



DASAR-DASAR ERGONOMI & KESEHATAN KERJA: Teori dan Praktik untuk Dunia Nyata



Penulis:

Ari Prayogo Pribadi
Yusuf Mukasyafah Rizqi Rahman
Zilfani Fuadiyah Haq

DASAR-DASAR ERGONOMI & KESEHATAN KERJA:

Teori dan Praktik untuk Dunia Nyata

Penulis:
Ari Prayogo Pribadi
Yusuf Mukasyafah Rizqi Rahman
Zilfani Fuadiyah Haq



GET PRESS INDONESIA

DASAR-DASAR ERGONOMI & KESEHATAN KERJA: TEORI DAN PRAKTIK UNTUK DUNIA NYATA

Penulis :

Ari Prayogo Pribadi
Yusuf Mukasyafah Rizqi Rahman
Zilfani Fuadiyah Haq

ISBN : 978-623-125-805-2

Editor : Dr. Oktavianis, M.Biomed.

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

PENERBIT GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Juni 2025

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT sehingga penulisan buku Dasar-Dasar Ergonomi & Kesehatan Kerja: Teori dan Praktik untuk Dunia Nyata ini dapat terselesaikan. Tujuan disusunnya buku ini agar mahasiswa dapat memahami dan mempelajari serta mengaplikasikan mengenai dasar Ergonomi, Fisiologi dan Gizi Kerja dalam kehidupan sehari - hari.

Literatur yang membahas mengenai Ergonomi sangat beragam. Oleh karena itu, buku ini diharapkan dapat menjadi bahan bacaan mengenai Ergonomi bagi para mahasiswa, terutama pada peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

Penulisan dan penyusunan buku ajar Ergonomi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran perbaikan sangat Penulis harapkan. Semoga buku ajar ini bermanfaat bagi pembaca.

Yogyakarta, 15 April 2025
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB 1 PENGANTAR ERGONOMI.....	1
1.1 Sejarah Ergonomi.....	1
1.2 Definisi Ergonomi	2
1.3 Definisi Ergonomi Menurut Para Ahli.....	2
1.4 Dasar Keilmuan Ergonomi	3
1.5 Tujuan Ergonomi	4
1.6 Konsep Keseimbangan dalam Ergonomi	6
1.7 Kapasitas Kerja	8
1.8 Postur Tubuh dan Gerakan	11
BAB 2 BIOMEKANIKA, FISILOGI, DAN	
ANTROPOMETRI.....	13
2.1 Latar Belakang Biomekanika.....	13
2.2 Penanganan Material Secara Manual (Manual Material Handling – MMH)	17
2.3 Batas Beban yang Direkomendasikan (<i>Recommended Weight Limit - RWL</i>).....	19
2.4 Fisiologi.....	22
2.5 Antropometri dalam Ergonomi	25
2.6 Lingkungan Kerja Fisik.....	28
2.7 Lingkungan Kerja dengan Suhu Tinggi.....	29
BAB 3 LINGKUNGAN KERJA FISIK.....	31
3.1 Pengukuran Lingkungan Kerja Panas	31
3.2 Pengendalian Lingkungan Kerja Panas	31

3.3 Kebisingan di Tempat Kerja.....	33
3.4 Sumber Kebisingan.....	33
3.5 Pengukuran Kebisingan.....	34
3.6 Pengaruh Kebisingan.....	34
3.7 Langkah Pengendalian Kebisingan di Tempat Kerja.....	36
3.8 Pencahayaan di Tempat Kerja.....	37
3.9 Standar Penerangan di Tempat Kerja	38
BAB 4 ORGANISASI DAN GIZI KERJA	41
4.1 Pengaruh Organisasi Kerja Terhadap Produktifitas dan Kesehatan Pekerja	41
4.2 Kebutuhan Gizi dalam Dunia Kerja	42
4.3 Strategi Perbaikan Gizi di Tempat Kerja	43
BAB 5 STRES KERJA.....	45
5.1 Stres dalam Lingkup Pekerjaan	45
5.2 Faktor Pemicu Stres	46
5.3 Dampak Stres.....	47
5.3 Strategi Pencegahan dan Pengendalian Stres Kerja.....	47
BAB 6 PENGGUNAAN TEKNOLOGI DALAM ERGONOMI.....	51
6.1 Pendahuluan	51
6.2 Teknologi dalam Evaluasi Ergonomi	51
6.3 Teknologi dalam Desain Lingkungan Kerja	52
6.4 Automasi dan Robotika dalam Ergonomi.....	54
6.5 Analisis Data dan Ergonomi Digital	56
6.6 Kesimpulan.....	57

BAB 7 ERGONOMI BERKELANJUTAN (SUSTAINABLE ERGONOMIC) DALAM DUNIA KERJA MODERN : INTEGRASI LINGKUNGAN, SOSIAL, DAN DIGITAL	59
7.1 Pendahuluan	59
7.2 Ergonomi Berkelanjutan: Mengintegrasikan Desain Raman Lingkungan dan Kesejahteraan Tempat Kerja.....	60
7.3 Faktor Sosial dan Budaya dalam Implementasi Ergonomi	62
7.4 Ergonomi dalam Pekerjaan Jarak Jauh dan Digital: Mengatasi Tantangan <i>Work From Home</i> dan Lingkungan Kerja <i>Hybrid</i>	64
7.5 Kesimpulan.....	66
DAFTAR PUSTAKA	67
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Tekanan pada punggung disaat tangan direntangkan	14
Gambar 2. 2. Hubungan antara kekuatan otot maksimum dan durasi maksimum (dalam menit).....	16
Gambar 2. 3. Kurva pemulihan otot yang lelah (1), lelah sebagian (2 hingga 4) setelah melakukan pekerjaan secara terus menerus.	16
Gambar 2. 4. Pengukuran antropometri statis	28
Gambar 5. 1. Manajemen Pengendalian Stress.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Mata Ukur Antropometri Statis.....	27
--	----

BAB 1

PENGANTAR ERGONOMI

1.1 Sejarah Ergonomi

Sejak manusia mulai menggunakan alat-alat sederhana seperti batu untuk membantu aktivitas manual, prinsip ergonomi telah berkembang guna mempermudah penggunaan alat tersebut. Ergonomi modern mulai mendapat perhatian sekitar satu abad yang lalu, ketika Taylor dan Gilberth secara terpisah melakukan penelitian mengenai efisiensi waktu dan gerakan pada periode 1880–1890. Penerapan ergonomi secara signifikan terlihat selama Perang Dunia I, ketika konsep ini digunakan untuk meningkatkan interaksi antara manusia dan peralatan yang digunakan. Selanjutnya, antara tahun 1924 hingga 1930, Hawthorne Works of Western Electric di Amerika Serikat melakukan penelitian yang dikenal sebagai "Efek Hawthorne." Studi ini memberikan wawasan tentang faktor-faktor yang memengaruhi motivasi kerja serta menunjukkan hubungan erat antara manusia dan mesin.

Perkembangan ergonomi semakin pesat pada tahun 1949, yang ditandai dengan penggunaannya sebagai judul buku karya Prof. Murrel. Meskipun istilah "ergonomi" baru diperkenalkan pada saat itu, praktik yang berkaitan dengan bidang ini telah berlangsung selama berabad-abad. Ergonomi mulai diakui sebagai disiplin ilmu tersendiri pada masa Perang Dunia II, ketika pendekatan sistematis dan terkoordinasi mulai diterapkan. Para ahli dari berbagai bidang, termasuk fisiologi, psikologi, antropologi, kedokteran, serta teknik, bekerja sama untuk mengatasi tantangan dalam pengoperasian peralatan militer yang semakin kompleks.

Pasca Perang Dunia II, ilmu ergonomi berkembang dengan pesat. Bukti menunjukkan bahwa peralatan yang dirancang sesuai dengan kebutuhan pengguna dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja. Akibatnya, konsep ergonomi mulai diterapkan secara luas, terutama dalam industri yang memproduksi persenjataan.

1.2 Definisi Ergonomi

Istilah "ergonomi" berasal dari bahasa Yunani, yaitu "ergon" yang berarti kerja dan "nomos" yang bermakna hukum alam. Secara umum, ergonomi mengacu pada kajian tentang berbagai aspek manusia dalam lingkungan kerja dari perspektif anatomi, fisiologi, psikologi, teknik, manajemen, serta desain (Nurmianto, 2004). Di Amerika Serikat, istilah "faktor manusia" sering digunakan sebagai sinonim dari ergonomi. Fokus utama ergonomi adalah merancang alat, sistem teknis, dan lingkungan kerja agar dapat meningkatkan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, produktivitas, serta efisiensi kerja. Selain itu, *International Ergonomics Association* (IEA) mendefinisikan ergonomi sebagai disiplin ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan elemen lain dalam suatu sistem, serta menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk mengoptimalkan kinerja manusia melalui desain sistem yang lebih baik.

1.3 Definisi Ergonomi Menurut Para Ahli

Beberapa ahli telah mendefinisikan ergonomi dengan berbagai pendekatan, antara lain:

- Menurut Sotalaksana (1979), ergonomi adalah ilmu yang meneliti manusia dalam sistem kerja, mencakup aspek fisik dan non-fisik, serta bagaimana merancang sistem yang aman, nyaman, sehat, efisien, dan efektif.
- Suma'mur (1989) menjelaskan bahwa ergonomi merupakan bagian dari ilmu keselamatan dan kesehatan kerja yang menekankan keseimbangan antara pekerjaan dan efisiensi kerja.

- Pheasant (1991) mendefinisikan ergonomi sebagai penerapan informasi ilmiah mengenai manusia dalam desain objek, sistem, dan lingkungan yang digunakan manusia.
- Osborne (1995) menggambarkan ergonomi sebagai cara pandang yang mempertimbangkan interaksi manusia dengan lingkungan kerja, peralatan, serta situasi kerja.
- Pulat (1997) mengartikan ergonomi sebagai studi mengenai hubungan antara manusia dengan benda yang digunakan serta lingkungan kerjanya.
- Bridger (2003) menyoroti ergonomi sebagai ilmu yang meneliti hubungan manusia dengan mesin serta faktor yang memengaruhi interaksi tersebut.
- Tarwaka (2004) mendeskripsikan ergonomi sebagai perpaduan antara ilmu, seni, dan penerapan teknologi untuk menciptakan keselarasan antara peralatan dan kemampuan fisik serta mental manusia guna meningkatkan kualitas hidup.
- ACGIH (2007) menjelaskan bahwa ergonomi berfokus pada desain hubungan antara manusia dan mesin guna mencegah cedera serta meningkatkan performa kerja.
- NIOSH (2007) mendefinisikan ergonomi sebagai ilmu yang diterapkan dalam desain peralatan serta sistem kerja yang sesuai dengan anatomi, fisiologi, biomekanika, persepsi, dan kebiasaan manusia.
- Secara umum, ergonomi juga dipahami sebagai pendekatan dalam desain pekerjaan yang memperhitungkan kapasitas pekerja untuk mencegah cedera dan meningkatkan efisiensi kerja.

1.4 Dasar Keilmuan Ergonomi

Ergonomi berakar pada berbagai disiplin ilmu yang berkaitan dengan karakteristik fungsional manusia, seperti kemampuan indra, respons memori, serta posisi optimal tubuh dalam melakukan tugas tertentu. Disiplin ini berkembang pesat terutama di sektor industri dan mencakup bidang seperti

antropometri, biomekanika, fisiologi, psikologi, toksikologi, teknik mesin, desain industri, teknologi informasi, serta manajemen industri. Ketertarikan terhadap ergonomi semakin meningkat, terutama di Eropa dan Amerika, dengan adanya International Ergonomics Association (IEA), yang kini memiliki anggota aktif di hampir 40 negara dan mencakup sekitar 15.000 orang. Seorang ergonom yang kompeten harus memahami sistem muskuloskeletal, yang meliputi:

- Kinesiologi, yaitu studi tentang mekanisme gerakan tubuh manusia,
- Biomekanika, yang menerapkan prinsip mekanika teknik dalam analisis struktur otot dan tulang,
- Antropometri, yang mempelajari dimensi tubuh manusia dalam kaitannya dengan desain fasilitas kerja.

Selain itu, pemahaman tentang keselamatan dan kesehatan kerja juga penting, termasuk:

- Higiene industri, yang berfokus pada pengendalian risiko kesehatan di tempat kerja,
- Psikologi industri, yang meneliti perilaku dan sikap pekerja dalam lingkungan kerja.

Ergonomi juga mencakup faktor-faktor penting seperti postur dan gerakan tubuh (misalnya, duduk, berdiri, mengangkat, menarik, serta mendorong), faktor lingkungan (termasuk pencahayaan, kebisingan, getaran, suhu, serta paparan bahan kimia), serta aspek informasi dan operasi yang berkaitan dengan persepsi sensorik dan kendali kerja.

1.5 Tujuan Ergonomi

Tujuan utama ergonomi adalah mengoptimalkan desain lingkungan kerja agar sesuai dengan kemampuan manusia, sehingga dapat meningkatkan kinerja dan kesejahteraan pekerja. Beberapa tujuan ergonomi meliputi:

1. Menyesuaikan desain sistem kerja dengan kapasitas fisik manusia untuk meningkatkan kenyamanan dan mengurangi risiko cedera.
2. Meningkatkan efisiensi kerja dengan mengoptimalkan kecepatan, ketepatan, serta keselamatan dalam bekerja.
3. Meminimalkan kesalahan manusia yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja dan kerusakan fasilitas.
4. Mencegah gangguan kesehatan akibat postur kerja yang tidak ergonomis, seperti nyeri punggung dan gangguan muskuloskeletal.

Menurut Tarwaka (2004), ergonomi juga bertujuan untuk:

- Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental dengan mengurangi beban kerja dan mencegah cedera akibat kerja,
- Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan koordinasi kerja serta jaminan sosial,
- Mencapai keseimbangan yang rasional antara aspek teknis, ekonomi, dan antropologis dalam sistem kerja, guna meningkatkan kualitas hidup dan produktivitas.

Secara keseluruhan, ergonomi berkontribusi dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan efisien, mengurangi risiko kecelakaan, serta meningkatkan produktivitas tenaga kerja. Dalam implementasinya, ergonomi mencakup beberapa bidang utama:

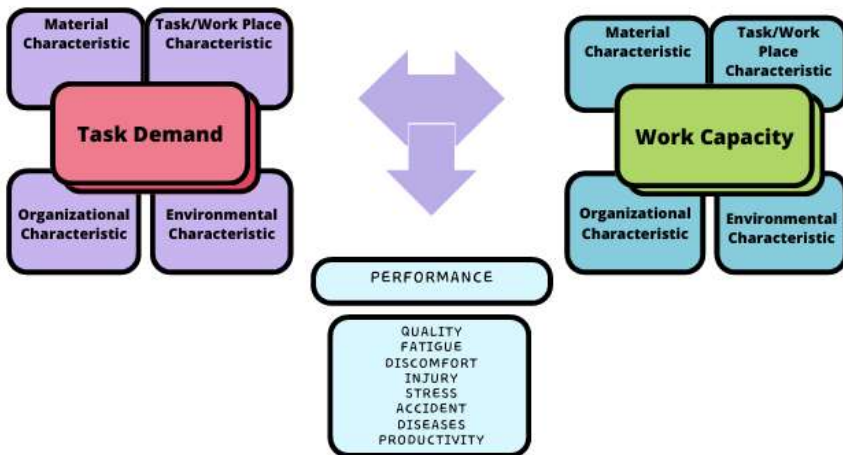
1. Antropometri – Mempelajari dimensi tubuh manusia untuk merancang fasilitas kerja yang ergonomis.
2. Ergonomi Kognitif – Meneliti bagaimana manusia memproses informasi dan menghindari kesalahan dalam pekerjaan.
3. Ergonomi Fisik – Menganalisis kebutuhan tenaga dalam pekerjaan dan bagaimana cara menguranginya untuk menghindari cedera.
4. Lingkungan Kerja Fisik – Mengkaji faktor lingkungan seperti pencahayaan, kebisingan, suhu, dan kelembapan

yang berpengaruh terhadap kesehatan dan produktivitas pekerja.

