



Ergonomi Terapan untuk Produktivitas Industri Modern



Ir. Moh. Ainul Fais, S.T., M.T., Tyas Eka Kurnia, M.T., Diah Kusumastuti, S.T., M.T., Siti Nur Hamidah, S.T., M.T., Ahmad Afif Mauludi, S.K.M., M.K.K.K., Muhammad Azrin Karim, S.K.M., M.P.H., Ir. Silvana Mohamad, S.T., M.T., dan Clora Widya Brilliana, S.M., M.T.

Ergonomi Terapan untuk Produktivitas Industri Modern

Ir. Moh. Ainul Fais, S.T., M.T.

Tyas Eka Kurnia, M.T.

Diah Kusumastuti, S.T., M.T.

Siti Nur Hamidah, S.T., M.T.

Ahmad Afif Mauludi, S.K.M., M.K.K.K.

Muhammad Azrin Karim, S.K.M., M.P.H.

Ir. Silvana Mohamad, S.T., M.T.

Clora Widya Brilliana, S.M., M.T.



Ergonomi Terapan untuk Produktivitas Industri Modern

Penulis : Ir. Moh. Ainul Fais, S.T., M.T., Tyas Eka Kurnia, M.T., Diah Kusumastuti, S.T., M.T., Siti Nur Hamidah, S.T., M.T., Ahmad Afif Mauludi, S.K.M., M.K.K.K., Muhammad Azrin Karim, S.K.M., M.P.H., Ir. Silvana Mohamad, S.T., M.T., dan Clora Widya Brilliana, S.M., M.T.
ISBN : 978-634-7628-11-4 (PDF)
Penyunting Naskah : Endah Romadhon
Tata Letak : Endah Romadhon
Desain Sampul : Novikean Keysah Sanisri

Penerbit

PT Cipta Digital Edukasi

Jl. Wijaya Ii/Wijaya Grand Centre Blok G-15, Desa/Kelurahan Pulo, Kec. Kebayoran Baru, Kota Adm. Jakarta Selatan, Provinsi DKI Jakarta, Kode Pos: 1216

E-Mail : penerbitcde@gmail.com

Website : cideka.com

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan pengumuman.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi Pelanggaran Pasal 2 UU Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya buku *Ergonomi Terapan untuk Produktivitas Industri Modern* dapat disusun dan dihadirkan kepada pembaca. Buku ini disusun sebagai upaya untuk memperkenalkan konsep ergonomi terapan yang relevan dengan kebutuhan dunia industri masa kini.

Perkembangan industri modern menuntut peningkatan produktivitas yang sejalan dengan perhatian terhadap kenyamanan, keselamatan, dan kesehatan manusia. Ergonomi berperan penting dalam menyelaraskan hubungan antara manusia, peralatan, serta lingkungan kerja agar tercipta sistem kerja yang lebih efektif dan efisien.

Melalui penyajian yang ringkas dan mudah dipahami, buku ini ditujukan bagi masyarakat luas yang tertarik pada peningkatan kualitas kerja dan produktivitas industri. Diharapkan buku ini dapat memberikan wawasan yang bermanfaat serta menjadi rujukan praktis dalam menciptakan lingkungan kerja yang lebih baik dan berkelanjutan.

Jakarta, Februari 2026

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1. PERAN ERGONOMI DALAM PRODUKTIVITAS	1
1.1 Konsep Dasar Ergonomi	1
1.2 Hubungan Ergonomi dan Produktivitas	4
1.3 Faktor Ergonomis dalam Desain Kerja	7
1.4 Dampak Ergonomi Buruk	8
1.5 Strategi Penerapan Ergonomi.....	10
1.6 Latihan 5 Soal	12
BAB 2. ANATOMI, FISILOGI, DAN BIOMEKANIKA MANUSIA.....	13
2.1 Anatomi Sistem Muskuloskeletal.....	13
2.2 Fisiologi Gerak Manusia.....	16
2.3 Biomekanika Tubuh Manusia	17
2.4 Relevansi Anatomi, Fisiologi, dan Biomekanika Dalam Ergonomi	19
2.5 Latihan 5 Soal	20
BAB 3. ANTROPOMETRI DALAM PERANCANGAN FASILITAS KERJA	22
3.1 Konsep Dasar Antropometri	22
3.3 Prinsip Penggunaan Data Antropometri.....	30
3.4 Aplikasi Antropometri dalam Desain Fasilitas Kerja.....	32
3.5 Pertimbangan Antropometri dalam Ergonomi Modern.....	33
3.8 Latihan 5 Soal	36
BAB 4. PERANCANGAN STASIUN KERJA.....	37
4.1 Prinsip Dasar Perancangan Stasiun Kerja	37

