanika, Sistem Manufaktur, dan Manajemen Mutu. Di kampus Ia mengampu beberapa matakuliah seperti; Pengantar Rekayasa & Desain, Perancangan & Pengembangan Produk, Mekanika Teknik, Perbaikan Berkelanjutan, dll. Selain aktif menulis dan publikasi penelitian-penelitian sesuai bidang yang ditekuni, pernah beasiswa

monbukagakusho dari Jepang ini juga sering diundang sebagai narasumber berdasarkan pengalaman-pengalamannya yang luar biasa selama studi di Jepang, serta pengalaman-pengalamannya sebagai praktisi di industri manufaktur selama lebih dari 10 tahun.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. M. Ansyar Bora, S.T., M.T., IPM

Dosen Program Studi Manajemen Rekayasa
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam

Penulis kelahiran ujung pandang 10 April 1987 ini merupakan Dosen Tetap Program Studi Manajemen Rekayasa Institut Teknologi Batam (ITEBA). Anak pertama dari pasangan Bora Dg. Rumpa dan Dg. Baji memperoleh gelar sarjana dari Universitas Islam Makassar (2009), gelar magister dari Universitas Islam Indonesia (2015) dan gelar doktor dari Universitas Negeri Padang (2020) serta gelar profesi insinyur di Universitas Andalas (2021). Mata kuliah yang diampuh antara lain Perancangan Sistem Kerja, Ergonomi, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Kewirausahaan dan Pengembangan Enterprise dan Desain Pengembangan Produk. Bidang penelitian yang ditekuninya diantaranya seperti: Ergonomi, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Manajemen Industri dan Desain Produk. Selain aktif mengajar, menulis, meneliti dan melakukan pengabdian kepada masyarakat sesuai bidang yang ditekuni, penulis juga aktif sebagai reviewer berbagai jurnal nasional dan internasional serta aktif sebagai pengurus organisasi profesi diantaranya sebagai pengurus Asosiasi Dosen Indonesia (ADI) Wilayah Kepulauan Riau periode 2020-

2025 Koord. Bidang Pengembangan Karir, Pengurus Wilayah Persatuan Insiyur Indonesia (PII) Kepulauan Riau periode 2020-2023 Sekretaris Bidang Mechanical, electrical and industrial. Penulis juga pernah menjabat sebagai Kepala Lab. Teknik Industri (2009-2010), Ketua Program Studi Teknik Industri (2010-2015), Wakil Ketua 1 Sekolah Tinggi Teknik Ibnu Sina (2015-2019), Wakil 1 Dekan Fakultas Teknik Universitas Ibnu Sina (2019-2022) dan Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam (2022-Sekarang).

BIODATA PENULIS



Riski Arifin, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala

Penulis lahir di Lhokseumawe Aceh Utara tanggal 27 Mei 1995. Penulis menyelesaikan pendidikan SD hingga SMA di kota Banda Aceh, kemudian melanjutkan jenjang pendidikan strata 1 di Universitas Islam Indonesia Yogyakarta program studi Teknik Industri pada tahun 2014 dan lulus tahun 2018 dengan judul penelitian Perancangan Stasiun Kerja Pematik Canting dengan Pendekatan Ergonomi Partisipatori (Studi Kasus: Batik Putra Laweyan) dan melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2019 dan lulus tahun 2022 dengan judul penelitian Analisis Pengaruh Perceived Enjoyment dalam Penggunaan Virtual Reality untuk Pembelajaran Unsafe Condition di Area Drainase.

Saat ini penulis menjadi pengajar di program studi teknik industri Universitas Syiah Kuala Banda Aceh dari tahun 2022. Selain menjadi pengajar penulis juga aktif melakukan penelitian pada bidang Ergonomi, Keselamatan Kerja serta bidang yang relevan. Silahkan menghubungi penulis melalui riskiarifin@usk.ac.id

BIODATA PENULIS



Meri Andriani, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Samudra

Penulis lahir di Pekanbaru tanggal 29 Maret 1975. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Samudra. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Industri di Universitas Islam Sumatera Utara dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Industri di Universitas Sumatera Utara. Aktif dalam penelitian dan pengabdian. Saat ini sedang melanjutkan S3 di Program Ilmu Teknik di Universitas Syiah Kuala. Penulis menekuni bidang Ergonomi dilihat dari setiap artikel yang publish di jurnal. Fokus dengan bidang Ergonomi juga dilihat dari penelitian disertasi.

BIODATA PENULIS



Desto Jumeno, ST., MT., Dr. Eng.

Dosen Program Studi S2 Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Andalas

Penulis lahir di Kutoarjo tanggal 18 Desember 1976. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S2 Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Andalas. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Industri dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Bandung, lalu dilanjutkan dengan program doctor of engineering di Toyohashi University of Technology, Jepang, dalam bidang Environment and Life Engineering. Penulis menekuni bidang Ergonomi sejak menjadi asisten di Laboratorium Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi di ITB pada 1997 hingga kini. Pada Program Studi Teknik Industri di Universitas Andalas, penulis memberikan kuliah Ergonomi Industri, Ergonomi Kognitif, Ergonomi Lingkungan, Ergonomi Makro, serta Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

BIODATA PENULIS



Ir. Herman, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Ibnu Sina

Penulis lahir di Batujala tanggal 02 Juni 1982. Saat ini bekerja sebagai dosen tetap Program Studi Teknik Industri Universitas Ibnu Sina. Menyelesaikan pendidikan S1 tahun 2015 pada Jurusan Teknik Industri di STT Ibnu Sina Batam dengan bidang konsentrasi teknik produksi dan desain produk, S2 pada tahun 2021 Jurusan Teknik Industri di Universitas Andalas dengan bidang konsentrasi engineering manajemen serta menyelesaikan program pendidikan profesi insinyur (Ir) tahun 2021 di Universitas Andalas pada bidang Teknik Industri. Mata kuliah yang diampuh antara lain Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Desain Pengembangan Produk dan Analisis Perancangan Perusahaan. Penulis selain aktif melaksanakan kegiatan tridarma perguruan tinggi, penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan organisasi profesi dan kemasyarakatan.