Dengan perkembangan teknologi dan meningkatnya kompleksitas pekerjaan, muncul bidang makro ergonomi, atau human system organization, yang berfokus pada perancangan organisasi kerja yang optimal agar beban kerja sesuai dengan kapasitas pekerja.

1.6 Konsep Keseimbangan dalam Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu multidisiplin yang menggabungkan ilmu pengetahuan, seni, dan teknologi untuk menciptakan keselarasan antara alat, metode, serta lingkungan kerja dengan kapasitas dan keterbatasan manusia. Salah satu prinsip utama ergonomi adalah menciptakan keseimbangan antara tuntutan pekerjaan dan kapasitas individu, sehingga dapat meningkatkan efisiensi serta mencegah dampak negatif terhadap kesehatan pekerja.



Gambar 1.1 Konsep Dasar dalam Ergonomi
Sumber (Munuaba, 2000)

1. **Kemampuan Kerja.** Kemampuan seseorang dipengaruhi oleh beberapa faktor:
 - ***Personal Capacity (Kapasitas Pribadi)***; meliputi aspek seperti usia, jenis kelamin, ukuran tubuh (antropometri), pendidikan, pengalaman, status sosial, agama atau keyakinan, kondisi kesehatan, serta kebugaran fisik.
 - ***Physiological Capacity (Kapasitas Fisiologis)***; mencakup daya tahan kardiovaskular, kekuatan saraf dan otot, serta fungsi panca indera.
 - ***Psychological Capacity (Kapasitas Psikologis)***; berhubungan dengan kekuatan mental, kecepatan reaksi, kemampuan beradaptasi, dan stabilitas emosional.
 - ***Biomechanical Capacity (Kapasitas Biomekanika)***; terkait dengan kekuatan sendi dan tendon.
2. **Tuntutan Tugas.** Tuntutan pekerjaan ditentukan oleh beberapa faktor:
 - ***Task and Material Characteristics (Karakteristik tugas dan material)***; dipengaruhi oleh jenis peralatan dan mesin, tipe pekerjaan, serta kecepatan dan ritme kerja.
 - ***Organizational Characteristics (Karakteristik organisasi)***; mencakup durasi kerja, waktu istirahat, jadwal kerja malam atau shift, cuti, serta hari libur.
 - ***Environmental Characteristics (Karakteristik lingkungan)***; terkait dengan faktor manusia, suhu, kelembapan, kebisingan dan getaran, pencahayaan, serta kondisi psikososial.
3. **Kinerja.** Kinerja seseorang sangat dipengaruhi oleh perbandingan antara tuntutan tugas dengan kemampuan individu. Jika tuntutan pekerjaan melebihi kapasitas seseorang, hal tersebut dapat menyebabkan

ketidaknyamanan, kelelahan, kecelakaan, cedera, gangguan kesehatan akibat kerja, dan penurunan produktivitas

Jika tuntutan pekerjaan lebih rendah dibandingkan dengan kemampuan atau kapasitas kerja seseorang, maka individu tersebut dapat mengalami kebosanan, kejenuhan, bahkan rasa sakit, serta menjadi tidak produktif. Oleh karena itu, untuk meningkatkan produktivitas, diperlukan keseimbangan dinamis antara tuntutan pekerjaan dan kemampuan yang dimiliki, guna menciptakan lingkungan kerja yang sehat, aman, nyaman, dan produktif.

1.7 Kapasitas Kerja

Agar tujuan ergonomi dapat tercapai, perlu adanya keseimbangan antara individu dengan tugas yang dilakukannya. Dengan demikian, seseorang dapat bekerja sesuai dengan kemampuannya tanpa melebihi batas fisik dan mentalnya. Berbagai faktor yang mempengaruhi kapasitas dan keterbatasan individu mencakup usia, jenis kelamin, ras, dimensi tubuh (antropometri), status kesehatan, asupan gizi, tingkat kebugaran, latar belakang pendidikan, keterampilan, budaya, kebiasaan, perilaku, serta kemampuan dalam beradaptasi (Manuaba, 1998).

1. Usia

Usia memiliki hubungan erat dengan kapasitas fisik seseorang. Pada usia sekitar 25 tahun, kemampuan fisik umumnya berada pada titik tertinggi. Namun, seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan kekuatan otot sekitar 25% saat memasuki usia 50-60 tahun, serta penurunan kemampuan sensoris dan motorik hingga 60%. Setelah melewati usia 60 tahun, kapasitas kerja fisik individu hanya berkisar 50% dibandingkan ketika berusia 25 tahun. Selain itu, faktor usia juga mempengaruhi penurunan kemampuan dalam hal VO₂ max, daya ingat jangka pendek, pengambilan keputusan, serta fungsi penglihatan dan pendengaran. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan faktor usia

dalam menentukan jenis pekerjaan yang diberikan (Tarwaka, 2004).

2. Jenis Kelamin

Secara umum, pria memiliki kekuatan fisik yang lebih besar dibandingkan wanita, dengan perbandingan sekitar dua pertiga dari kekuatan pria. Namun, dalam hal ketelitian, wanita sering kali lebih unggul. Berdasarkan penelitian Konz (1996), VO2 max wanita lebih rendah 15-30% dibandingkan pria, yang berkontribusi pada persentase lemak tubuh lebih tinggi serta kadar hemoglobin (Hb) lebih rendah. Sementara itu, Priatna (1990) menemukan bahwa wanita memiliki ketahanan lebih baik terhadap suhu dingin karena konduktivitas panas tubuh mereka lebih tinggi dibandingkan pria. Dalam kondisi panas, wanita cenderung bereaksi lebih kuat terhadap perubahan suhu lingkungan. Oleh sebab itu, dalam pembagian kerja, faktor kemampuan fisik dan keahlian masing-masing gender harus diperhitungkan agar produktivitas tetap optimal (Tarwaka, 2004).

3. Antropometri Tubuh

Data antropometri memiliki peranan penting dalam menentukan desain alat kerja dan cara penggunaannya. Keselarasan antara dimensi tubuh pekerja dengan peralatan yang digunakan dapat mempengaruhi postur tubuh, tingkat kelelahan, kapasitas kerja, serta produktivitas. Selain itu, antropometri juga dimanfaatkan dalam proses seleksi tenaga kerja serta perancangan pakaian, tempat kerja, lingkungan kerja, mesin, dan peralatan lainnya.

4. Status Kesehatan

Kondisi kesehatan individu berhubungan erat dengan asupan nutrisi, yang keduanya berkontribusi terhadap produktivitas dan efisiensi kerja. Pekerja memerlukan energi yang cukup untuk menjalankan tugasnya, dan kekurangan energi dapat berdampak pada kapasitas kerja

baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Selain pola makan yang seimbang, kondisi tubuh yang sehat juga menjadi faktor penting dalam menunjang kinerja optimal.

Menurut Suma'mur (1982) dan Grandjean (1993) dalam Tarwaka (2004), tidak hanya jumlah kalori yang dikonsumsi yang berpengaruh, tetapi juga bagaimana kalori tersebut disediakan sepanjang waktu kerja. Misalnya, pemberian makanan ringan dan teh manis setiap 1,5-2 jam setelah mulai bekerja terbukti lebih efektif dalam meningkatkan produktivitas dibandingkan hanya mengandalkan makan siang.

5. Kesegaran Jasmani

Kesegaran jasmani merupakan kemampuan tubuh untuk menyesuaikan diri dengan beban fisik tanpa mengalami kelelahan berlebihan (Hairry, 1989; Hopkins, 2002 dalam Tarwaka, 2004). Nala (2001) dalam Tarwaka (2004) mengidentifikasi 10 aspek utama dalam kesegaran jasmani, yaitu kekuatan, daya tahan, kecepatan, kelincahan, fleksibilitas, keseimbangan, daya ledak, koordinasi, ketepatan, dan waktu reaksi. Tingkat kesegaran jasmani yang baik diperlukan agar pekerja mampu mempertahankan produktivitas kerja tanpa mengalami kelelahan yang cepat.

6. Kemampuan Kerja Fisik

Kemampuan kerja fisik merujuk pada kapasitas seseorang dalam melakukan pekerjaan yang memerlukan aktivitas otot dalam jangka waktu tertentu. Waktu yang diperlukan bervariasi tergantung pada jenis tugas yang dikerjakan, mulai dari aktivitas yang berlangsung beberapa detik hingga tugas yang memerlukan ketahanan selama beberapa jam. Hairry (1989) dan Genaidy (1996) dalam Tarwaka (2004) menekankan bahwa faktor utama yang menentukan kemampuan kerja fisik seseorang adalah kekuatan otot, daya tahan otot, serta ketahanan sistem kardiovaskular.

1.8 Postur Tubuh dan Gerakan

Postur tubuh serta pergerakan memainkan peranan penting dalam penerapan ergonomi di tempat kerja dan kehidupan sehari-hari. Jenis pekerjaan serta lingkungan kerja sering kali mempengaruhi cara seseorang mempertahankan postur tubuhnya. Dalam aktivitas sehari-hari, otot, ligamen, serta sendi bekerja sama untuk menopang postur tubuh dan memungkinkan pergerakan yang optimal. Otot bertanggung jawab dalam menyediakan tenaga yang dibutuhkan untuk menjaga postur tubuh serta melakukan berbagai gerakan. Postur tubuh serta gerakan yang kurang tepat dapat memberikan tekanan berlebih pada otot, ligamen, serta sendi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan keluhan pada beberapa bagian tubuh, seperti leher, punggung, bahu, dan pergelangan tangan. Selain berpotensi menyebabkan gangguan muskuloskeletal, beberapa jenis gerakan juga memerlukan pengeluaran energi tambahan yang dapat mempengaruhi kerja otot, sistem kardiovaskular, serta sistem pernapasan. Oleh karena itu, postur tubuh dan pergerakan yang ergonomis sangat penting untuk mengurangi risiko cedera serta meningkatkan efisiensi dalam bekerja.

BAB 2

BIOMEKANIKA, FISIOLOGI, DAN ANTROPOMETRI

2.1 Latar Belakang Biomekanika

Biomekanika merupakan disiplin ilmu yang menerapkan konsep fisika mekanika pada tubuh manusia untuk menganalisis tekanan mekanis yang terjadi pada otot dan sendi saat seseorang mengadopsi postur tertentu atau melakukan gerakan. Dalam ergonomi, terdapat beberapa prinsip biomekanika yang penting untuk menjaga postur dan gerakan yang optimal, sebagaimana dijelaskan berikut:

- **Menjaga Persendian dalam Posisi Netral**

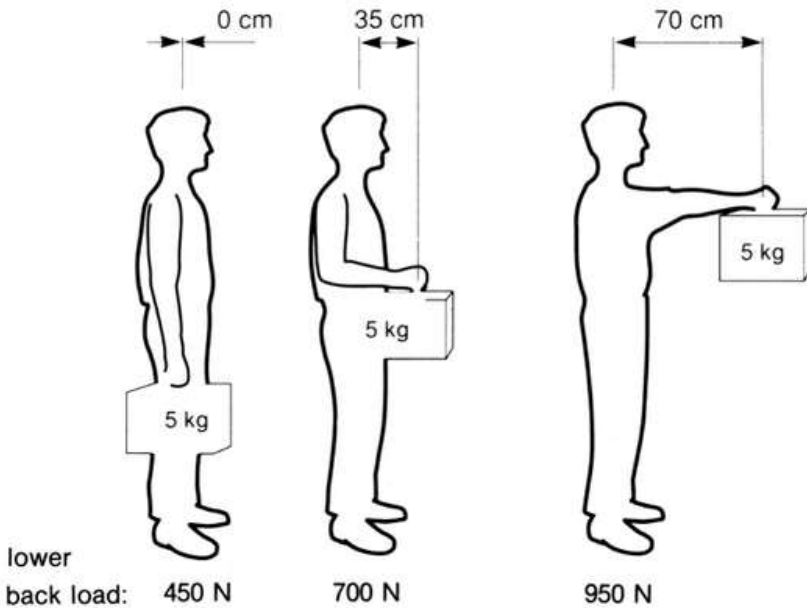
Agar otot dan ligamen dapat berfungsi secara efektif, persendian harus tetap berada dalam posisi netral saat tubuh mempertahankan postur atau melakukan gerakan. Postur yang tidak ideal, seperti mengangkat lengan terlalu tinggi, menekuk pergelangan tangan, menundukkan kepala, atau membungkukkan tubuh, dapat menyebabkan beban berlebih pada otot dan persendian.

- **Melakukan Pekerjaan Dekat dengan Tubuh**

Melakukan aktivitas yang terlalu jauh dari tubuh dapat menyebabkan lengan terentang dan tubuh condong ke depan, sehingga meningkatkan tekanan pada persendian, terutama di bagian siku, bahu, dan punggung. Ketika lengan direntangkan, beban pada punggung juga bertambah, menyebabkan ketegangan otot yang lebih besar.

- **Menghindari Membungkuk ke Depan**

Bagian atas tubuh manusia dewasa memiliki berat sekitar 40 kg. Jika tubuh dibungkukkan terlalu jauh ke depan, otot dan ligamen punggung harus bekerja lebih keras untuk menjaga keseimbangan. Kondisi ini dapat meningkatkan tekanan pada punggung bagian bawah, yang berpotensi menyebabkan ketidaknyamanan atau cedera.



Gambar 2. 1. Tekanan pada punggung disaat tangan direntangkan
Sumber: (*Ergonomics for beginners*, 2001)

- **Gerakan dan Kekuatan yang Mendadak**

Gerakan tiba-tiba dengan kekuatan besar dapat memberikan tekanan berlebihan pada tubuh. Mengangkat beban secara mendadak berisiko menyebabkan nyeri akut, terutama di bagian punggung bawah. Oleh karena itu, proses pengangkatan beban sebaiknya dilakukan secara bertahap dan merata untuk mengurangi risiko cedera.

- **Variasi Postur dan Gerakan**

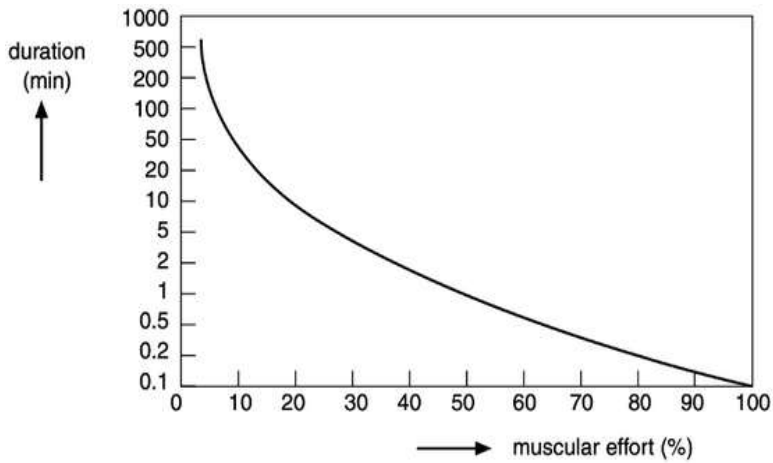
Mempertahankan satu postur dalam waktu lama serta melakukan gerakan berulang dalam jangka panjang dapat menyebabkan cedera pada otot dan persendian. Meskipun risiko ini dapat dikurangi dengan melakukan variasi tugas pada bagian tubuh tertentu, cara terbaik tetaplah dengan menghindari posisi dan gerakan yang monoton. Demikian pula, aktivitas seperti berdiri, duduk, dan berjalan sebaiknya dilakukan secara bergantian untuk mengurangi ketegangan otot.