4.2 Komponen Utama Stasiun Kerja.....	40
4.3 Desain Stasiun Kerja untuk Pekerjaan Berdiri Dan Duduk.....	41
4.4 Analisis Kesesuaian Stasiun Kerja.....	43
4.5 Latihan 5 Soal	44
BAB 5. ERGONOMI LINGKUNGAN KERJA	45
5.1 Konsep Ergonomi Lingkungan Kerja	45
5.2 Pencahayaan Kerja.....	48
5.3 Kebisingan di Tempat Kerja	49
5.4 Iklim Kerja dan Kenyamanan Termal.....	51
5.5 Getaran dan Dampaknya pada Pekerja	53
5.6 Latihan 5 Soal	55
BAB 6. ANALISIS POSTUR KERJA DAN PENILAIAN RISIKO MUSCULOSKELETAL.....	56
6.1 Konsep Dasar Analisis Postur Kerja	56
6.2 Metode Analisis Postur Kerja	58
6.3 Penilaian Risiko Musculoskeletal	60
6.4 Pengendalian risiko musculoskeletal.....	62
6.5 Latihan 5 Soal	64
BAB 7: ERGONOMI KOGNITIF	65
7.1 Definisi dan Urgensi Ergonomi Kognitif dalam Lanskap Kontemporer	65
7.2 Fondasi Teoretis Pemrosesan Informasi Manusia.....	70
7.3 Beban Kerja Mental	74
7.4 Kesalahan Manusia (Human Error) dan Keandalan Sistem	79
7.5 Interaksi Manusia-Komputer dan Desain Antarmuka	81
7.6 Aplikasi Ergonomi Kognitif di Tempat Kerja dan Tren Masa Depan.....	84
7.7 Kesimpulan & Rekomendasi	86
7.8 Latihan Soal Esai.....	88

BAB 8. ERGONOMI INDUSTRI & MATERIAL HANDLING	90
8.1 Konsep Ergonomi Industri	90
8.2 Material Handling: Konsep dan Klasifikasi	92
8.3 Prinsip Ergonomi dalam Material Handling Manual	94
8.4 Peralatan Bantu Material Handling	96
8.5 Ergonomi alam Pengangkutan dan Penyimpanan	98
8.6 Latihan 5 Soal	99
BAB 9: ERGONOMI ORGANISASI & SISTEM KERJA	100
9.1 Pengantar Ergonomi Organisasi.....	100
9.2 Prinsip-Prinsip Sistem Kerja	103
9.3 Evaluasi dan Analisis Ergonomi	105
9.4 Implementasi Ergonomi dalam Organisasi	108
9.5 Latihan Soal (Esai 5).....	111
BAB 10. ERGONOMI DI ERA INDUSTRI 4.0	112
10.1 Transformasi Digital dan Dampaknya Pada Ergonomi.....	112
10.2 Ergonomi dalam Penggunaan Teknologi Cerdas	114
10.3 Smart Workplace dan Ergonomi Adaptif.....	116
10.4 Tantangan Ergonomi di Era Digital	118
10.5 Latihan 5 Soal	119
PROFILE PENULIS.....	121
DAFTAR PUSTAKA	129

BAB 8. ERGONOMI

INDUSTRI & MATERIAL

HANDLING

8.1 Konsep Ergonomi Industri

Ergonomi industri adalah disiplin yang secara khusus memfokuskan pada penyesuaian sistem kerja, peralatan, dan lingkungan industri agar selaras dengan kemampuan dan keterbatasan manusia, dengan tujuan meningkatkan keselamatan, kesehatan, efisiensi, dan produktivitas proses produksi. Di tengah percepatan transformasi teknologi, terutama dalam konteks Industry 4.0 dan menuju Industry 5.0, peran *Human Factors and Ergonomics* (HFE) semakin krusial karena interaksi manusia-mesin-lingkungan menjadi semakin kompleks dan dinamis. HFE tidak hanya mempertimbangkan desain fisik seperti tinggi meja, penempatan mesin, atau jangkauan tangan, tetapi juga secara holistik melibatkan aspek fisik, kognitif, dan organisasi dalam sistem kerja.

Dalam praktiknya, ergonomi industri menuntut analisis menyeluruh atas sistem kerja dengan pendekatan rekayasa desain berbasis manusia (*human-centered design*). Hal ini mencakup penataan ulang tata letak pabrik, alat bantu (misalnya sistem pengangkatan mekanis), optimasi alur kerja, serta adaptasi mesin

dan antarmuka agar sesuai dengan antropometri dan kemampuan pekerja. Tujuan utamanya ialah mengurangi beban fisik dan kognitif pekerja, mencegah gangguan muskuloskeletal, serta meminimalkan kesalahan atau insiden akibat desain yang tidak sesuai. Tidak hanya aspek fisik dan mekanik, ergonomi industri modern juga memasukkan dimensi psikososial dan kesejahteraan pekerja ke dalam desain kerja. Konsep lingkungan kerja manusia-sentris menekankan bahwa produktivitas optimal hanya bisa dicapai jika kesejahteraan pekerja—termasuk aspek kesehatan, motivasi, dan beban kerja mental—dipertimbangkan secara serius. Pendekatan ini relevan dalam pabrik atau fasilitas industri dimana otomatisasi dan kolaborasi manusia-robot (*human-robot collaboration*) mulai lazim diterapkan.

Manfaat konkret dari penerapan ergonomi industri modern tercermin dalam peningkatan efisiensi operasional, penurunan absensi akibat cedera, peningkatan kualitas output, serta peningkatan kepuasan kerja dan retensi pekerja. Studi empiris pada sektor manufaktur menunjukkan bahwa perusahaan yang menerapkan prinsip ergonomi dengan baik dapat memperbaiki kinerja produktivitas sekaligus menurunkan risiko gangguan kesehatan kesehatan kerja.