BIODATA PENULIS



Ahmadi Rasyid

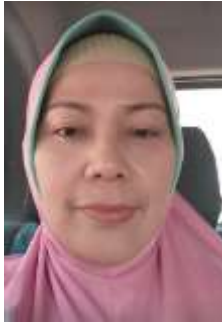
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus

Penulis lahir di Grobogan tanggal 30 September 2001. Penulis adalah mahasiswa pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus.

Penulis sangat menyukai bidang ergonomi dan mulai belajar menekuni bidang menulis untuk beberapa subjek pada dunia teknik industri.

Email penulis : ahmasyid30@gmail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Purbawati, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Industri

Fakultas Teknik Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur

Penulis lahir di Pati, Jawa Tengah tanggal 09 Januari 1972. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik dan Manajemen Industri di IST AKPRIND Yogyakarta dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya serta melanjutkan S3 di Universitas Mulawarman Samarinda, Kalimantan Timur.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: purbawati.17untag@gmail.com

BIODATA PENULIS



Fathan Mubina Dewadi

Dosen Universitas Buana Perjuangan Karawang

Fathan Mubina Dewadi merupakan pria yang berusia 30 tahun sudah tertarik dengan bidang Pendidikan tinggi sejak tahun 2015. Sejak lulus jurusan Teknik mesin program pascasarjana Universitas Pancasila. Kini penulis sedang bekerja sebagai dosen tetap program studi Teknik mesin di Universitas Buana Perjuangan Karawang. Kini kesibukan penulis ialah lebih menghabiskan waktu untuk mengajar dan menulis. Karya-karya yang telah dibuat dimuat di media *online*, jurnal nasional, jurnal internasional dan jurnal nasional bereputasi. Sudah lebih dari 50 karya yang telah dibuat dan sedang proses untuk pembuatan buku dan bab buku.

BIODATA PENULIS



Fatin Saffanah Didin, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Jurusan Teknologi Produksi dan Industri
Institut Teknologi Sumatera

Penulis lahir di Bandung tanggal Januari 1995. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera. Menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Industri di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, S2 Teknik dan Manajemen Industri di Institut Teknologi Bandung dan saat ini sedang menempuh S3 Teknik dan Manajemen Industri di Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang keahlian rekayasa sistem kerja dan ergonomi khususnya ergonomi kognitif, usability dan transportasi. Selain penulis memiliki ketertarikan pada *work-life balance*. Sejak tahun 2019 sampai saat ini penulis merupakan anggota TC-Transport Perhimpunan Ergonomi Indonesia. Penulis dapat dihubungi pada fatin.didin@ti.itera.ac.id.

BIODATA PENULIS



Rini Oktavera, ST, M.MT

Dosen tetap Teknik Industri PTS di Surabaya

Rini Oktavera., lahir di Padang, Indonesia. Jenjang Pendidikan S1 dan S2 ditempuh di Institut Teknologi Sepuluh Nopember lulus tahun 2001. Saat ini menempuh S3 TIP di Universitas Brawijaya. Bidang keahlian Supply Chain Management, Lean Manufacturing, Halal SCM. Sekarang sebagai dosen tetap Teknik Industri PTS di Surabaya. Selain mengajar aktif mempunyai kesibukan lain sebagai penulis dan konsultan halal. Dapat dihubungi di [rini.oktavaera@gmail.com/](mailto:rini.oktavaera@gmail.com) 0811315794

BIODATA PENULIS



Habibi Santoso, S.T., M.T.

Dosen Program Studi DIII Pemeliharaan Mesin
Politeknik Negeri Media Kreatif Jakarta

Penulis lahir di Jakarta, pada tanggal 28 Juli 1985. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi DIII Pemeliharaan Mesin Politeknik Negeri Media Kreatif Jakarta. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Budi Utomo dan pada tahun 2010, dan menyelesaikan S2 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasila pada tahun 2015. Pengalaman di industri dan konsultan *Mechanical & Electrical* selama lebih dari 10 tahun.

BIODATA PENULIS



Ir Christofora Desi Kusmindari, MT, IPM

Dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Bina Darma
Sekretaris PII Kota Palembang 2021-2023

Lahir di Jakarta, 19 Desember 1972. Anak 1 dari 3 bersaudara ini menyelesaikan S1 Teknik Industri di Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 1996 dan meneruskan S2 di ITB pada Prodi Teknik dan Manajemen Industri tahun 2001. Bekerja sebagai dosen di Prodi Teknik Industri mulai tahun 1997 di STT MUSI Palembang. Tahun 2008 yang bersangkutan pindah homebased dan menjadi Dosen Tetap di Universitas Bina Darma sampai sekarang. Selain sebagai dosen tetap, Desi_Ch juga menjabat sebagai editor in chief Jurnal TEKNO yang sudah terakreditasi SINTA 5. Saat ini dia menjabat sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri di Universitas Bina Darma. Dalam Organisasi Profesi memegang jabatan sebagai Sekretaris PII Kota Palembang. Buku yang pernah di tulis sebelumnya adalah *Dasar-Dasar Kewirausahaan, Production Planning and Inventory Control, Metodologi Penelitian Sosial, Manajemen Pengembangan Produk, K3, dan K3RS*