- **Mengurangi Beban Otot**

Ketegangan yang terus-menerus pada kelompok otot tertentu akibat postur yang tidak tepat atau gerakan berulang dapat menyebabkan kelelahan otot, yang berujung pada penurunan kinerja. Semakin besar beban yang diterima otot, semakin sulit bagi otot tersebut untuk mempertahankan fungsinya dalam waktu lama. Umumnya, seseorang hanya dapat mempertahankan penggunaan otot secara maksimal dalam beberapa detik sebelum mengalami kelelahan.

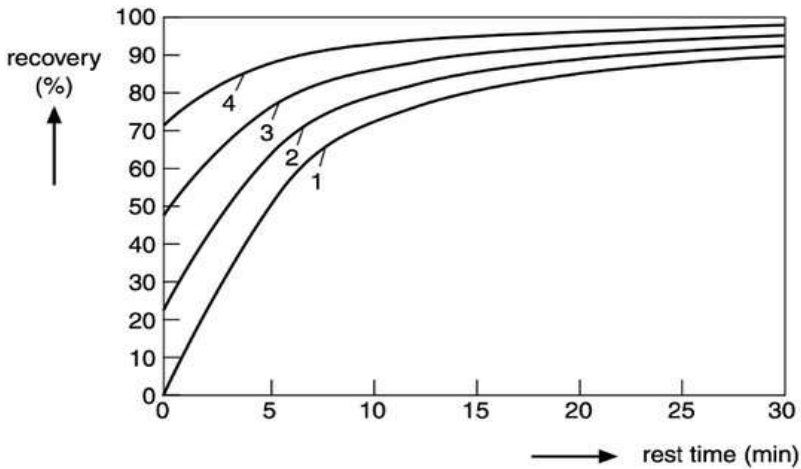
- **Mencegah Kelelahan Otot**

Otot yang mengalami kelelahan memerlukan waktu pemulihan yang cukup untuk kembali berfungsi dengan optimal. Jika otot digunakan secara berlebihan, waktu pemulihan akan semakin lama. Berdasarkan penelitian, otot yang kelelahan membutuhkan sekitar 30 menit untuk mencapai pemulihan 90%, sementara otot yang digunakan hingga 50% kapasitasnya memerlukan sekitar 15 menit untuk pulih. Namun, pemulihan total otot dapat berlangsung selama beberapa jam, tergantung pada tingkat kelelahan yang terjadi.



Gambar 2. 2. Hubungan antara kekuatan otot maksimum dan durasi maksimum (dalam menit).

Sumber: (*Ergonomics for beginners, 2001*)



Gambar 2. 3. Kurva pemulihan otot yang lelah (1), lelah sebagian (2 hingga 4) setelah melakukan pekerjaan secara terus menerus.

Sumber: (*Ergonomics for beginners, 2001*)

2.2 Penanganan Material Secara Manual (Manual Material Handling - MMH)

Manual Material Handling (MMH) merujuk pada proses pemindahan material tanpa bantuan alat mekanis, yang mengandalkan tenaga manusia untuk mengangkat, mendorong, menarik, dan membawa benda. Aktivitas ini memerlukan tenaga fisik yang signifikan, sehingga jika dilakukan secara berulang dalam jangka waktu lama, perlu mempertimbangkan keterbatasan fisik tubuh, termasuk energi yang dibutuhkan (Kroemer, 1994). Jika MMH tidak dilakukan sesuai prinsip ergonomi, risiko cedera akibat beban berlebih dapat meningkat, yang sering disebut sebagai "over-exertion lifting and carrying." Dalam MMH, pekerja sering kali mengalami keluhan akibat aktivitas seperti mengangkat, menurunkan, menarik, mendorong, dan membawa material. Salah satu solusi terbaik untuk mengurangi risiko ini adalah menerapkan kontrol teknik (engineering control), yang mencakup otomatisasi pekerjaan dan perancangan ulang tugas agar lebih ergonomis. Beberapa faktor utama yang perlu diperhatikan dalam MMH meliputi frekuensi pekerjaan, jarak angkat, serta berat beban. Aktivitas MMH seperti mengangkat, menurunkan, menarik, dan mendorong melibatkan berbagai bagian tubuh dan memerlukan koordinasi yang baik. Jika koordinasi ini tidak berjalan dengan optimal, risiko kecelakaan kerja akan meningkat.

2.2.1 Strategi Pencegahan Risiko dalam Manual Handling

Untuk mencegah kecelakaan kerja akibat MMH, terutama yang berhubungan dengan gangguan sistem muskuloskeletal, langkah terbaik adalah mengurangi atau menghilangkan tugas yang memiliki tingkat risiko tinggi terhadap keselamatan pekerja. Beberapa langkah pencegahan yang dapat diterapkan meliputi:

1. Mekanisasi Pekerjaan

Penggunaan alat mekanis untuk mengurangi pekerjaan manual yang berulang dapat membantu mengurangi beban kerja dan risiko cedera.

2. Rotasi Pekerjaan

Pekerja tidak hanya ditugaskan pada satu jenis pekerjaan, tetapi juga melakukan tugas berbeda secara bergantian. Hal ini bertujuan untuk mengurangi ketegangan otot serta mencegah beban berlebih pada bagian tubuh tertentu.

3. Pembagian Tugas dalam Kelompok

Bekerja dalam tim memungkinkan distribusi beban kerja secara merata, sehingga mengurangi tekanan pada individu.

4. Perancangan Ulang Tempat Kerja

Penyesuaian tempat kerja agar lebih ergonomis dapat meningkatkan efisiensi kerja serta mengurangi risiko cedera akibat postur yang tidak optimal.

5. Pelatihan Keselamatan Kerja

Memberikan edukasi kepada pekerja mengenai teknik yang benar dalam mengangkat, membawa, atau memindahkan beban guna meminimalkan risiko cedera.

2.2.2 Evaluasi Pekerjaan Angkat Beban Secara Manual

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) mengembangkan persamaan NIOSH lifting equation untuk memberikan rekomendasi batas aman dalam mengangkat beban berdasarkan beberapa faktor pekerjaan. Beberapa variabel utama yang digunakan dalam analisis ini meliputi:

1. Berat Beban

Jumlah beban yang dipindahkan memiliki dampak langsung terhadap risiko cedera.

2. Posisi Beban terhadap Tubuh

- **Jarak horizontal:** Semakin jauh beban dari pusat gravitasi tubuh, semakin besar tekanan yang diberikan pada tubuh.
- **Jarak vertikal:** Ketinggian beban dari lantai dapat memengaruhi tingkat kesulitan dalam pengangkatan.

- **Sudut pemindahan:** Arah dan sudut pengangkatan dapat memengaruhi biomekanika tubuh.
- 3. **Frekuensi Pemindahan**
Jumlah rata-rata pemindahan beban dalam satu menit, terutama dalam pekerjaan dengan intensitas tinggi.
- 4. **Durasi Pemindahan**
Total waktu yang diperlukan dalam aktivitas pemindahan beban, yang dapat memengaruhi tingkat kelelahan pekerja.

2.3 Batas Beban yang Direkomendasikan (*Recommended Weight Limit - RWL*)

Recommended Weight Limit (RWL) adalah batas beban maksimal yang dapat diangkat oleh seseorang tanpa meningkatkan risiko cedera, meskipun tugas tersebut dilakukan secara berulang dalam jangka waktu lama. NIOSH telah menetapkan standar ini sejak tahun 1991 dengan mempertimbangkan beberapa kondisi, yaitu:

- Beban yang diangkat bersifat statis, tanpa perubahan berat selama proses kerja.
- Beban harus diangkat menggunakan kedua tangan.
- Pengangkatan atau penurunan beban dilakukan dalam durasi maksimal 8 jam.
- Aktivitas ini tidak boleh dilakukan dalam posisi duduk atau berlutut.
- Ruang kerja harus cukup luas untuk memungkinkan pergerakan yang aman.

Persamaan NIOSH digunakan untuk menentukan batas aman dalam pengangkatan beban, baik untuk tugas tunggal (single task) maupun tugas majemuk (multi-task), dengan mempertimbangkan berbagai faktor ergonomis yang dapat memengaruhi biomekanika tubuh.

2.3.1 Pekerjaan Single Task

Pekerjaan pemindahan manual (Single Task) merupakan aktivitas pemindahan yang dilakukan secara satu kali tanpa pengulangan, di mana jarak perpindahannya tetap konsisten, baik secara vertikal maupun horizontal. Rumus yang sering digunakan untuk menghitung beban yang direkomendasikan dalam pemindahan jenis ini mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Waters (1994).

$$RWL = LC \times HM \times DM \times AM \times FM \times CM$$

Keterangan:

LC : Konstanta pembebanan , 23 Kg

DM : Faktor pengali perpindahan DM

DM : $0.82 + (4.5/D)$

Perhitungan faktor pengali jarak diawali dengan menentukan *vertical travel distance*, yaitu jarak perpindahan benda secara vertikal dari titik angkat awal (original) hingga titik angkat tujuan (destination).

HM : Faktor pengali *horizontal* ($HM = 25 / H$)

Faktor pengali horizontal dihitung dengan menentukan *horizontal location* yaitu jarak yang diukur dari titik tengah garis yang menghubungkan tulang pergelangan kaki bagian dalam hingga titik pusat beban saat diangkat.

FM : Variabel yang digunakan dalam perhitungan faktor pengali frekuensi adalah *lifting frequency*, yaitu rata-rata jumlah pengangkatan per menit. Jika frekuensi pengangkatan kurang dari 5 menit, maka nilai F adalah 0,2 angkatan/menit (lihat Tabel FM).

CM : Faktor pengali kopling (*Handle*)

Untuk menentukan nilai pengali kopling yaitu menentukan klasifikasi dari kopling.

VM : Faktor pengali vertikal VM

$$VM = 1 - 0.003 | V - 75$$

AM : Faktor pengali *asymmetric*

$$AM = 1 - (0.0032 \times A)$$

Untuk menghitung faktor pengali asimetris, langkah pertama adalah menentukan *asymmetric angle*. Sudut asimetris ini didefinisikan sebagai sudut antara garis asimetri dan garis tengah tubuh (lihat *asymmetric multiplier*).

Setelah mendapatkan perhitungan RWL, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *Lifting Index* (LI). Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah aktivitas pengangkatan tersebut memiliki risiko cedera tulang belakang atau tidak. Hasil perhitungan *Lifting index* terbagi kedalam 2 klasifikasi, < 1 maka menunjukkan bahwa aktivitas pengangkatan tersebut tidak memiliki risiko cedera tulang belakang, akan tetapi bila hasil perhitungan > 1 maka pengangkatan tersebut memiliki risiko cedera belakang. Persamaan *Lifting Index* adalah sebagai berikut :

$$LI = \text{Load Weight (L)} / \text{Recomended Weioftht Limit (RWL)}$$

2.3.2 Pekerjaan *Multi Task*

Pekerjaan pemindahan manual (*Multi Task*) merupakan aktivitas pemindahan yang dilakukan secara berulang dengan jarak perpindahan yang bervariasi, baik secara vertikal maupun horizontal. Adapun beberapa perhitungan yang terkait dengan jenis pekerjaan *multi task* adalah sebagai berikut:

1. **FIRWL (*Frequency Independent Recomend Weight Limit*)**

FIRWL merupakan frekuensi pengangkatan yang direkomendasikan untuk satu sesi pekerjaan. FIRWL juga menggambarkan tekanan dan kekuatan otot yang dibutuhkan selama pelaksanaan tugas tersebut.

$$FIRWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times CM$$

2. STRWL (*Sinoftle Task Recomend Weioftht Limit*)

STRWL merupakan batas beban yang disarankan untuk satu kali pelaksanaan tugas pengangkatan.

$$\text{STRWL} = \text{FIRWL} \times \text{FM}$$

3. FILI (*Frequency Independet Liftinoft Index*)

FILI adalah frekuensi ketegangan otot pada setiap pengangkatan beban.

$$\text{FILI} = L / \text{FIRWL}$$

4. STLI (*Sinoftle Task Liftinoft Index*)

STLI adalah nilai relatif ketegangan otot pada satu kali pengangkatan.

$$\text{STLI} = L / \text{STRWL}$$

5. CLI (*Composite Liftinoft Index*)

Composite Lifting Index (CLI) digunakan sebagai persamaan untuk pekerjaan yang memerlukan beberapa tugas pengangkatan. CLI merupakan kalkulasi tuntutan kolektif dari berbagai tugas pengangkatan.

2.4 Fisiologi

Manusia memerlukan energi untuk menjalankan aktivitas sehari-hari. Kemampuan seseorang dalam melakukan berbagai kegiatan dipengaruhi oleh struktur tubuh masing-masing. Tubuh manusia memiliki 206 tulang yang berperan dalam menopang tubuh dan memungkinkan gerakan fisik. Tulang-tulang ini terhubung melalui sendi, yang terdiri dari kumpulan serabut otot yang mampu berkontraksi. Serabut otot berfungsi mengubah energi kimia menjadi energi mekanik. Sementara itu, sistem saraf mengendalikan otot agar dapat bekerja secara efektif dan optimal. Untuk melakukan berbagai aktivitas, manusia memerlukan suplai energi. Energi terbentuk karena adanya proses metabolisme di dalam otot, yaitu berupa serangkaian proses kimia yang mengubah makanan menjadi

bentuk energi, diantaranya ialah energi mekanis dan energi panas. Fungsi - Fungsi fisiologis akan dirubah oleh otot, fungsi tersebut diantaranya ialah;

- Denyut jantung
- Tekanan darah
- Keluaran/output jantung (liter darah /menit)
- Komposisi kimia dalam darah dan tubuh
- Temperatur tubuh
- Laju penguapan
- Ventilasi paru-paru
- Konsumsi oksigen oleh otot

Metabolisme dalam tubuh manusia adalah fase penting yang menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk mendukung aktivitas fisik. Proses ini dapat diibaratkan seperti pembakaran, di mana metabolisme menghasilkan panas dan energi yang mendukung kerja mekanis melalui sistem otot. Zat gizi yang bereaksi dengan oksigen yang dihirup akan diubah menjadi energi panas dan mekanik.

2.4.1 Metode Untuk Mengukur Beban Kerja Fisik

1. Konsumsi Energi

Pengukuran ini dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Metode langsung biasanya menggunakan konsumsi oksigen, sedangkan metode tidak langsung dilakukan dengan mengukur denyut jantung

2. Pengukuran denyut jantung

Rata-rata detak jantung dapat dibandingkan dengan sinyal yang menunjukkan peningkatan tekanan keseluruhan pada tubuh. Pengambilan oksigen bervariasi di antara individu. Selain itu, rata-rata detak jantung tidak dapat dijadikan indikator untuk memperkirakan energi yang diperlukan dalam melakukan suatu pekerjaan, karena

setiap individu memiliki tingkat konsumsi oksigen yang berbeda. Beberapa faktor yang mempengaruhi beban kerja meliputi faktor eksternal dan internal yaitu :

1. Faktor Eksternal

Faktor eksternal mencakup berbagai beban yang berasal dari lingkungan kerja dan memengaruhi kondisi fisik pekerja, antara lain:

a. Tugas (*Task*)

Faktor ini mencakup aspek fisik seperti desain stasiun kerja, tata letak area kerja, kondisi lingkungan, postur kerja, metode pengangkatan, serta berat beban yang ditangani. Selain itu, tugas yang bersifat mental mencakup tingkat tanggung jawab, kompleksitas pekerjaan, serta kondisi emosional pekerja.

b. Organisasi Kerja

Faktor ini berkaitan dengan aspek manajerial seperti durasi kerja, jadwal istirahat, sistem kerja shift, pola kerja, serta faktor lainnya yang dapat mempengaruhi keseimbangan beban kerja.

c. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja dapat berkontribusi terhadap peningkatan beban kerja fisik maupun mental. Faktor yang berperan mencakup kondisi fisik (suhu, pencahayaan, kebisingan), paparan zat kimia, risiko biologis, serta tekanan psikologis yang berasal dari dinamika kerja.