Secara keseluruhan, konsep ergonomi industri saat ini menekankan bahwa desain sistem kerja harus *human-centered* dan adaptif terhadap evolusi teknologi. Ergonomi tidak lagi semata-mata soal “menyesuaikan manusia ke mesin,” melainkan mendesain mesin, proses, dan lingkungan kerja agar mendukung manusia —

baik dari segi fisik, kognitif, maupun kesejahteraan — sehingga tercipta sistem industri yang aman, efisien, produktif, dan berkelanjutan.

8.2 Material Handling: Konsep dan Klasifikasi

8.2.1 Pengertian Material Handling

Material handling merupakan serangkaian aktivitas penting dalam proses produksi dan distribusi yang meliputi pemindahan, penyimpanan, pengendalian, serta perlindungan material dari titik awal hingga titik akhir dalam sistem kerja. Material yang dimaksud mencakup bahan mentah, komponen, barang setengah jadi, hingga produk akhir yang akan dikirimkan kepada konsumen. Tujuan utama dari material handling adalah menciptakan aliran material yang efisien, aman, dan ekonomis tanpa mengganggu kontinuitas proses kerja. Dalam sistem industri modern, efisiensi material handling berkontribusi langsung terhadap waktu produksi, biaya operasional, dan keselamatan kerja. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh terhadap konsep ini sangat penting dalam desain sistem logistik dan fasilitas manufaktur yang terintegrasi.

8.2.2 Klasifikasi Material Handling

Material handling dapat diklasifikasikan berdasarkan metode yang digunakan, yaitu ke dalam tiga kelompok utama: penanganan manual, mekanis, dan otomatis. Penanganan manual merupakan metode paling sederhana yang dilakukan oleh tenaga manusia tanpa bantuan peralatan, seperti mengangkat, membawa, atau mendorong

beban. Meskipun metode ini fleksibel dan murah, risiko ergonomisnya tinggi, terutama jika tidak dilakukan dengan prinsip kerja yang aman. Penanganan mekanis mencakup penggunaan alat bantu seperti forklift, konveyor, crane, dan *hand truck* untuk mempercepat proses dan mengurangi beban kerja fisik. Metode ini lebih efisien dan aman dibandingkan penanganan manual, namun tetap memerlukan pelatihan operator dan pemeliharaan alat secara berkala. Sementara itu, penanganan otomatis mengandalkan teknologi canggih seperti *Automated Guided Vehicles* (AGV), sistem penyimpanan otomatis (*automated storage and retrieval systems*), serta lengan robotik. Metode otomatis menjadi semakin relevan dalam era industri 4.0 karena dapat meningkatkan presisi, mengurangi kesalahan manusia, serta mengoptimalkan alur logistik dalam sistem produksi yang terintegrasi secara digital (Zare et al., 2022).

8.2.3 Faktor Risiko dalam Material Handling

Aktivitas material handling, terutama yang dilakukan secara manual atau semi-mekanis, memiliki potensi risiko ergonomis yang tinggi jika tidak dirancang dan diawasi dengan baik. Beberapa faktor risiko utama yang dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal adalah postur kerja yang membungkuk, pengangkatan beban melebihi batas kapasitas tubuh, serta gerakan repetitif dalam jangka waktu panjang tanpa jeda yang memadai. Risiko ini sering kali berdampak pada bagian tubuh seperti punggung bawah, bahu, leher, dan pergelangan tangan. Cedera yang umum terjadi meliputi low back pain, tendinitis, hingga herniasi diskus, yang semuanya dapat

menurunkan kapasitas kerja dan produktivitas. Evaluasi ergonomi dan intervensi rekayasa, seperti desain ulang stasiun kerja, penyediaan alat bantu angkat, serta pelatihan postur kerja yang benar, terbukti dapat secara signifikan menurunkan risiko cedera kerja. Studi terbaru juga menekankan pentingnya penerapan sistem rotasi kerja dan mikroistirahat sebagai bagian dari strategi pencegahan gangguan akibat beban kerja berulang (Shamsudin et al., 2021). Dengan pendekatan ergonomis yang terintegrasi, material handling tidak hanya menjadi bagian penting dalam efisiensi produksi, tetapi juga dalam perlindungan kesehatan dan keselamatan kerja.

8.3 Prinsip Ergonomi dalam Material Handling Manual

8.3.1 Teknik Mengangkat yang Benar

Penerapan teknik mengangkat beban yang benar merupakan langkah penting dalam mencegah cedera muskuloskeletal, khususnya pada punggung bagian bawah. Prinsip dasar teknik yang tepat meliputi penggunaan otot-otot kaki sebagai penggerak utama, menjaga punggung tetap dalam posisi netral (tidak membungkuk atau memutar), serta menjaga beban sedekat mungkin dengan tubuh saat diangkat. Posisi kaki yang stabil dan bahu sejajar dengan beban juga diperlukan untuk menjaga keseimbangan. Pendekatan ini mengurangi tekanan pada tulang belakang lumbar dan memperkecil risiko cedera akibat tekanan berlebih pada diskus intervertebralis

(Marras et al., 2018). Edukasi dan pelatihan rutin mengenai teknik ini penting, terutama bagi pekerja di sektor industri atau logistik.

8.3.2 Batas Beban Aman

Penetapan batas beban aman dalam aktivitas pengangkatan bergantung pada beberapa faktor, termasuk jenis kelamin, usia, frekuensi pengangkatan, postur tubuh, dan kondisi lingkungan kerja. Standar internasional seperti yang diterbitkan oleh *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) menyarankan batas maksimum pengangkatan sebesar 23 kg dalam kondisi ideal untuk pekerja dewasa sehat. Namun, batas ini dapat berkurang secara signifikan apabila terdapat faktor risiko seperti posisi pengangkatan yang tidak optimal, gerakan berulang, atau durasi kerja yang panjang (ISO, 2021). Oleh karena itu, penyesuaian terhadap kapasitas fisik individu dan kondisi kerja aktual sangat penting dalam penerapan batas beban.

8.3.3 Analisis Risiko

Untuk menilai tingkat risiko dari suatu aktivitas pengangkatan, salah satu metode yang banyak digunakan adalah *NIOSH Lifting Equation*. Metode ini menghitung *Recommended Weight Limit* (RWL) berdasarkan enam variabel utama: berat beban, posisi horizontal dan vertikal beban, jarak vertikal perpindahan, sudut rotasi tubuh, frekuensi pengangkatan, dan kualitas genggaman. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan berat aktual yang diangkat untuk menentukan *Lifting Index* (LI), yang menggambarkan potensi risiko cedera. LI di atas 1 menunjukkan adanya peningkatan risiko dan perlunya intervensi ergonomi.

Metode ini telah terbukti efektif dalam merancang ulang tugas pengangkatan dan meningkatkan keselamatan kerja secara sistematis (Davis & Marras, 2021).

8.4 Peralatan Bantu Material Handling

8.4.1 *Hand Truck* dan *Trolley*

Hand truck dan *trolley* merupakan alat bantu material handling yang dirancang untuk mengurangi kebutuhan mengangkat beban secara langsung oleh pekerja. Dengan memindahkan beban dari tubuh ke alat bantu beroda, tekanan pada tulang belakang, bahu, dan ekstremitas bawah dapat diminimalkan. Penggunaan alat ini tidak hanya menurunkan beban kerja fisik, tetapi juga mengurangi risiko cedera akibat pengangkatan berulang, terutama pada pekerjaan dengan perpindahan material intensif. Efektivitas *hand truck* dan *trolley* sangat bergantung pada desain pegangan, diameter roda, serta kondisi permukaan lantai agar usaha dorong atau tarik tetap berada dalam batas aman. Studi ergonomi menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu dorong-tarik yang sesuai dapat menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal dan meningkatkan efisiensi kerja (Gallagher et al., 2019).

8.4.2 *Conveyor System*

Conveyor system merupakan solusi mekanis yang memindahkan material secara otomatis dari satu titik ke titik lainnya tanpa keterlibatan fisik pekerja secara langsung. Sistem ini meningkatkan efisiensi waktu karena proses pemindahan

berlangsung kontinu, sekaligus mengurangi beban manual yang berpotensi menimbulkan cedera. Dalam industri manufaktur dan logistik, *conveyor* juga mendukung konsistensi alur produksi serta mengurangi kesalahan akibat penanganan manual. Selain itu, *conveyor* dapat disesuaikan dengan tinggi dan kecepatan tertentu untuk menjaga keamanan operator. Implementasi sistem otomatis seperti *conveyor* telah terbukti meningkatkan produktivitas sekaligus menurunkan paparan risiko ergonomi secara signifikan (Bataller et al., 2020).

8.4.3 Forklift dan Hoist

Forklift dan *hoist* digunakan untuk menangani beban berat yang tidak dapat dipindahkan secara manual. *Forklift* memungkinkan pengangkatan dan pemindahan material dalam jumlah besar dengan cepat, sedangkan *hoist* digunakan untuk mengangkat beban secara vertikal pada area terbatas. Karena tingginya potensi bahaya, pengoperasian peralatan ini memerlukan pelatihan khusus untuk memastikan keselamatan operator maupun pekerja di sekitarnya. Penggunaan *forklift* dan *hoist* yang tepat dapat mengurangi cedera akibat pengangkatan berlebihan, tetapi penggunaan yang tidak terlatih dapat meningkatkan risiko kecelakaan serius. Oleh sebab itu, pemeriksaan peralatan, prosedur keselamatan, dan sertifikasi operator merupakan bagian penting dari standar keselamatan kerja.

8.5 Ergonomi alam Pengangkutan dan Penyimpanan

8.5.1 Penataan Gudang

Penataan gudang yang ergonomis mengutamakan penempatan barang yang sering digunakan pada area yang mudah dijangkau, yaitu zona antara tinggi bahu dan tinggi pinggul. Dengan cara ini, pekerja tidak perlu membungkuk dalam atau menjangkau secara berlebihan yang dapat meningkatkan tekanan pada tulang belakang dan bahu. Barang yang jarang digunakan dapat ditempatkan pada area lebih rendah atau lebih tinggi, selama tidak memerlukan pengangkatan berat secara manual. Pendekatan ini mendorong efisiensi pengambilan barang serta memperpanjang keberlanjutan kesehatan pekerja.

8.5.2 Rancangan Jalur Transportasi

Jalur perpindahan barang di dalam gudang harus bebas hambatan dan dirancang cukup lebar agar alat transportasi seperti *forklift* atau *pallet mover* dapat melintas dengan aman. Hambatan fisik seperti barang yang diletakkan sembarangan, rak menonjol, atau tikungan sempit dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan memperlambat alur distribusi. Selain itu, penandaan visual—misalnya garis jalur, zona parkir alat, dan area larangan berjalan—membantu menjaga keteraturan pergerakan. Perancangan jalur berbasis aliran kerja (*workflow-based layout*) terbukti meningkatkan efisiensi dan menurunkan risiko insiden operasional (Cimino et al., 2019).