2. Faktor Internal

Faktor internal adalah elemen yang berasal dari dalam tubuh pekerja sebagai respons terhadap beban kerja eksternal. Faktor ini meliputi:

- **Aspek fisiologis dan somatis**, seperti jenis kelamin, usia, ukuran tubuh, status gizi, serta kondisi kesehatan.

- **Aspek psikologis**, yang mencakup motivasi kerja, persepsi individu terhadap tugas, keyakinan diri, harapan pribadi, serta tingkat kepuasan kerja.

2.5 Antropometri dalam Ergonomi

Dalam proses perancangan suatu produk, penting untuk mempertimbangkan prinsip-prinsip antropometri pengguna. Menurut Sanders & McCormick (1987), Pheasant (1988), dan Pulat (1992) dalam Tarwaka (2004), antropometri mengacu pada pengukuran dimensi tubuh manusia serta karakteristik fisik lainnya yang relevan untuk mendukung desain objek yang digunakan oleh manusia. Annis & McConville (1996) mengklasifikasikan penerapan ergonomi berbasis antropometri ke dalam dua prinsip utama:

1. **Ergonomi dalam lingkungan kerja** – Mencakup aspek tenaga kerja, mesin, peralatan pendukung, serta kondisi lingkungan kerja dengan tujuan menciptakan tempat kerja yang optimal. Penerapan ini bertujuan menjaga kesehatan fisik dan mental pekerja serta meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil kerja.
2. **Ergonomi dalam desain produk** – Berhubungan dengan karakteristik produk yang digunakan langsung oleh konsumen untuk memastikan kenyamanan dan keamanan pengguna.

Dalam proses perancangan stasiun kerja, alat, maupun fasilitas pendukung lainnya, data antropometri individu memainkan peran penting. Sutarmanto (1972) dalam Tarwaka (2004) menyatakan bahwa dengan memahami ukuran tubuh individu, alat kerja dapat disesuaikan sehingga memberikan kenyamanan, keamanan, kesehatan, serta estetika kerja. Penerapan ini pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas. Oleh karena itu, desain stasiun kerja dan peralatan harus mempertimbangkan keterbatasan manusia, mengingat adanya perbedaan karakteristik fisik antar individu.

Pendekatan dalam penerapan data antropometri untuk desain produk dapat dilakukan dengan beberapa metode berikut:

- **Desain untuk kelompok ekstrem**, yaitu menggunakan ukuran terkecil atau terbesar dalam populasi.
- **Desain khusus untuk individu**, yang disesuaikan secara spesifik dengan kebutuhan pengguna tertentu.
- **Desain dengan rentang yang dapat disesuaikan (adjustable range)**, yang biasanya menggunakan persentil ke-5 hingga ke-95 dari populasi agar lebih fleksibel bagi berbagai pengguna.
- **Desain berdasarkan ukuran rata-rata**, yang mengacu pada persentil ke-50 dari populasi (Sanders & McCormick, 1987).

Dalam proses pengumpulan data antropometri yang digunakan untuk desain, penting untuk mempertimbangkan variasi populasi pengguna. Faktor-faktor seperti perbedaan ukuran tubuh, jenis kelamin, usia, serta latar belakang etnis dan ras dapat memengaruhi hasil desain yang optimal. Selain itu, variabilitas ukuran tubuh manusia merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam aspek antropometri, karena dimensi tubuh dapat berubah seiring waktu. Perubahan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk peningkatan kesejahteraan yang berdampak pada status gizi masyarakat. Sebagai contoh, penelitian Tarwaka (1995) mengenai perkembangan antropometri pekerja di Bali ($n = 630$ orang) menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam ukuran tubuh antara dekade 1990-an dan 1970-an.

2.5.1 Jenis Pengukuran Antropometri

Pengukuran antropometri secara umum dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, yaitu pengukuran antropometri statis dan dinamis. Pemilihan metode pengukuran ini bergantung pada fungsi serta tujuan penggunaannya. Untuk

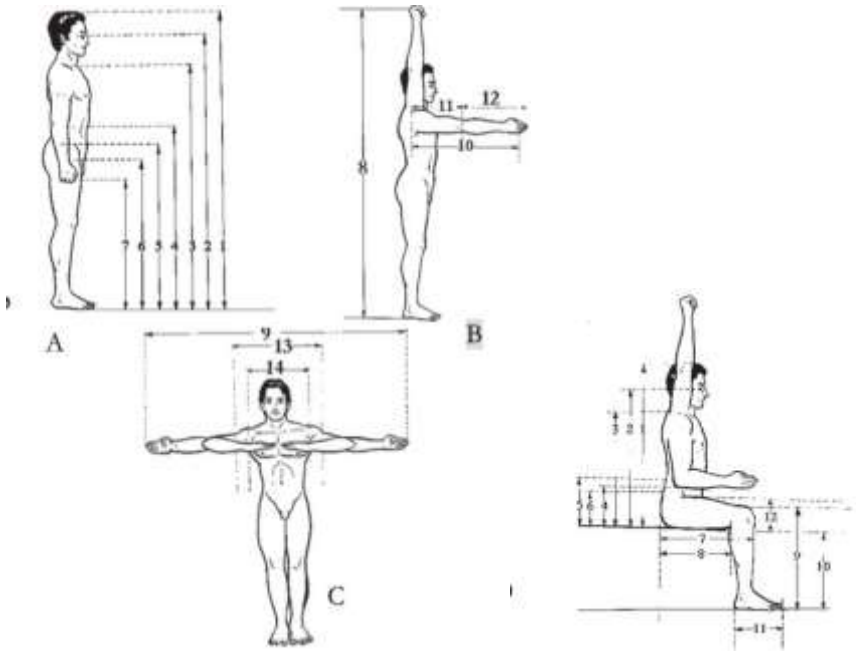
mengukur dimensi antropometri, digunakan alat yang disebut antropometer. Pengukuran biasanya dilakukan dalam posisi duduk dengan menggunakan kursi berukuran 40 x 40 x 40 cm yang tidak memiliki sandaran punggung.

1. Pengukuran Antropometri Statis

Metode ini dilakukan dalam dua posisi utama, yaitu berdiri dan duduk di kursi. Parameter yang diukur dalam antropometri statis mencakup berbagai dimensi tubuh, seperti:

Tabel 2. 1. Mata Ukur Antropometri Statis

Posisi Berdiri	Posisi Duduk
1. Tinggi badan	1. Tinggi kepala
2. Tinggi mata	2. Tinggi mata
3. Tinggi bahu	3. Tinggi bahu
4. Tinggi siku	4. Tinggi siku
5. Tinggi pinggang	5. Tinggi pinggang
6. Tinggi tulang pinggul	6. Tinggi tulang pinggul
7. Tinggi kepalan tangan posisi siap	7. Panjang buttock-lutut
8. Tinggi jangkauan atas	8. Panjang buttock-popliteal (lekuk lutut)
9. Panjang depa	9. Tinggi telapak kaki-lutut
10. Panjang lengan	10. Tinggi telapak kaki- popliteal (lekuk lutut)
11. Panjang lengan atas	11. Panjang kaki (tungkai- ujung jari kaki)
12. Panjang lengan bawah	12. Tebal paha dll.
13. Lebar bahu	
14. Lebar dada	



Gambar 2. 4. Pengukuran antropometri statis
(Sumber; Pheasant 1988 Body Space)

2.6 Lingkungan Kerja Fisik

Di era industri 4.0, perkembangan teknologi semakin pesat dengan penggunaan bahan dan peralatan yang semakin kompleks. Namun, kemajuan ini sering kali tidak diiringi dengan kesiapan sumber daya manusia yang memadai. Berbagai faktor dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja, salah satunya adalah keterbatasan manusia dalam beradaptasi dengan perubahan tersebut. Beberapa dampak yang dapat terjadi meliputi kecelakaan kerja, kebakaran, pencemaran lingkungan, serta penyakit akibat kerja. Kondisi ini tidak hanya berpotensi menimbulkan kerugian materi, tetapi juga dapat membahayakan keselamatan pekerja. Oleh karena itu, langkah-langkah pencegahan dan pengendalian perlu diterapkan guna meminimalkan risiko dan menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, serta produktif. Faktor-faktor yang memengaruhi lingkungan kerja dapat dikategorikan ke dalam aspek fisik,

kimia, biologis, dan psikologis. Faktor-faktor ini berpotensi memengaruhi kenyamanan kerja serta berdampak pada kesehatan dan keselamatan tenaga kerja.

2.7 Lingkungan Kerja dengan Suhu Tinggi

Pekerja yang bekerja dalam lingkungan bersuhu tinggi berisiko mengalami stres panas. Untuk menjaga kestabilan suhu tubuh, tubuh secara alami mengatur keseimbangan antara panas yang dihasilkan dari metabolisme dan panas yang diserap atau dilepaskan ke lingkungan. Menurut Suma'mur (1984), tubuh manusia memiliki sistem pengaturan suhu yang menjaga keseimbangan termal. Faktor-faktor yang memengaruhi produksi panas dalam tubuh antara lain aktivitas fisik, pola makan, serta kondisi lingkungan sekitar. Dalam menghadapi lingkungan panas, tubuh dapat mengalami proses aklimatisasi, yaitu penyesuaian fisiologis yang membantu mengurangi dampak stres panas. Proses ini melibatkan adaptasi seperti peningkatan produksi keringat dan penurunan denyut jantung. Namun, aklimatisasi memerlukan waktu, terutama bagi pekerja yang baru terpapar lingkungan bersuhu tinggi.

Dampak paparan suhu ekstrem terhadap kesehatan pekerja dapat mencakup berbagai kondisi berikut:

- **Penurunan kinerja dan perubahan perilaku:** Pekerja mungkin mengalami kelelahan yang berdampak pada efektivitas kerja.
- **Dehidrasi:** Kehilangan cairan tubuh yang berlebihan dapat menyebabkan kelelahan dan mulut kering, meskipun gejalanya mungkin belum tampak pada tahap awal.
- **Heat Rash:** Kondisi ini terjadi akibat kulit yang terus-menerus lembap, menyebabkan iritasi dan rasa gatal. Istirahat di tempat yang lebih sejuk dapat membantu meredakan gejala.

- **Heat Cramps:** Kram otot di tangan atau kaki yang disebabkan oleh hilangnya natrium melalui keringat berlebih.
- **Pingsan (*Fainting*):** Penurunan aliran darah ke otak akibat pergeseran sirkulasi darah ke permukaan kulit sebagai respons terhadap panas.
- **Heat Exhaustion:** Kondisi yang terjadi akibat kehilangan cairan dan elektrolit dalam jumlah besar, ditandai dengan mulut kering, kelelahan, serta rasa haus yang berlebihan.

BAB 3

LINGKUNGAN KERJA FISIK

3.1 Pengukuran Lingkungan Kerja Panas

Salah satu cara efektif untuk menilai dampak tekanan panas terhadap kesehatan pekerja adalah dengan mengukur suhu tubuh mereka. Suhu tubuh normal manusia berkisar 37°C, dan jika rata-rata suhu tubuh pekerja melebihi 38°C akibat paparan panas lingkungan yang tinggi, maka diperlukan pengukuran lebih lanjut terhadap suhu lingkungan kerja. Salah satu metode yang digunakan untuk mengukur suhu lingkungan panas adalah dengan menilai **Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB)**. ISBB diperoleh dari kombinasi pengukuran suhu udara kering, suhu basah, dan suhu radiasi. Selain ISBB, terdapat metode pengukuran modern menggunakan **QuestTemp Heat Stress Monitor**, yang beroperasi secara digital untuk mengukur berbagai parameter seperti suhu udara kering, suhu basah, suhu radiasi, dan ISBB secara lebih akurat.

Data yang diperoleh dari pengukuran ISBB dapat digunakan untuk menyesuaikan beban kerja yang diberikan kepada pekerja. Berdasarkan hasil ini, jadwal kerja dan istirahat dapat diatur agar pekerja tetap dapat bekerja dalam kondisi yang aman dan sehat.

3.2 Pengendalian Lingkungan Kerja Panas

Untuk mengendalikan dampak paparan suhu tinggi di tempat kerja, diperlukan upaya perbaikan terhadap lingkungan kerja, sumber panas, serta aktivitas kerja. Berikut adalah beberapa teknik pengendalian suhu panas di tempat kerja:

- a. **Mengurangi beban kerja melalui mekanisasi**
Automasi atau mekanisasi dapat mengurangi beban kerja fisik pekerja, sehingga mengurangi produksi panas dalam tubuh.
- b. **Mengurangi paparan panas radiasi melalui beberapa cara:**
 - Menurunkan suhu udara dari proses kerja yang menghasilkan panas.
 - Memindahkan proses kerja yang menghasilkan panas ke lokasi lain.
 - Menggunakan pelindung panas yang mampu memantulkan panas dari sumber radiasi.
- c. **Mengontrol suhu dan kelembapan lingkungan kerja**
Pengendalian dapat dilakukan dengan meningkatkan sistem ventilasi atau menggunakan pendingin udara. Cara ini dapat meningkatkan kenyamanan kerja serta menekan biaya operasional.
- d. **Meningkatkan sirkulasi udara**
Sirkulasi udara yang baik dapat mempercepat pendinginan evaporatif, namun perlu diperhatikan bahwa pergerakan udara yang terlalu tinggi ($> 0,2$ m/detik) dalam kondisi suhu tinggi ($> 40^{\circ}\text{C}$) justru dapat meningkatkan tekanan panas.
- e. **Membatasi waktu paparan terhadap suhu tinggi**
 - Mengatur jadwal kerja di lingkungan panas pada pagi atau sore hari untuk menghindari suhu tertinggi di siang hari.
 - Menyediakan area istirahat yang lebih sejuk, terpisah dari lokasi kerja utama.
 - Menyesuaikan pola kerja-istirahat berdasarkan beban kerja dan nilai ISBB.

3.3 Kebisingan di Tempat Kerja

Kebisingan adalah suara yang tidak diinginkan dan dapat mengganggu kenyamanan serta kesehatan pendengaran seseorang. Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Tahun 1999, kebisingan didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan yang berasal dari alat produksi atau alat kerja dengan tingkat tertentu yang berpotensi menyebabkan gangguan pendengaran. Suara dapat didengar karena adanya getaran yang merambat melalui media tertentu, yang berasal dari benda yang bergetar. Berdasarkan teori Suma'mur (1984), bunyi dipengaruhi oleh **frekuensi** dan **intensitas suara**.

- **Frekuensi suara** diukur dalam Hertz (Hz), yang menunjukkan jumlah getaran yang diterima telinga per detik.
- **Intensitas suara** mengacu pada kekuatan suara dan umumnya dinyatakan dalam desibel (dB).

3.4 Sumber Kebisingan

Di lingkungan industri, kebisingan umumnya berasal dari mesin-mesin yang digunakan dalam proses produksi. Beberapa contoh sumber kebisingan antara lain:

- Generator dan mesin diesel untuk pembangkit listrik.
- Mesin produksi industri.
- Ketel uap dan boiler pemanas air.
- Kendaraan bermotor yang beroperasi di area kerja.

Penilaian terhadap sumber kebisingan sangat penting untuk menentukan strategi pengendalian yang efektif. Tujuan dari penilaian tingkat kebisingan meliputi:

- Mengukur intensitas kebisingan di dekat sumber suara.
- Menilai tingkat kebisingan yang diterima oleh pekerja dan masyarakat sekitar.
- Mengevaluasi efektivitas langkah-langkah pengendalian kebisingan yang telah diterapkan.