8.5.3 Sistem Penyimpanan Vertikal

Penggunaan rak penyimpanan vertikal harus mempertimbangkan batas aman ketinggian untuk mencegah risiko jatuhnya barang maupun cedera pekerja saat mengambil barang pada level atas. Ketinggian maksimum untuk pengambilan manual umumnya tidak melebihi tinggi bahu pekerja rata-rata agar tidak memicu gerakan mengangkat secara berbahaya. Untuk penyimpanan di atas batas aman, penggunaan alat bantu seperti *step ladder*, *order picker*, atau sistem mekanisasi diperlukan. Stabilitas rak, kapasitas beban, dan distribusi berat barang juga harus diperhitungkan untuk mencegah kegagalan struktural.

8.6 Latihan 5 Soal

1. Jelaskan tujuan utama ergonomi industri.
2. Apa saja faktor risiko dalam material handling manual?
3. Bagaimana teknik mengangkat yang benar untuk mencegah cedera?
4. Berikan contoh peralatan bantu dalam material handling dan fungsinya.
5. Mengapa penataan gudang penting dalam pengurangan risiko kerja?

PROFILE PENULIS



Muhammad Azrin Karim, S.K.M., M.P.H., lahir di Prabumulih pada 29 Mei 1996 dan berdomisili di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Ia menyelesaikan pendidikan magister di bidang Kesehatan Masyarakat dengan peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Universitas Gadjah Mada.

Penulis memiliki ketertarikan pada kegiatan traveling, membaca, dan mendengarkan musik. Melalui keterlibatannya dalam penulisan buku ini, penulis berharap pembaca terus melangkah hingga akhir proses pembelajaran, karena sering kali jawaban dan pemahaman penting ditemukan pada bagian terakhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and indoor environmental quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369–389.
- Asan, O., & Choudhury, A. (2021). Research trends in artificial intelligence applications in human factors health care: Mapping review. *JMIR Human Factors*, 8(2), e28236. <https://doi.org/10.2196/28236>
- Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2017). Job demands–resources theory: Taking stock and looking forward. *Journal of Occupational Health Psychology*, 22(3), 273–285.
- Basner, M., & Brink, M. (2019). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 393(10167), 1325–1332.
- Bassi, A., & Orso, V. (2025). Understanding workers' well-being and cognitive load in human-cobot collaboration: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e75658. <https://doi.org/10.2196/75658>
- Bataller, R., Tornero, J., & Alemany, M. M. E. (2020). Improving productivity and ergonomics in material handling through automation solutions. *International Journal of Production Research*, 58(14), 4265–4277.
- Behm, D. G., Muehlbauer, T., & Granacher, U. (2021). Neuromuscular training and motor performance in youth: A meta-analysis. *Pediatrics*, 147(1), e2020033620.
- Bernard, B. P. (2018). *Musculoskeletal disorders and workplace factors*. National Institute for Occupational Safety and Health.
- Bernardes, J. M., Gómez-Galán, M., Peixoto, H. M., & Dias, A. (2020). Individual factors associated with work-related musculoskeletal disorders: A

systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 1–18.

Bernardes, J. M., Gómez-Galán, M., Peixoto, H. M., & Dias, A. (2020). Individual factors associated with work-related musculoskeletal disorders: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(23), 1–18.

Boyce, P. R., Veitch, J. A., Newsham, G. R., Jones, C. C., Heerwagen, J., & Hunter, C. M. (2019). Lighting quality and office work: A field simulation study. *Lighting Research & Technology*, 51(3), 331–357.

Braarud, P. Ø. (2024). Measuring cognitive workload in the nuclear control room: A review. *Ergonomics*, 67(6), 849–865.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2024.2302381>

Bridger, R. S. (2019). *Introduction to Human Factors and Ergonomics* (4th ed.). CRC Press.

Bridger, R. S. (2019). *Introduction to human factors and ergonomics* (4th ed.). CRC Press.

Brougham, D., & Haar, J. (2018). Smart technology, artificial intelligence, robotics, and algorithms (STARA): Employees' perceptions of the future of work. *International Journal of Social Economics*, 45(5), 750–768.

Brougham, D., & Haar, J. (2018). Smart technology, artificial intelligence, robotics, and algorithms (STARA): Employees' perceptions of the future of work. *International Journal of Social Economics*, 45(5), 750–768.

Caiazzo, C., DJapan, M., Savkovic, M., Milojevic, D., Vukicevic, A., & Gualtieri, L. (2025). Evaluating mental workload and productivity in manufacturing: A neuroergonomic study of human–robot collaboration scenarios. *Healthcare*, 13(9), 783.
<https://doi.org/10.3390/healthcare13090783>

- Cao, B., Zhu, Y., & Ouyang, Q. (2020). Field study of the impact of natural lighting on office workers' performance and wellbeing. *Building and Environment*, 176, 106867.
- Carayon, P. (2015). Human factors and ergonomics in health care and patient safety. *BMJ Quality & Safety*, 24(4), 1–5.
- Carayon, P. (2016). *Handbook of human factors and ergonomics in health care and patient safety* (2nd ed.). CRC Press.
- Carayon, P., Hancock, P. A., Leveson, N., Noy, I., Sznelwar, L., & van Hootehem, G. (2015). Advancing a sociotechnical systems approach to workplace safety. *Ergonomics*, 58(4), 548–564.
- Center for Occupational and Environmental Health (COEH). (n.d.). The difference between physical ergonomics, cognitive ergonomics, and macroergonomics. Retrieved December 6, 2025, from <https://www.coeh.berkeley.edu/news/difference-between-physical-ergonomics-cognitive-ergonomics-and-macroergonomics>
- Chaffin, D. B. (2019). Digital human modeling for workplace design. *Human Factors*, 61(7), 1035–1053.
- Chen, Y., Chen, X., Chen, S., Xu, J., & Liu, P. (2025). Investigating human factors and ergonomics research: A 4S framework. *Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/00140139.2025.2537778>
- Ciccarelli, L., & Marinelli, M. (2022). Digital ergonomics: Challenges and opportunities in human-centered Industry 4.0. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 32(5), 476–490.
- Cimino, C., Negri, E., & Fumagalli, L. (2019). Review of digital twin applications in manufacturing. *Computers in Industry*, 113, 103130.
- Das, N., & Sarma, P. (2025). Blending digital and physical interfaces: A cognitive ergonomics approach to smart usability while practicing

<https://doi.org/10.55041/IJSREM49573>

- Davis, K. G., & Marras, W. S. (2021). Assessing and controlling risk of low back disorder from lifting using the NIOSH lifting equation. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 18(3), 108–115.
- de Looze, M. P., Bosch, T., Krause, F., Stadler, K. S., & O'Sullivan, L. W. (2016). Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. *Ergonomics*, 59(5), 671–681.
- Dehais, F., Lafont, A., Roy, R., & Fairclough, S. (2020). A neuroergonomics approach to mental workload, engagement and human performance. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 268. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00268>
- Delp, S. L., Anderson, F. C., & Arnold, A. S. (2021). Musculoskeletal biomechanics: Modeling movement and force generation. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 23, 1–25.
- Derksen, F., de Looze, M. P., & Vink, P. (2023). The role of ergonomics in designing human–robot collaboration: A review. *Applied Ergonomics*, 107, 103955.
- Dianat, I., Vahedi, A., & Dehnavi, S. (2015). Association between self-reported musculoskeletal symptoms and workstation conditions in office workers. *Journal of Occupational Health*, 57(3), 196–205.
- Diehl, C., Martins, A., Almeida, A., Silva, T., Ribeiro, Ó., Santinha, G., Rocha, N., & Silva, A. G. (2022). Defining recommendations to guide user interface design: Multimethod approach. *JMIR Human Factors*, 9(3), e37894. <https://doi.org/10.2196/37894>

- Diraco, G., Leone, A., & Siciliano, P. (2020). A smart workstation for office ergonomics: Results of a user-centered design approach. *Sensors*, 20(1), 1–25.
- Diraco, G., Leone, A., & Siciliano, P. (2020). A smart workstation for office ergonomics: Results of a user-centered design approach. *Sensors*, 20(1), 1–25.
- Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. M. (2020). *Gray's Anatomy for Students* (4th ed.). Elsevier.
- Dreyfuss, H., & Tilley, A. R. (2014). *The measure of man and woman: Human factors in design* (rev. ed.). Wiley.
- Dul, J., & Neumann, W. P. (2020). Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics*, 82, 102978.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. (2018). *Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide* (3rd ed.). CRC Press.
- Falck, A. C., Örtengren, R., & Högberg, D. (2021). Cognitive ergonomics of assembly work from a job demands–resources perspective: Three qualitative case studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23), 12282. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312282>
- Feng, T., Huang, L., & Peng, X. (2025). An integrative review of cognitive workload assessment for safety management. *Safety Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2025.12584421>
- Fernández, M. M., Radoš, S., Matković, K., Gröller, M. E., & Delrieux, C. (2022). ErgoExplorer: Interactive ergonomic risk assessment from video collections. *arXiv preprint*.
- Fogelberg, E., Cao, H., & Thorvald, P. (2025). Cognitive ergonomics: Triangulation of physiological, subjective, and performance-based

- mental workload assessments. *Frontiers in Industrial Engineering*, 3, 1605975. <https://doi.org/10.3389/fieng.2025.1605975>
- Gallagher, S., Heberger, J. R., & Marras, W. S. (2019). Push and pull forces in manual material handling: A systematic review. *Human Factors*, 61(8), 1165–1182.
- González-Alonso, J. et al. (2025). ME-WARD: A multimodal ergonomic assessment tool for musculoskeletal risk evaluation. *Computers & Industrial Engineering*, 180, 109350.
- Gordon, A. M., Huxley, A. F., & Julian, F. J. (2018). The mechanism of muscle contraction. *Journal of Physiology*, 299(2), 231–260.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10754.39368>
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v16i5.7072>
- Interaction Design Foundation. (2025). What is ergonomics? Retrieved December 6, 2025, from <https://www.interaction-design.org/literature/topics/ergonomics>
- International Ergonomics Association. (n.d.). What is ergonomics (HFE)? Retrieved December 6, 2025, from <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- Ioniță, A.-R., Anghel, D., & Boudouh, T. (2025). Mind, machine, and meaning: Cognitive ergonomics and adaptive interfaces in the age of Industry 5.0. *Applied Sciences*, 15(14), 7703.
<https://doi.org/10.3390/app15147703>
- ISO. (2021). *ISO 11228–1:2021 Ergonomics—Manual handling*. International Organization for Standardization.
- Kee, D. et al. (2022). Systematic comparison of OWAS, RULA, and REBA based on risk assessment studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 595.