- Mengurangi tingkat kebisingan di lingkungan kerja agar tidak melebihi ambang batas yang ditetapkan.
- Menentukan jenis alat pelindung diri (APD) yang sesuai untuk pekerja berdasarkan tingkat kebisingan yang ada

3.5 Pengukuran Kebisingan

Pengukuran kebisingan dapat dilakukan melalui dua metode utama:

a. **Pengukuran di sumber suara**

Metode ini menggunakan **sound level meter**, yang dapat mengukur frekuensi suara dalam rentang 20 - 20.000 Hz. Sebelum pengukuran dilakukan, perlu dibuat **peta kontur kebisingan** di sekitar sumber suara. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan alat pada ketinggian sekitar 140 - 150 cm (setinggi telinga manusia).

b. **Pengukuran pada penerima suara (pekerja)**

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui intensitas suara yang diterima oleh pekerja selama jam kerja. Alat yang digunakan adalah **dosimeter**, yang dipasang di area dada kiri atau kanan pekerja dan digunakan selama jam kerja penuh.

Setelah data kebisingan diperoleh, hasilnya dibandingkan dengan standar **Nilai Ambang Batas (NAB)** yang telah ditetapkan. Berdasarkan **Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. Kep. 51/MEN/1999**, batas kebisingan yang diperbolehkan untuk paparan terus-menerus selama 8 jam per hari atau 40 jam per minggu adalah **85 dB**.

3.6 Pengaruh Kebisingan

Secara umum, dampak kebisingan dapat dikategorikan berdasarkan tingkat intensitas dan durasi paparan. Dampak ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu kebisingan dengan intensitas

tinggi (melebihi Nilai Ambang Batas/NAB) dan kebisingan dengan intensitas rendah (di bawah NAB).

a. Kebisingan dengan Intensitas Tinggi

Paparan kebisingan dengan intensitas tinggi berisiko menyebabkan gangguan pendengaran, baik bersifat sementara maupun permanen. Sebelum terjadi gangguan permanen, umumnya seseorang akan mengalami penurunan kemampuan mendengar yang bersifat sementara. Kondisi ini dapat berdampak pada aktivitas sehari-hari, baik di lingkungan kerja, keluarga, maupun sosial. Efek kebisingan akan lebih terasa apabila suara yang diterima bersifat tidak kontinu atau sumbernya sulit diidentifikasi. Selain gangguan pendengaran, kebisingan dengan intensitas tinggi juga dapat memengaruhi kondisi fisiologis pekerja. Beberapa dampak yang dapat terjadi antara lain peningkatan tekanan darah dan denyut jantung, peningkatan risiko serangan jantung, serta gangguan pada sistem pencernaan.

b. Kebisingan dengan Intensitas Rendah

Meskipun kebisingan dengan intensitas rendah (di bawah NAB) tidak menyebabkan gangguan pendengaran secara langsung, namun tetap dapat menimbulkan dampak negatif terhadap performa kerja. Salah satu dampak utama adalah peningkatan stres akibat paparan kebisingan yang terus-menerus.

Secara lebih spesifik, stres akibat kebisingan dapat menyebabkan:

- Perubahan emosi, sakit kepala, dan gangguan tidur
- Gangguan reaksi psikomotor
- Kesulitan berkonsentrasi
- Hambatan dalam komunikasi
- Penurunan produktivitas kerja

3.7 Langkah Pengendalian Kebisingan di Tempat Kerja

Untuk mengendalikan kebisingan di tempat kerja, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah penilaian tingkat kebisingan dan dampak yang ditimbulkannya. Pendekatan yang efektif dalam pengendalian kebisingan adalah penerapan manajemen risiko kebisingan. Langkah-langkah yang dapat dilakukan meliputi:

1. **Identifikasi sumber kebisingan** Menentukan sumber utama kebisingan di tempat kerja, terutama yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan atau cedera akibat kerja.
2. **Penilaian risiko kebisingan** Menilai potensi dampak kebisingan terhadap pekerja dan lingkungan kerja.
3. **Penerapan langkah pengendalian** Mengambil tindakan yang sesuai untuk mengurangi atau meminimalkan risiko kebisingan.

Setelah langkah manajemen risiko diterapkan, pengendalian kebisingan dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu jangka pendek dan jangka panjang. Strategi pengendalian dapat mengadaptasi hirarki pengendalian risiko, yang mencakup:

1. Eliminasi Sumber Kebisingan

- Mengatur tata letak tempat kerja agar mengurangi eksposur terhadap kebisingan.
- Mengontrol intensitas suara dari mesin dengan melakukan pengujian sebelum penggunaan.
- Memasang peredam suara saat membangun fasilitas industri atau memasang mesin.

2. Pengendalian Kebisingan Secara Teknik

- Mengisolasi sumber suara dari area kerja, misalnya dengan menutup mesin atau menggunakan kendali jarak jauh.
- Menggunakan bantalan anti-getaran pada alas mesin.

- Menambahkan sekat atau pembatas antara sumber suara dan pekerja.

3. Pengendalian Kebisingan Secara Administratif

- Mengatur rotasi kerja agar pekerja tidak terus-menerus terpapar kebisingan tinggi.
- Memberikan jadwal istirahat yang cukup bagi pekerja di lingkungan bising.

4. Pengendalian Kebisingan pada Pekerja

- Menggunakan alat pelindung pendengaran seperti penutup telinga atau earplug yang dapat mengurangi tingkat kebisingan sebesar 30 - 40 dB.

3.8 Pencahayaan di Tempat Kerja

Menurut Suma'mur (1984), pencahayaan yang baik memungkinkan pekerja melihat objek dengan jelas, cepat, dan tanpa usaha berlebih. Penerangan yang memadai berkontribusi terhadap lingkungan kerja yang nyaman, serta meningkatkan produktivitas. Hampir semua pekerjaan mengandalkan indera penglihatan, sehingga kualitas pencahayaan yang optimal sangat penting untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja. Pencahayaan umumnya terbagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. **Penerangan alami** Menggunakan cahaya matahari sebagai sumber utama penerangan.
2. **Penerangan buatan** Menggunakan lampu atau sumber cahaya lainnya yang disesuaikan dengan kebutuhan kerja.

Kurangnya pencahayaan dapat menyebabkan beberapa dampak negatif, antara lain:

- Kelelahan mata
- Kelelahan mental
- Nyeri pada mata dan leher

- Penurunan ketelitian kerja
- Risiko kecelakaan kerja yang lebih tinggi.

3.9 Standar Penerangan di Tempat Kerja

Tingkat pencahayaan yang dibutuhkan bervariasi tergantung pada jenis dan sifat pekerjaan. Semakin tinggi tingkat ketelitian yang dibutuhkan, semakin besar pula kebutuhan intensitas penerangan. Standar pencahayaan di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Menteri Perburuhan (PMP) No. 7 Tahun 1964, yang menetapkan syarat kesehatan dan penerangan di tempat kerja. Berikut adalah beberapa standar intensitas pencahayaan yang direkomendasikan:

- **20 luks** untuk penerangan di halaman dan jalan dalam lingkungan perusahaan.
- **50 luks** untuk pekerjaan dengan barang berukuran besar.
- **200 luks** untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian sedang.
- **300 luks** untuk pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi.
- **500 - 1000 luks** untuk pekerjaan dengan kontras tinggi dan durasi lama.
- **2000 luks** untuk pekerjaan yang membutuhkan ketelitian sangat tinggi dengan kontras maksimal.

Dalam penerapan pencahayaan di tempat kerja, beberapa langkah yang dapat dilakukan meliputi:

1. Desain Tempat Kerja

- Memastikan tata letak pencahayaan sesuai dengan kebutuhan pekerja.
- Mengatur pantulan dan bayangan cahaya agar tidak mengganggu aktivitas kerja.

2. Identifikasi dan Penilaian Pencahayaan

- Melakukan konsultasi dengan pekerja mengenai kondisi pencahayaan.
- Mengevaluasi laporan kecelakaan kerja yang terkait dengan pencahayaan.
- Mengukur intensitas pencahayaan menggunakan alat pengukur khusus.
- Mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti postur kerja, durasi paparan, dan usia pekerja.

Dengan penerangan yang cukup, pekerja dapat bekerja lebih nyaman, mengurangi risiko kecelakaan, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas kerja secara keseluruhan.

BAB 4

ORGANISASI DAN GIZI KERJA

4.1 Pengaruh Organisasi Kerja Terhadap Produktifitas dan Kesehatan Pekerja

Struktur organisasi kerja, termasuk pengaturan jam kerja, waktu istirahat, sistem kerja, dan pemberian insentif, memiliki dampak signifikan terhadap produktivitas tenaga kerja, baik secara langsung maupun tidak langsung. Jam kerja yang terlalu panjang sering kali menyebabkan kelelahan, yang pada akhirnya dapat mengurangi efisiensi dan efektivitas pekerja. Untuk menjaga keseimbangan serta mempertahankan tingkat konsentrasi dan produktivitas, pemenuhan kebutuhan energi melalui asupan makanan yang tepat menjadi faktor yang sangat penting. Pengelolaan waktu kerja dan istirahat perlu disesuaikan dengan karakteristik pekerjaan serta faktor lingkungan yang berpengaruh. Di Indonesia, regulasi telah menetapkan durasi kerja standar selama delapan jam per hari, dengan waktu istirahat yang cukup di antara jam kerja. Jika durasi kerja diperpanjang secara berlebihan, dapat terjadi penurunan produktivitas, peningkatan kelelahan, serta peningkatan risiko kecelakaan kerja.

Dari perspektif fisiologi, kerja lembur dapat berdampak negatif terhadap kesehatan pekerja. Tubuh manusia memiliki siklus harian yang ideal, terdiri atas delapan jam untuk bekerja, delapan jam untuk beraktivitas sosial, dan delapan jam untuk beristirahat. Jika jam kerja melebihi batas yang dianjurkan, keseimbangan siklus ini dapat terganggu, yang berpotensi menurunkan fungsi panca indera dan kemampuan tubuh dalam menjalankan tugas-tugasnya secara optimal. Oleh karena itu,

waktu istirahat menjadi aspek yang sangat penting dalam menjaga kebugaran jasmani dan kemampuan kerja. Dalam praktiknya, jumlah jam kerja yang optimal dalam seminggu berkisar antara 40 hingga 48 jam, yang dapat dibagi ke dalam lima atau enam hari kerja. Tambahan waktu kerja yang masih dianggap efisien adalah maksimal 30 menit per hari. Selain itu, waktu istirahat yang diberikan dalam jam kerja idealnya mencakup sekitar 15–30% dari total jam kerja. Apabila waktu kerja melebihi batas yang telah ditetapkan, beberapa dampak negatif dapat muncul, seperti penurunan kecepatan kerja, peningkatan risiko gangguan kesehatan, meningkatnya angka absensi akibat sakit, serta penurunan produktivitas secara keseluruhan.

4.2 Kebutuhan Gizi dalam Dunia Kerja

Asupan gizi yang cukup sangat penting bagi pekerja agar dapat menjalankan aktivitasnya dengan baik. Makanan yang dikonsumsi harus mengandung zat gizi utama, seperti karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Setiap zat gizi memiliki peran yang berbeda, seperti sebagai sumber energi (karbohidrat, lemak, dan protein), membantu pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh (protein, air, dan mineral), serta mengatur proses metabolisme tubuh (vitamin dan mineral). Dalam konteks dunia kerja, kebutuhan gizi pekerja harus disesuaikan dengan jenis pekerjaan yang dilakukan serta kondisi lingkungan kerja. Energi yang dibutuhkan tubuh diperoleh dari pembakaran zat makanan dengan oksigen. Jika keseimbangan antara energi yang masuk melalui makanan dan energi yang dikeluarkan dalam aktivitas kerja tidak terjaga, maka kondisi kesehatan dapat terganggu.

Ketidakseimbangan asupan makanan dengan aktivitas fisik dapat berdampak pada status kesehatan pekerja. Jika energi yang dikonsumsi berlebihan dibandingkan dengan yang dibutuhkan, seseorang berisiko mengalami obesitas. Sebaliknya,

jika asupan makanan lebih sedikit dari yang diperlukan, pekerja dapat mengalami kekurangan gizi, yang berdampak pada menurunnya efisiensi dan produktivitas kerja. Oleh karena itu, konsumsi makanan perlu disesuaikan dengan kebutuhan energi masing-masing individu berdasarkan faktor-faktor seperti:

1. **Ukuran tubuh:** Semakin besar tubuh seseorang, semakin banyak energi yang dibutuhkan.
2. **Usia:** Anak-anak dan remaja membutuhkan lebih banyak energi dibandingkan orang dewasa karena masih dalam masa pertumbuhan.
3. **Jenis kelamin:** Secara umum, laki-laki memerlukan lebih banyak kalori dibandingkan perempuan karena memiliki lebih banyak massa otot.
4. **Jenis pekerjaan:** Pekerja dengan aktivitas fisik tinggi membutuhkan lebih banyak energi dibandingkan mereka yang bekerja dengan aktivitas ringan.
5. **Kondisi kesehatan:** Seseorang yang baru sembuh dari sakit, ibu hamil, atau ibu menyusui membutuhkan asupan gizi yang lebih tinggi.
6. **Kondisi lingkungan:** Pekerja di lingkungan dingin memerlukan asupan kalori lebih tinggi dibandingkan pekerja di lingkungan bersuhu hangat.

4.3 Strategi Perbaikan Gizi di Tempat Kerja

Beberapa perusahaan masih menganggap bahwa pemberian makanan tambahan bagi pekerja merupakan beban biaya yang tidak perlu. Namun, pada kenyataannya, investasi dalam peningkatan kualitas gizi pekerja dapat memberikan berbagai manfaat bagi perusahaan, termasuk peningkatan produktivitas dan penurunan angka absensi akibat sakit. Beberapa langkah yang dapat diterapkan oleh perusahaan untuk meningkatkan status gizi pekerja antara lain:

1. **Menyediakan kantin di tempat kerja** sebagai sarana untuk memastikan bahwa pekerja mendapatkan makanan bergizi sekaligus meningkatkan pengetahuan mereka tentang pentingnya gizi seimbang.
2. **Memberikan makanan ringan atau snack di waktu tertentu** untuk mengurangi kelelahan, meningkatkan efisiensi kerja, dan menghindari kebiasaan istirahat yang tidak produktif.
3. **Menyediakan makanan tambahan bagi pekerja** guna mencegah penyakit akibat kekurangan gizi dan menurunkan angka absensi akibat sakit.
4. **Mengadakan penyuluhan tentang kesehatan dan gizi secara berkala** agar pekerja lebih memahami pentingnya pola makan yang sehat dalam menunjang kinerja mereka.
5. **Menerapkan hasil penelitian terkait gizi kerja** untuk meningkatkan kesehatan tenaga kerja serta efisiensi dan produktivitas mereka.

Dengan menerapkan langkah-langkah ini, perusahaan tidak hanya dapat meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan tenaga kerja, tetapi juga memperoleh keuntungan jangka panjang melalui peningkatan produktivitas serta efisiensi operasional.

BAB 5

STRES KERJA

5.1 Stres dalam Lingkup Pekerjaan

Stres dapat diinterpretasikan dari berbagai sudut pandang keilmuan. Levi (1991) menjelaskan stres sebagai berikut:

- Dalam bidang teknik, stres mengacu pada kekuatan yang bekerja terhadap suatu bagian tubuh.
- Dalam konteks biologi dan medis, stres adalah respons adaptasi tubuh terhadap perubahan lingkungan dan pengaruh eksternal.
- Secara umum, stres merupakan tekanan psikologis yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan, baik fisik maupun mental.