- Kee, D., & Karwowski, W. (2018). The role of posture and load in musculoskeletal disorders: A review of ergonomics assessment tools. *Applied Ergonomics*, 68, 81–88.
- Khan, R., Vernooij, J., Salvatori, D., & Hierck, B. P. (2025). Assessing cognitive load using EEG and eye-tracking in 3-D learning environments: A systematic review. *Multimodal Technologies and Interaction*, 9(9), 99. <https://doi.org/10.3390/mti9090099>
- Kim, J., & Nussbaum, M. A. (2016). Performance evaluation of a wearable inertial motion capture system for ergonomics assessments. *Ergonomics*, 59(3), 387–395.
- Kim, S., Nussbaum, M. A., & Esfahani, M. I. M. (2022). Smart ergonomic assessment: A review of digital posture analysis in industrial settings. *Ergonomics*, 65(4), 501–514.
- Kolus, A., Wells, R., & Neumann, W. P. (2018). Production quality and musculoskeletal health: A systematic review. *Applied Ergonomics*, 73, 13–27.
- Korkmaz, Ö. A., & Ünver, M. (2024). The ergonomic posture assessment by comparing REBA with RULA & OWAS: A case study in a gas springs factory. *SIGMA Journal of Engineering and Natural Sciences*, 42(5), 1581–1603.
- Lasota, P. A., Fong, T., & Shah, J. A. (2017). A survey of methods for safe human–robot interaction. *Foundations and Trends in Robotics*, 5(4), 261–349.
- Laxman, D. K., Guruprasad, A., Bommer, S., & Adeyemi, E. (2025). Enhancing productivity and safety in manufacturing through cognitive ergonomics using AI for adaptive systems. <https://doi.org/10.46254/NA10.20250070>

- Li, G., Jiang, Z., Wang, Z., & Liu, Q. (2023). Big data-driven ergonomics: Applications and challenges in workplace optimization. *Safety Science*, 158, 106066.
- Liu, J., Li, T., & Wang, S. (2021). Effects of occupational noise exposure on cognitive performance and health: A review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10), 5380.
- Li-Wang, J., Townsley, A., & Katta, R. (2023). Cognitive ergonomics: A review of interventions for outpatient practice. *The American Journal of Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2023.09.020>
- Marras, W. S., Davis, K. G., & Ferguson, S. A. (2018). Spine loading as a function of lifting technique. *Ergonomics*, 61(7), 897–905.
- Martínez-García, D., Cuesta-Vargas, A. I., & Cano-de-la-Cuerda, R. (2022). Biomechanics of human movement: A review of mechanical principles. *Applied Sciences*, 12(3), 1–15.
- Marzbanrad, E., Lee, H., & Choi, J. (2021). Smart environmental control systems for improving workplace comfort: A sensor-based adaptive approach. *Building and Environment*, 188, 107446.
- Mauludi, A. A. (2025). Bab 4: Ergonomi kognitif. Dalam A. Susanto (Eds.), *Keselamatan dan kesehatan kerja dalam lingkungan kerja tingkat lanjut* (Hal. 55-66). Future Science Publisher.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2019). *Exercise physiology: Nutrition, energy, and human performance* (9th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Michael, J. Integrating Neuroergonomics in Construction: Reducing Cognitive Load to Prevent Human Error in High-Risk Work Environments James Michael.

- Molenbroek, J. F. M., Snijders, C. J., & Brookhuis, K. (2017). Anthropometry of the elderly. *Applied Ergonomics*, 58, 245–253.
- Neumann, W. P., Winkel, J., & Medbo, L. (2020). Integrating ergonomics into lean manufacturing: A case-based analysis. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 30(1), 14–26.
- Oakman, J., & Clays, E. (2022). Organisational factors and musculoskeletal disorders: A review of contemporary evidence. *Safety Science*, 148, 105646.
- Oakman, J., & Clays, E. (2022). Organisational factors and musculoskeletal disorders: A review of contemporary evidence. *Safety Science*, 148, 105646.
- Oakman, J., Kinsman, N., Briggs, A. M., Buckley, J., & Celedonia, K. L. (2020). Workplace interventions to improve musculoskeletal and mental health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Applied Ergonomics*, 89, 103204.
- Oakman, J., Kinsman, N., Briggs, A. M., Buckley, J., & Celedonia, K. L. (2020). Workplace interventions to improve musculoskeletal and mental health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Applied Ergonomics*, 89, 103204.
- Oakman, J., Kinsman, N., Briggs, A. M., Buckley, J., & Celedonia, K. L. (2020). Workplace interventions to improve musculoskeletal and mental health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Applied Ergonomics*, 89, 103204.
- Parker, S. K., & Grote, G. (2022). Automation, algorithms, and beyond: Why work design matters more than ever in a digital world. *Applied Psychology*, 71(4), 1133–1156.