Manuaba (1998) mendefinisikan stres sebagai segala bentuk rangsangan atau tekanan, baik dari dalam maupun luar tubuh, yang dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan. Dalam dunia kerja, stres dapat menyebabkan penurunan kinerja, efisiensi, dan produktivitas. Heerdjan (1990) menggambarkan stres sebagai tekanan yang timbul akibat kesulitan individu dalam beradaptasi, sementara Mendelson (1990) menjelaskan stres kerja sebagai ketidakmampuan pekerja dalam memenuhi tuntutan tugas, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan. Respon terhadap stres dapat berbentuk reaksi emosional maupun fisiologis yang mempengaruhi kondisi kesehatan. Dari berbagai definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa stres muncul sebagai respons tubuh terhadap berbagai faktor pemicu (stressor) yang diterima, baik dari lingkungan maupun dari dalam diri individu.

5.2 Faktor Pemicu Stres

Penyebab stres bervariasi tergantung pada kondisi individu. Beberapa faktor utama yang dapat menyebabkan stres antara lain:

- **Faktor individu**, seperti usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, dan budaya.
- **Kepribadian**, misalnya kecenderungan menjadi introvert atau ekstrovert, kestabilan emosional, dan tingkat kepercayaan diri.
- **Aspek sosial-kognitif**, termasuk dukungan sosial dan hubungan interpersonal dengan lingkungan.
- **Strategi koping**, yakni mekanisme individu dalam menghadapi stres.

Dalam dunia kerja, faktor pemicu stres lebih spesifik dan meliputi:

- **Faktor fisik pekerjaan**, seperti kondisi lingkungan kerja yang kurang nyaman (kebisingan, debu, bau, suhu tinggi, kelembaban), desain stasiun kerja yang tidak ergonomis, jam kerja yang panjang, kerja shift, kemacetan perjalanan, pekerjaan berisiko tinggi, penggunaan teknologi baru, serta beban kerja yang berlebihan.
- **Peran individu dalam organisasi**, di mana tekanan mental dan tanggung jawab pekerjaan sering kali lebih menekan dibandingkan dengan beban kerja fisik.
- **Hubungan kerja**, yang mencakup interaksi antar karyawan serta komunikasi di lingkungan kerja. Ketidaknyamanan dalam komunikasi dan pekerjaan merupakan indikasi adanya stres kerja. Faktor ketidakpastian karier seperti restrukturisasi, mutasi, atau promosi yang tidak sesuai juga dapat menjadi pemicu stres.
- **Struktur organisasi dan budaya kerja**, termasuk model manajemen yang diterapkan. Kurangnya pendekatan partisipatif, komunikasi yang tidak efektif, dan kebijakan

perusahaan yang tidak jelas dapat meningkatkan tingkat stres karyawan.

- **Faktor eksternal**, seperti masalah keluarga, lingkungan sosial, serta karakteristik individu yang mempengaruhi cara seseorang merespons konflik dan tekanan

5.3 Dampak Stres

Reaksi terhadap stres bervariasi tergantung pada faktor psikologis dan sosial individu. Beberapa dampak stres kerja meliputi:

- **Reaksi psikologis**, seperti kelelahan, kecemasan, dan depresi. Stres juga memengaruhi tingkat beban mental, kelelahan, serta perilaku individu.
- **Respon fisiologis**, yang ditandai dengan perubahan dalam tubuh akibat mekanisme adaptasi terhadap tekanan. Sistem yang paling terdampak meliputi sistem saraf otonom, sumbu hipotalamus-hipofisis-adrenal, serta pelepasan hormon yang mempengaruhi sistem kardiovaskular, pencernaan, dan kesehatan secara keseluruhan.
- **Respon individu**, yang dipengaruhi oleh kepribadian masing-masing. Individu dengan kepribadian introvert cenderung lebih rentan terhadap ketegangan dibandingkan dengan ekstrovert. Individu yang fleksibel lebih mudah mengalami ketegangan dalam situasi konflik dibandingkan dengan mereka yang memiliki kepribadian lebih kaku.

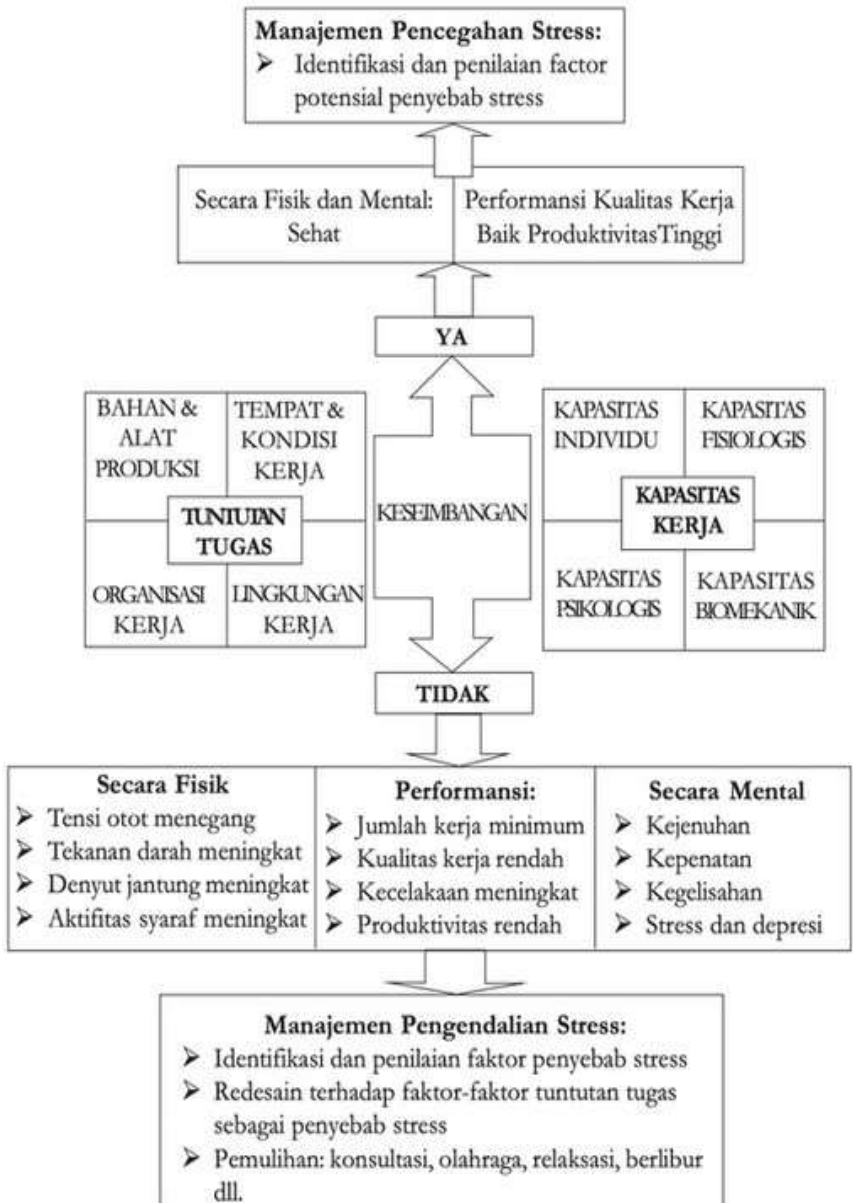
5.3 Strategi Pencegahan dan Pengendalian Stres Kerja

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) merekomendasikan beberapa strategi untuk mengurangi stres kerja, di antaranya:

- Menyesuaikan beban kerja fisik dan mental dengan kapasitas individu agar tidak terlalu ringan maupun berlebihan.

- Mengatur jam kerja secara proporsional terhadap tuntutan tugas dan tanggung jawab di luar pekerjaan.
- Memberikan kesempatan bagi pekerja untuk mengembangkan karier, memperoleh promosi, serta meningkatkan keterampilan dan kompetensi.
- Menciptakan lingkungan sosial yang sehat dengan membangun hubungan kerja yang baik antara sesama pekerja maupun antara pekerja dan atasan.
- Mendesain tugas kerja agar memberikan tantangan yang sesuai serta peluang pengembangan keterampilan. Rotasi tugas juga dapat diterapkan guna meningkatkan pengalaman dan karier pekerja.

Dari berbagai pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa stres kerja dapat terjadi dalam berbagai situasi dan dapat menimpa siapa saja. Risiko stres bervariasi dari tingkat ringan seperti kejenuhan hingga dampak yang lebih serius terhadap kesehatan fisik dan mental. Oleh karena itu, manajemen stres yang efektif dalam lingkungan kerja sangat penting untuk menjaga kesejahteraan dan produktivitas pekerja.



Gambar 5. 1. Manajemen Pengendalian Stress
Sumber : (Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja & produktivitas)

BAB 6

PENGUNAAN TEKNOLOGI DALAM ERGONOMI

6.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam bidang ergonomi. Teknologi memungkinkan desain lingkungan kerja yang lebih optimal, meningkatkan efisiensi tenaga kerja, serta mengurangi risiko cedera akibat faktor ergonomis yang buruk. Teknologi dalam ergonomi mencakup berbagai aspek, mulai dari penggunaan sensor cerdas, kecerdasan buatan (AI), hingga perangkat wearable yang memantau kondisi pekerja secara real-time.

6.2 Teknologi dalam Evaluasi Ergonomi

6.2.1 *Sensor dan Wearable Technology*

Teknologi wearable, seperti exoskeleton dan sensor pemantauan postur, semakin banyak diterapkan di industri untuk mengurangi risiko cedera akibat beban kerja berlebihan. Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai topik ini menunjukkan tren yang terus berkembang. Sebagian besar perangkat wearable, baik digunakan secara terpisah maupun terintegrasi, dilengkapi dengan sensor inersia untuk mengukur dan mengevaluasi paparan terhadap postur tubuh yang tidak ergonomis. Selain itu, sensor elektromiografi permukaan (sEMG) digunakan untuk mengukur aktivitas otot, memberikan wawasan tentang gaya yang dikeluarkan selama aktivitas kerja (Sabino *et al*, 2024). Contoh teknologi wearable meliputi:

- **Exoskeleton:** Rangka luar yang dapat membantu pekerja dalam mengangkat beban berat dan mengurangi tekanan pada tubuh.
- **Smart gloves:** Sarung tangan dengan sensor yang dapat memantau tekanan dan gerakan tangan untuk menghindari ketegangan otot.
- **Posture Monitoring Devices:** Sensor yang dipasang pada tubuh untuk memberikan peringatan jika pekerja mengadopsi postur yang tidak ergonomis.

6.2.2 Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*)

Inovasi dalam AI (sensor, robot, algoritma ML) telah terbukti meningkatkan produktivitas, dan berpotensi meningkatkan keselamatan dan kesehatan pekerja di tempat kerja (Pishgar et al, 2021). AI mampu menganalisis data dalam jumlah besar dari sensor dan perangkat wearable untuk mengidentifikasi risiko dan memberikan saran perbaikan secara real-time. Teknologi AI, seperti IBM Watson, dapat bertindak sebagai agen ergonomis yang memberikan rekomendasi spesifik kepada pekerja berdasarkan karakteristik pribadi dan pola kerja mereka. AI mampu memprediksi potensi masalah ergonomis dengan menganalisis pola kerja. Misalnya, jika kecepatan mengetik menurun setelah dua jam, AI dapat menyarankan jeda untuk mengurangi risiko cedera akibat gerakan berulang, selain itu AI mendukung pengembangan workstation yang dapat menyesuaikan diri secara otomatis dengan kebutuhan pengguna. Dengan mempelajari preferensi dan data biometrik, sistem ini menciptakan ruang kerja yang optimal untuk kenyamanan dan produktivitas maksimal (Cozy, 2024).

6.3 Teknologi dalam Desain Lingkungan Kerja

6.3.1 *Virtual Reality (VR)* dan *Augmented Reality (AR)*

Teknologi *Virtual Reality (VR)* dan *Augmented Reality (AR)* mengubah cara merancang dan menguji ruang kerja. VR memungkinkan simulasi lingkungan kerja untuk

mengidentifikasi potensi masalah ergonomis tanpa perlu prototipe fisik. Sementara itu, AR dapat memberikan panduan real-time, seperti mengoreksi postur tubuh atau mengingatkan saat duduk terlalu lama. Inovasi ini membantu menciptakan tempat kerja yang lebih aman, efisien, dan dirancang secara optimal untuk kebutuhan pengguna (Cozy, 2024). Sebuah studi menggabungkan Teknologi *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR) untuk meningkatkan ergonomi di lingkungan manufaktur. VR digunakan untuk melatih operator dalam workstation virtual, sementara AR memungkinkan ahli ergonomi mengevaluasi tindakan operator secara real-time dari sudut pandang eksternal. Dengan analisis postur tubuh otomatis dan evaluasi biomekanik, workstation dapat disesuaikan secara iteratif untuk mengurangi risiko cedera muskuloskeletal. Studi ini menunjukkan bahwa aplikasi kolaboratif VR dan AR secara real-time mampu meningkatkan kesejahteraan pekerja dan efisiensi desain ruang kerja di industri manufaktur yang berpusat pada manusia (Chu *et al*, 2025).

6.3.2 Pemodelan 3D dan CAD (*Computer-Aided Design*)

Computer-Aided Design (CAD) adalah teknik yang memanfaatkan komputer untuk mendukung proses rekayasa. CAD didefinisikan sebagai penggunaan sistem komputer untuk membantu pembuatan, modifikasi, analisis, atau optimalisasi suatu desain. Salah satu keunggulan utama CAD adalah kemampuannya dalam membuat model 3D yang menggunakan sistem 3 sumbu (*3-axis system*), sehingga dapat mempercepat dan mempermudah pengembangan produk (Anngono, 2018).

Dalam konteks desain ergonomis, teknologi CAD memiliki peran penting dalam mengurangi risiko cedera akibat postur kerja yang buruk melalui simulasi ergonomi. Beberapa perangkat lunak yang umum digunakan untuk keperluan ini antara lain SolidWorks, AutoCAD, Fusion 360, dan CATIA V5 R8. Perangkat lunak seperti CATIA V5 R8 tidak hanya memungkinkan desainer membuat model manusia, tetapi juga menganalisis aspek ergonomis, sehingga interaksi pengguna

dengan produk dapat disimulasikan dan disesuaikan sejak tahap awal proses desain.

Penelitian yang dilakukan oleh Plikhe *et al* (2022) menunjukkan manfaat nyata teknologi CAD dalam meningkatkan kondisi kerja. Studi tersebut mengevaluasi pekerja bekisting aluminium di industri konstruksi dengan menggunakan simulasi ergonomi. Para peneliti membuat model 3D dari stasiun kerja dan mensimulasikan postur pekerja, kemudian menerapkan alat penilaian ergonomi seperti OWAS, RULA, dan *Energy Expenditure Analysis* untuk mengidentifikasi aktivitas berisiko tinggi. Berdasarkan hasil analisis ini, mereka mengusulkan solusi ergonomis untuk mengurangi potensi cedera dan meningkatkan kenyamanan serta produktivitas pekerja.

6.4 Automasi dan Robotika dalam Ergonomi

6.4.1 Automasi di Tempat Kerja

Automasi adalah teknologi yang memungkinkan proses berjalan dengan sedikit atau tanpa intervensi manusia. Ini mencakup berbagai sistem kontrol untuk mengoperasikan mesin, pabrik, kendaraan, dan perangkat lainnya. Aplikasinya beragam, mulai dari termostat rumah tangga hingga sistem industri kompleks dengan algoritma canggih. Dalam lingkungan kerja atau industri, automasi dapat mempercepat produksi dan mengurangi biaya tenaga kerja. Selain itu, automasi membantu mengurangi beban kerja fisik pekerja dengan menggantikan tugas-tugas berat, berbahaya, atau monoton yang sulit dilakukan manusia (Mikelsten, 2019). Meski menawarkan banyak keuntungan, peran pengawasan manusia tetap penting, terutama dalam aspek pengendalian kualitas, pemantauan, penyempurnaan dan penyesuaian sistem, serta pelatihan operator dan pengembangan. Dalam penerapannya, automasi juga memperhatikan beberapa aspek penting, diantaranya mengutamakan kemudahan penggunaan, penyesuaian lingkungan kerja, dan otomatisasi tugas berat untuk mengurangi

risiko cedera. Teknologi ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu demi meningkatkan kenyamanan dan efisiensi (Pawenary et al, 2024)

6.4.2 Robot Kolaboratif (Cobots)

Dalam dunia industri saat ini, menjaga dan meningkatkan kesehatan pekerja menjadi aspek yang sangat penting. Berbagai faktor fisik dan psikososial dapat mengganggu kenyamanan dan kesejahteraan pekerja, meningkatkan kemungkinan cedera atau penyakit, dan berdampak pada kualitas hidup mereka. Kolaborasi antara manusia dan robot menjadi salah satu solusi potensial untuk mengurangi risiko di tempat kerja. Robot kolaboratif dengan strategi kontrol dan perencanaan yang semakin canggih dapat membantu menyelesaikan tugas-tugas bersama secara lebih efisien, dengan mempertimbangkan kebutuhan dan batasan manusia sebagai rekan kerja (Lorenzini *et al*, 2023). Contoh interaksi ini adalah ketika cobot mengangkat komponen untuk pekerja, cobot dapat meningkatkan ergonomi fisik tempat kerja dan dengan demikian mengurangi paparan pekerja terhadap Musculoskeletal Disorder (MSD), namun keberadaan cobot dapat menyebabkan stres mental dan ketidaknyamanan psikologis pekerja, jika prinsip-prinsip ergonomi kognitif tidak dipertimbangkan. Ergonomi kognitif harus diperhitungkan terutama dalam desain sistem otomatis, berteknologi tinggi, atau kompleks. Masalah ergonomi kognitif semacam ini harus dipertimbangkan untuk mengembangkan stasiun kerja kolaboratif yang antroposentris dan ramah manusia juga dari sudut pandang psikologis. Penerimaan manusia terhadap cobot dapat ditingkatkan, misalnya, dengan menerapkan lintasan robot yang bersifat antropomorfik (menyerupai gerakan manusia) (Gultieri *et al*, 2020).

6.5 Analisis Data dan Ergonomi Digital

6.5.1 Big Data dalam Ergonomi

Untuk mengurangi risiko ergonomi, merancang metode yang dapat memahami dan mengkarakterisasi kejadian risiko menjadi langkah kunci. Dalam beberapa tahun terakhir, Big Data Analytics (BDA) telah mengembangkan metode komputasi untuk memperoleh kesimpulan yang bermakna dan dapat ditindaklanjuti dari kumpulan data besar, termasuk di bidang faktor manusia/ergonomi (HFE). Pengukuran ergonomi di fasilitas produksi yang kompleks menjadi krusial untuk meningkatkan tingkat kuantifikasi dan visibilitas terhadap risiko ergonomi bagi perusahaan industri (Drury, 2015). Big Data memungkinkan pengumpulan dan analisis data ergonomi dalam jumlah besar untuk mengidentifikasi pola risiko kerja dan solusi ergonomis. Beberapa aplikasi meliputi:

- Pemantauan tingkat kelelahan pekerja berdasarkan pola kerja dan waktu istirahat.
- Penggunaan algoritma untuk merancang lingkungan kerja yang lebih ergonomis.
- Analisis data biometrik pekerja untuk meningkatkan efisiensi kerja.

6.5.2 *Internet of Things* (IoT) dalam Ergonomi

Internet of Things (IoT) mengacu pada jaringan perangkat yang terhubung secara wireless, memungkinkan pengumpulan, pemrosesan, dan analisis data untuk memberikan wawasan berharga bagi pengguna. Salah satu elemen fundamental dalam IoT adalah penggunaan sensor dan aktuator (Erwin *et al*, 2023). Teknologi IoT membutuhkan sensor untuk mengumpulkan data terkait faktor internal dan eksternal yang memengaruhi terjadinya kecelakaan kerja. Sensor tersebut dipasang pada perangkat yang umum digunakan oleh pekerja, seperti pada tangan, helm, jam tangan, maupun Alat Pelindung Diri (APD) lainnya (Baron, 2020). Sensor yang terpasang akan mengumpulkan data terkait kondisi tubuh, seperti detak

jantung, dan kadar oksigen, serta kondisi ruang seperti suhu ruangan, kelembapan, dan tingkat pencahayaan. Perubahan yang terjadi pada tubuh maupun lingkungan kerja akan tercatat secara real-time dan dikirim ke server melalui koneksi internet. Dengan cara ini, pusat pemantauan dapat mengidentifikasi dan mengurangi risiko kecelakaan kerja akibat faktor lingkungan. Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan algoritma machine learning, menghasilkan prediksi kondisi fisik pekerja dan lingkungan kerja. Prediksi ini menjadi panduan bagi supervisor untuk mengambil langkah-langkah pencegahan demi menghindari kecelakaan di tempat kerja (Berlianty *et al*, 2023).

6.6 Kesimpulan

Kemajuan teknologi membawa perubahan besar dalam ergonomi, membantu menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, nyaman, dan efisien. Teknologi seperti *wearable devices* (misalnya *exoskeleton* dan *smart gloves*) memungkinkan pemantauan postur tubuh secara real-time untuk mengurangi risiko cedera. Kecerdasan buatan (AI) menganalisis data untuk mengenali potensi bahaya dan memberikan saran langsung kepada pekerja.

Desain ruang kerja juga menjadi lebih optimal berkat VR, AR, dan CAD, yang memungkinkan simulasi dan evaluasi sebelum implementasi fisik. Automasi dan robot kolaboratif (cobots) mengurangi beban fisik pekerja, meskipun penting untuk tetap memperhatikan kenyamanan mental. Selain itu, teknologi Big Data dan IoT mempermudah pemantauan kondisi pekerja dan lingkungan kerja secara real-time, membantu mengantisipasi potensi bahaya. Secara keseluruhan, penerapan teknologi ini meningkatkan kesehatan, keselamatan, dan produktivitas, sambil mendukung terciptanya lingkungan kerja yang berfokus pada kebutuhan manusia.

BAB 7

ERGONOMI BERKELANJUTAN (*SUSTAINABLE ERGONOMIC*) DALAM DUNIA KERJA MODERN : INTEGRASI LINGKUNGAN, SOSIAL, DAN DIGITAL

7.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan perubahan pola kerja telah membawa transformasi besar dalam dunia kerja modern. Konsep ergonomi tidak lagi hanya terbatas pada peningkatan kenyamanan dan keselamatan pekerja, tetapi juga mencakup keberlanjutan lingkungan serta kesejahteraan sosial dan digital. Ergonomi berkelanjutan menjadi pendekatan holistik yang mengintegrasikan desain ramah lingkungan, aspek sosial dan budaya, serta adaptasi terhadap digitalisasi guna menciptakan lingkungan kerja yang lebih sehat, efisien, dan berkelanjutan. Bab ini membahas tiga aspek utama dalam ergonomi modern, yaitu: ergonomi dan keberlanjutan lingkungan, faktor sosial dan budaya dalam implementasi ergonomi, serta tantangan ergonomi dalam pekerjaan jarak jauh dan digital. Dengan menggabungkan ketiga perspektif ini, organisasi dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih inklusif, produktif, dan mendukung kesejahteraan jangka panjang pekerja.

7.2 Ergonomi Berkelanjutan: Mengintegrasikan Desain Ramah Lingkungan dan Kesejahteraan Tempat Kerja

Ergonomi, yang merupakan studi tentang hubungan antara manusia dan lingkungan kerja mereka, telah lama diakui sebagai aspek penting dalam desain tempat kerja dan produktivitas. Dalam beberapa tahun terakhir, prinsip keberlanjutan semakin mendapat perhatian luas, yang mengarah pada lahirnya konsep baru yang dikenal sebagai ergonomi berkelanjutan. Konsep ini menghubungkan ergonomi dengan keberlanjutan lingkungan dan desain ramah lingkungan, sehingga menciptakan ruang kerja yang tidak hanya nyaman dan efisien tetapi juga berwawasan ekologis.

7.2.1 Hubungan antara Ergonomi dan Keberlanjutan

Secara tradisional, ergonomi berfokus pada optimalisasi interaksi antara manusia dan lingkungan kerja dengan tujuan meningkatkan produktivitas, kenyamanan, dan keselamatan kerja (Attaianese, 2012). Namun, seiring meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dari aktivitas manusia, peran ergonomi telah berkembang untuk mencakup prinsip keberlanjutan. Ergonomi berkelanjutan mengakui bahwa desain ruang kerja dan peralatan tidak hanya berdampak pada kesejahteraan pekerja tetapi juga mempengaruhi lingkungan secara keseluruhan.

Keterkaitan antara ergonomi dan keberlanjutan berakar pada pemahaman bahwa tenaga kerja yang sehat dan seimbang merupakan elemen penting dalam mencapai keberlanjutan jangka panjang. Prinsip ergonomi seperti desain stasiun kerja, alat, dan peralatan dapat membantu mengurangi tekanan fisik dan mental pada pekerja, sehingga meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas mereka (*"Knowledge Gaps and Research Challenges in the Contemporary Ergonomics,"* 2015). Dengan demikian, menciptakan tenaga kerja yang berkelanjutan berarti memastikan bahwa pekerja dapat menjaga kesehatan mereka

dan memberikan kontribusi optimal bagi organisasi dalam jangka panjang (Meyer et al., 2017).

7.2.2 Material Ramah Lingkungan dan Efisiensi Energi dalam Desain Tempat Kerja

Salah satu aspek utama dalam ergonomi berkelanjutan adalah penggunaan material ramah lingkungan dalam desain peralatan kerja dan furnitur. Sebelumnya, banyak produk kantor dan industri dibuat dari bahan yang tidak ramah lingkungan, seperti plastik sintetis, logam berat, dan kain berbasis kimia. Namun, ergonomi berkelanjutan mendorong penggunaan bahan yang lebih berkelanjutan, seperti plastik daur ulang, kain biodegradable, serta bahan alami seperti bambu dan gabus (Attaianese, 2012; Meyer et al., 2017). Selain penggunaan material berkelanjutan, ergonomi berkelanjutan juga menekankan efisiensi energi dalam sistem tempat kerja. Beberapa strategi yang dapat diterapkan meliputi:

- **Penggunaan pencahayaan hemat energi**, seperti lampu LED, yang mengurangi konsumsi energi.
- **Sistem HVAC yang efisien**, yang membantu mengontrol suhu ruang kerja dengan konsumsi daya lebih rendah.
- **Pemanfaatan sumber energi terbarukan**, seperti panel surya, dalam desain kantor modern.

Keuntungan dari penerapan material ramah lingkungan dan sistem hemat energi tidak hanya berdampak positif terhadap lingkungan tetapi juga dapat menghasilkan penghematan biaya bagi organisasi melalui pengurangan konsumsi energi dan biaya perawatan. Selain itu, penggunaan material berkelanjutan juga meningkatkan kenyamanan dan kesejahteraan pekerja dengan mengurangi paparan bahan kimia berbahaya atau suhu ekstrem.

Berbagai industri dan organisasi telah menerapkan ergonomi berkelanjutan dengan sukses. Beberapa contoh nyata meliputi:

- **Kantor Deloitte Consulting di Amsterdam:** Desain kantor ini mengutamakan keberlanjutan dan ergonomi dengan menyediakan meja yang dapat disesuaikan tingginya, kursi ergonomis, serta pencahayaan alami yang optimal. Ini membantu meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental pekerja.
- **Kantor Arup di London:** Dikenal atas komitmennya terhadap desain berkelanjutan, kantor ini menggunakan material ramah lingkungan seperti furnitur dari plastik daur ulang dan lantai bambu, serta mengimplementasikan sistem hemat energi untuk mengurangi jejak karbon (Attaianese, 2012).
- **Perusahaan seperti Haworth dan Steelcase:** Pemimpin dalam industri furnitur kantor ini telah mengembangkan produk yang mengutamakan faktor ergonomi dan keberlanjutan dengan memanfaatkan bahan daur ulang dan teknologi hemat energi.

Tren ergonomi berkelanjutan terus berkembang seiring meningkatnya kesadaran organisasi terhadap pentingnya menciptakan lingkungan kerja yang tidak hanya nyaman dan produktif tetapi juga bertanggung jawab terhadap lingkungan (Attaran & Wargo, 1999; D'Urban, 1986). Hal ini mendorong permintaan yang lebih besar untuk produk dan layanan yang menekankan keberlanjutan, efisiensi energi, dan kesejahteraan pekerja (*"Knowledge Gaps and Research Challenges in the Contemporary Ergonomics,"* 2015).

7.3 Faktor Sosial dan Budaya dalam Implementasi Ergonomi

Ergonomi, yang merupakan studi tentang perancangan lingkungan kerja dan peralatan guna memaksimalkan kenyamanan, efisiensi, dan keselamatan manusia, memainkan peran penting dalam desain tempat kerja. Namun, penerapan prinsip ergonomi sangat dipengaruhi oleh faktor sosial dan budaya, yang dapat bervariasi secara signifikan di berbagai wilayah dan negara (Annisa et al., 2022).

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi penerapan ergonomi adalah tingkat perkembangan ekonomi di suatu wilayah. Di negara maju, di mana sumber daya dan teknologi lebih mudah diakses, perusahaan dapat menginvestasikan dana dalam solusi ergonomi yang canggih, seperti workstation yang dapat disesuaikan, kursi kantor ergonomis, dan perangkat lunak khusus untuk menganalisis beban kerja serta postur tubuh (Hernadewita et al., 2020). Sebaliknya, perusahaan di negara berkembang sering menghadapi keterbatasan finansial dan sumber daya, sehingga membatasi kemampuan mereka untuk menerapkan langkah-langkah ergonomi yang menyeluruh. Selanjutnya, sikap dan keyakinan budaya juga memiliki peran penting dalam membentuk adopsi praktik ergonomi. Di beberapa budaya, ergonomi mungkin dianggap sebagai suatu kemewahan atau pengeluaran yang tidak perlu, dibandingkan dengan aspek lain dari kesehatan dan keselamatan kerja. Selain itu, tingkat kesadaran dan pendidikan mengenai manfaat ergonomi dapat bervariasi antar wilayah, yang dapat menjadi hambatan dalam implementasi program ergonomi yang efektif.

Memahami budaya perusahaan dan menerjemahkan prinsip ergonomi ke dalam konteks budaya yang relevan sangatlah penting untuk keberhasilan implementasi ergonomi. Mengidentifikasi kriteria yang mendorong individu untuk mengadopsi ergonomi, seperti penghematan biaya, peningkatan produktivitas, atau kesejahteraan pekerja yang lebih baik, dapat membantu menyesuaikan pendekatan ergonomi dengan kebutuhan dan nilai organisasi (Imada, 1990). Untuk menggambarkan pengaruh sosial dan budaya, dapat dilihat dari studi kasus industri minyak dan gas yang secara tradisional didominasi oleh pekerja laki-laki. Dalam banyak kasus, desain peralatan dan ruang kerja didasarkan pada kebutuhan dan preferensi pekerja laki-laki, sehingga mengabaikan kebutuhan ergonomi pekerja perempuan. Hal ini dapat menyebabkan ketidaksesuaian antara desain peralatan dengan kebutuhan tenaga kerja yang lebih beragam, yang berpotensi menyebabkan

masalah keselamatan, menurunkan produktivitas, serta menghambat keberagaman tenaga kerja.

Pesan yang jelas adalah bahwa ergonomi harus dimasukkan sejak tahap awal dalam desain proyek. Namun, dalam praktiknya, hal ini sering kali diabaikan, di mana insinyur baru mencoba mengintegrasikan aspek ergonomi setelah desain teknis mendetail telah selesai. Untuk mengatasi tantangan ini, perusahaan perlu mengadopsi pendekatan yang lebih proaktif dengan mengintegrasikan ergonomi ke dalam proses desain awal serta mempertimbangkan faktor sosial dan budaya yang dapat memengaruhi penerapan solusi ergonomi.

7.4 Ergonomi dalam Pekerjaan Jarak Jauh dan Digital: Mengatasi Tantangan *Work From Home* dan Lingkungan Kerja *Hybrid*

Pandemi COVID-19 telah membawa perubahan besar dalam cara kita bekerja, dengan model kerja jarak jauh dan *hybrid* menjadi semakin umum. Seiring dengan adaptasi organisasi terhadap realitas baru ini, perhatian terhadap aspek ergonomi menjadi sangat penting guna menjaga kesehatan dan produktivitas pekerja.

Tantangan ergonomi dalam lingkungan kerja jarak jauh dan *hybrid* bersifat kompleks, mulai dari pengaturan workstation yang kurang optimal hingga dampak digitalisasi terhadap kesehatan fisik dan mental pekerja. Kurangnya ruang kerja yang dirancang secara ergonomis di rumah, ditambah dengan kebiasaan duduk dalam waktu lama, dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal seperti nyeri leher dan punggung, serta ketegangan mata dan sakit kepala (Venumuddala & Kamath, 2020). Selain itu, batasan antara pekerjaan dan kehidupan pribadi yang semakin kabur serta meningkatnya perilaku sedentari dapat berdampak negatif pada kesehatan dan produktivitas karyawan (Chillakuri, 2020; Venumuddala & Kamath, 2020).

Dampak digitalisasi yang semakin pesat turut mempengaruhi postur tubuh dan kesehatan mental pekerja. Ketergantungan yang tinggi terhadap konferensi video, konektivitas yang terus-menerus, serta tekanan untuk selalu hadir dapat menyebabkan stres teknologi (*technostress*), yang berujung pada kelelahan, kecemasan, dan penurunan produktivitas (Dé et al., 2020). Kemudian, fenomena seperti "zoom fatigue" menjadi semakin umum di lingkungan kerja digital, di mana penggunaan aplikasi konferensi video yang berlebihan dapat mengakibatkan kelelahan mental dan emosional. Transisi ke model kerja jarak jauh dan *hybrid* memiliki dampak yang beragam, karena pekerja sering kali harus menyesuaikan diri dengan lingkungan kerja yang kurang ideal, seperti ruang kerja sementara di rumah atau tempat umum dengan keterbatasan privasi dan kolaborasi (Ofek et al., 2020).

Untuk mengatasi tantangan ini, Perusahaan dan seorang ahli K3 dapat menerapkan prinsip ergonomis bagi pekerja jarak jauh. Beberapa strategi utama meliputi:

- **Menyediakan perangkat ergonomis bagi pekerja jarak jauh:** Memastikan setiap pekerja memiliki akses ke peralatan yang mendukung kenyamanan dan produktivitas mereka.
- **Menerapkan kebijakan keseimbangan kerja dan kehidupan pribadi:** Mengatur jam kerja yang fleksibel guna mengurangi tekanan psikologis akibat tuntutan pekerjaan yang berlebihan.
- **Penggunaan Device (Posisi layar yang optimal) :** Layar komputer harus sejajar dengan mata untuk mengurangi ketegangan pada leher.
- **Penggunaan keyboard dan mouse yang ergonomis:** Penempatan yang tepat dapat mengurangi tekanan pada pergelangan tangan.
- **Kursi kerja yang mendukung postur tubuh yang baik:** Kursi dengan dukungan lumbar dapat membantu mengurangi tekanan pada tulang belakang.

- **Pengambilan jeda secara teratur:** Memastikan pekerja beristirahat dari layar komputer untuk mengurangi kelelahan mata dan meningkatkan kesejahteraan mental.
- **Pembatasan jam kerja digital:** Menentukan batas waktu kerja guna mencegah ekspektasi ketersediaan tanpa henti.
- **Program dukungan kesehatan mental:** Menyediakan akses ke layanan konsultasi atau pelatihan manajemen stres untuk membantu pekerja mengelola tekanan kerja digital.

7.5 Kesimpulan

Ergonomi dalam dunia kerja modern sudah seharusnya dapat mengakomodasi tiga aspek utama: keberlanjutan lingkungan, faktor sosial dan budaya, serta tantangan digitalisasi. Dengan mengadopsi desain tempat kerja yang ramah lingkungan, memahami faktor budaya yang mempengaruhi implementasi ergonomi, serta menyediakan solusi ergonomis bagi pekerja jarak jauh, organisasi dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih sehat, inklusif, dan efisien.

Pendekatan ergonomi berkelanjutan tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja, tetapi juga berkontribusi pada upaya global dalam mengurangi dampak lingkungan dari aktivitas industri. Oleh karena itu, perusahaan dan pemangku kepentingan diharapkan untuk terus mengembangkan dan mengadaptasi prinsip ergonomi agar tetap relevan dalam menghadapi tantangan dunia kerja yang terus berkembang.

DAFTAR PUSTAKA

- ACGIH. (2007). *American Conference of Governmental Industrial Hygienists: Evaluation of Heat Stress at a Glass Bottle Manufacturer*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2003-0311-3052.pdf>
- Anggawisastra, R., Satalaksana, I. Z., & Tjakraatmadja, J. H. (1979). *Teknik Tata Cara Kerja*. Departemen Teknik Industri ITB: Bandung.
- Anggono, A. D. (2018). *Teknologi CAD/CAM/CAE dan Rapid Prototyping dalam Industri Manufaktur*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Annis, J.F., & McConville, J.T. (1996). *Occupational Ergonomics: Theory and Application*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Annisa, R., Hidayat, R., Winarso, K., Agustina, F., & Salimah, S. F. (2022). Ergonomics Leg Prosthetic Redesign Using An Anthropometric Approach. *EDP Sciences*, 372, 8005. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202237208005>
- Attaianese, E. (2012). A broader consideration of human factor to enhance sustainable building design. *IOS Press*, 41, 2155–2159. <https://doi.org/10.3233/wor-2012-1020-2155>
- Attaran, M., & Wargo, B. D. (1999). Succeeding with ergonomics in computerized offices. *Emerald Publishing Limited*, 48(3), 92–99. <https://doi.org/10.1108/00438029910262482>
- Baron, M. (2020). Internet of things. In *The Routledge Companion to Managing Digital Outsourcing*. Taylor and Francis. (pp. 319–330). <https://doi.org/10.4324/9781351037785-23>
- Berlianty, I., Soejanto, I., Titisariwati, I., Nursubiyantoro, E., & Arifin, M. (2022). *Adaptation of Internet of Things Technology to Measure Energy Consumption Levels to Reduce Ergonomics-Based Work Accidents*. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 22(2). <https://doi.org/10.23917/jiti.v22i2.22561>
- Bridger, R. S. (1995). *Introduction to Ergonomics*. McGraw-Hill, Singapore.
- Chillakuri, B. (2020). *Understanding Generation Z expectations for effective onboarding*.

- Chu, C.-H., Pan, J.-K., & Chen, Y.-W. (2025). *Ergonomic workplace design based on real-time integration between virtual and augmented realities*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 92, 102859. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102859>
- Cozy, T. (2024). *Ergonomic Work Environment*. Norwegia: Publifye AS.
- D'Urban, R. (1986). Taking the Stress out by Design. *Emerald Publishing Limited*, 86, 10–11. <https://doi.org/10.1108/eb057428>
- Dé, R., Pandey, N., & Pal, A. (2020). Impact of digital surge during Covid-19 pandemic: A viewpoint on research and practice. *Elsevier BV*, 55, 102171. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102171>
- Drury, C. G. (2015). Human factors/ergonomics implications of big data analytics: Chartered Institute of Ergonomics and Human Factors annual lecture. *Ergonomics*, 58(5), 659–673. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1025106>
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2001). *Ergonomics for Beginners (Second Edition)*. Taylor & Francis.
- Erwin, S.E., Datya, A.I., Nurohimi, S., Sepriano, Waryono, I., Adhicandra, I., Budihartono, E., & Purnawati, N.W. (2023). *Pengantar & Penerapan Internet of Things (Konsep dasar & Penerapan IoT di berbagai Sektor)*. Jambi: PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Gualtieri, L., Palomba, I., Wehrle, EJ, Vidoni, R. (2020). Peluang dan Tantangan Otomasi Manufaktur UKM: Keselamatan dan Ergonomi dalam Kolaborasi Manusia–Robot. Dalam: Matt, D., Modrák, V., Zsifkovits, H. (eds) *Industri 4.0 untuk UKM*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4_4
- Heerdjan, S. (1990). *Stress sebagai Penghambat Produktivitas Kerja*. *Majalah Hiperkes dan Keselamatan Kerja*, 23(3), 32–38.

- Hernadewita, Hendra, H., Kristianti, R., Asih, I., Dhimas, S., & Yuliani, E. N. S. (2020). The ergonomic factor application for improvement of performance office staff. *IOP Publishing*, 909(1), 12087. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/909/1/012087>
- Imada, A. S. (1990). Ergonomics: influencing management behaviour. *Taylor & Francis*, 33(5), 621–628. <https://doi.org/10.1080/00140139008927172>
- Knowledge Gaps and Research Challenges in the Contemporary Ergonomics. (2015). *OMICS Publishing Group*, 5(1). <https://doi.org/10.4172/2165-7556.1000e134>
- Kroemer, K. H. E., & Kroemer, A. D. (2001). *Office Ergonomics*. Taylor & Francis, London.
- Kroemer, K., Kroemer, H., & Elbert, K. K. (2001). *Ergonomics – How to Design for Ease and Efficiency*. Prentice Hall, New Jersey.
- Levi, L. (1991). *Stress*. In Parmeggiani, L. (Ed.), *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*. ILO, Geneva.
- Lorenzini, M., Lagomarsino, M., Fortini, L., Gholami, S., dan Ajoudani, A. (2023). *Ergonomic human-robot collaboration in industry: A review*. *Frontiers in Robotics and AI*, 9. <https://doi.org/10.3389/frobt.2022.813907>
- Manuaba, A. (2000). *Hubungan Beban Kerja dan Kapasitas Kerja*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Mendelson, G. (1990). *Occupational Stress*. *Journal of Occupational Health and Safety*, Aust NZ, 6(3), 175-180.
- Meyer, F., Eweje, G., & Tappin, D. (2017). Ergonomics as a tool to improve the sustainability of the workforce. In *IOS Press* (Vol. 57, Issue 3, pp. 339–350). <https://doi.org/10.3233/wor-172563>
- Mikelsten, D. (2019). *Otomasi dan Teknologi Berkembang* (Vol. 3). Cambridge Stanford Books
- NIOSH. (2007). *Ergonomic Guidelines for Manual Material Handling*.
- Nurmianto, E. (2004). *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya (Edisi Kedua)*. Guna Widya.

- Ofek, E., Grubert, J., Pahud, M., Phillips, M., & Kristensson, P. O. (2020). Towards a Practical Virtual Office for Mobile Knowledge Workers. *Cornell University*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2009.02947>
- Osborn, D. J. (1995). *Ergonomics at Work: Human Factors in Design and Development*. Wiley.
- Palikhe, S., Lee, J. Y., Kim, B., Yirong, M., & Lee, D.-E. (2022). Ergonomic Risk Assessment of Aluminum Form Workers' Musculoskeletal Disorder at Construction Workstations Using Simulation. *Sustainability*, 14(7), 4356. <https://doi.org/10.3390/su14074356>
- Pawenary, Listiawati, D., dan Hendri. (2024). Sistem kontrol mesin-mesin pengelolaan sampah rumah tangga menggunakan metode Human Machine Interface. Penerbit NEM.
- Pishgar, M., Issa, S. F., Sietsema, M., Pratap, P., dan Darabi, H. (2021). REDECA: A Novel Framework to Review Artificial Intelligence and Its Applications in Occupational Safety and Health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6705. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136705>
- Pheasant, S. (1991). *Ergonomic Work and Health*. Macmillan Publishers Limited. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-21671-0>
- Sabino, I., Fernandes, M. C., Cepeda, C., Quaresma, C., Gamboa, H., Nunes, I. L., & Gabriel, A. T. (2024). Application of wearable technology for the ergonomic risk assessment of healthcare professionals: A systematic literature review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 100, 103570. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2024.103570>
- Venumuddala, V. R., & Kamath, R. (2020). Emerging Technologies and Emergent Workplaces: Findings from an Ethnographic Study at an Indian IT Organization. In *Springer Science+Business Media* (pp. 54–66). https://doi.org/10.1007/978-3-030-64849-7_6

BIODATA PENULIS



Ari Prayogo Pribadi, Ph.D

Dosen Departemen Perilaku Kesehatan, Lingkungan dan Kedokteran Sosial. Prodi Kesehatan Masyarakat. Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada

Saya adalah Dosen di Departemen Perilaku Kesehatan, Lingkungan, dan Kedokteran Sosial (HBES), FKKMK Universitas Gadjah Mada. Bidang keahlian saya meliputi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Kesehatan Lingkungan, Ergonomi, serta pencemaran udara (PM2.5/PM10). Fokus riset saya berada pada pengembangan teknologi pelatihan K3 berbasis Virtual Reality (VR) dan Artificial Intelligence (AI), khususnya untuk menciptakan simulasi kerja yang lebih aman dan efektif. Saya menyelesaikan studi doctoral di bidang Environmental Research Science di King's College London dan Imperial College London, Inggris. Sebelumnya, saya memiliki pengalaman di sektor industri sebagai manajer dan praktisi K3 di PT Astra Honda Motor dan PT United Tractors. Selain aktif dalam kegiatan akademik dan riset, saya juga terlibat sebagai anggota di berbagai organisasi profesi internasional seperti International Ergonomics Association dan World Safety Organization. Saya juga merupakan penerima beasiswa LPDP dan World Bank, serta pernah menjadi delegasi Indonesia dalam forum WHO di Paris.

Sinopsis

Buku *Dasar-Dasar Ergonomi & Kesehatan Kerja: Teori dan Praktik untuk Dunia Nyata* disusun sebagai referensi ilmiah yang komprehensif dalam bidang ergonomi, fisiologi kerja, dan gizi kerja. Karya ini ditulis oleh Ari Prayogo Pribadi, Yusuf Mukasyafah Rizqi Rahman, dan Zilfani Fuadiyah Haq, dengan tujuan utama memberikan pemahaman teoritis dan aplikatif bagi mahasiswa serta para praktisi di bidang keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

Materi dalam buku ini mencakup konsep-konsep fundamental ergonomi, penerapan biomekanika dalam aktivitas kerja, analisis lingkungan kerja fisik seperti suhu, kebisingan, dan pencahayaan, serta pengaruh stres dan organisasi kerja terhadap produktivitas. Selain itu, buku ini juga menyoroti pentingnya pemenuhan kebutuhan gizi bagi tenaga kerja serta pemanfaatan teknologi terkini dalam menunjang desain sistem kerja yang ergonomis.

Keunggulan buku ini terletak pada pendekatannya yang integratif, menggabungkan aspek teknis, fisiologis, sosial, dan digital dalam kerangka ergonomi berkelanjutan. Dengan demikian, buku ini diharapkan dapat menjadi acuan penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, nyaman, dan produktif, sesuai dengan tuntutan dunia kerja modern.