- Parsons, K. C. (2016). *Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance*. CRC Press.
- Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2017). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work* (3rd ed.). CRC Press.
- Prasetyo, R. A. B., & Iridiastadi, H. (2025). Mental Workload: Definition and Measurement Review. *International Journal of Technology*, 16(5).
- Pušica, M., Mijović, P., Leva, A., & Gligorijević, I. (2025). Machine learning performance in EEG-based mental workload classification across task types: A systematic review. *Frontiers in Neuroergonomics*, 6, 1621309. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2025.1621309>
- Rahman, N. I. A., & Ismail, M. N. I. (2025). Cognitive ergonomic-driven technology: A pathway to improve mental workload, body posture, and work performance of ageing worker. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 23(2), 118-129. <https://doi.org/10.7906/indec.23.2.1>
- Rauterberg, M. (2003). Cognitive ergonomics in interface design: Discussion of a moving science. *Applied Ergonomics*, 34(6), 529–540. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(03\)00078-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(03)00078-X)
- Robertson, M. M., & Huang, Y. H. (2020). Ergonomics and design: A reference guide to stasiun kerja redesign. *Applied Ergonomics*, 86, 103092.
- Robertson, M. M., & O'Neill, M. J. (2021). Ergonomic design and the impact of adjustable office furniture on comfort and productivity. *Human Factors*, 63(3), 482–495.

- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics training and a sit-stand workstation: Effects on musculoskeletal and visual symptoms and performance. *Work*, 58(2), 165–173.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics training and a sit-stand workstation: Effects on musculoskeletal discomfort and stress. *Applied Ergonomics*, 60, 1–7.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics training: Effects on knowledge, postures, and discomfort. *Work*, 57(3), 367–379.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics training and a sit-stand workstation: Effects on musculoskeletal discomfort and stress. *Applied Ergonomics*, 60, 1–7.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics interventions: A systematic review. *Work*, 58(1), 175–184.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics training and a sit-stand workstation: Effects on musculoskeletal discomfort and stress. *Applied Ergonomics*, 60, 1–7.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics training and a sit-stand workstation intervention: Effects on musculoskeletal and visual symptoms and performance. *Applied Ergonomics*, 60, 1–12.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2017). Office ergonomics training and a sit-stand workstation intervention: Effects on musculoskeletal and visual symptoms and performance. *Applied Ergonomics*, 60, 1–12.
- Robertson, M. M., Ciriello, V. M., & Garabet, A. M. (2020). Office ergonomics training and a sit-stand workstation: Effects on musculoskeletal and visual

symptoms and performance of office workers. *Applied Ergonomics*, 84, 103025.

Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, Å. (2020). Operator 4.0 and cognitive ergonomics. In Proceedings of the APMS 2020 Conference (pp. 1-8). Springer.

Sadeghi, M., Azmoon, H., & Golmohammadi, R. (2021). The effects of lighting conditions on visual performance, health, and safety. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 10(1), 45–53.

Salmon, P. M., Read, G. J. M., Stanton, N. A., & Lenné, M. G. (2021). State of science: Evolving perspectives on ‘human error’. *Ergonomics*, 64(12), 1517–1527.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1953615>

Salvendy, G., & Karwowski, W. (Eds.). (2021). Handbook of human factors and ergonomics (5th ed.). John Wiley & Sons.

Sameera, V., Bindra, A., & Rath, G. P. (2021). Human errors and their prevention in healthcare. *Journal of Education and Health Promotion*, 10, 431. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_1215_20

Saßmannshausen, T., Burggräf, P., Wagner, J., Hassenzahl, M., Steinberg, F., & Heupel, T. (2021). Trust in artificial intelligence within production management – An exploration of antecedents. *Ergonomics*, 64(10), 1333–1350.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1909755>

Schall, M. C., Fethke, N. B., & Chen, H. (2021). Evaluation of ergonomic risk assessment methods using wearable motion capture technology. *Applied Ergonomics*, 94, 103033.

- Shamsudin, N. H., Deros, B. M., & Ismail, A. R. (2021). Ergonomic risk assessment for manual material handling in manufacturing industries. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 82, 103105.
- Shukor, S. A. (2025). The evolving landscape of human error preventability in workplace accident reduction: A contemporary review.
- Sirikasemsuk, K., Kittipanya-Ngam, P., Luanwiset, D., & Leerojanaprapa, K. (2024). Work posture risk comparison of RULA and REBA in metal coating industry. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 7(3), 926–935.
- Su, H., Jiang, J., Fan, S., Wang, J., Xie, R., Xu, L., Wang, X., Qing, X., & Song, Y. (2025). Evaluating the impact of mental workload on drillers' risk perception using wearable eye-tracking technology. *Behaviour & Information Technology*.
<https://doi.org/10.1080/0144929X.2025.2590088>
- Syberfeldt, A., Urbas, L., & Danielsson, O. (2021). Augmented reality smart glasses in industrial applications: Evaluation and future challenges. *Journal of Manufacturing Systems*, 59, 305–316.
- Tao, W., Liu, T., Zheng, R., & Li, Y. (2021). Gait and movement analysis using wearable sensors: Advances and applications. *Sensors*, 21(15), 1–23.
- Tarafdar, M., Pullins, E. B., & Ragu-Nathan, T. S. (2019). Technostress: Negative effect on performance and possible mitigations. *Information Systems Journal*, 29(1), 244–268.
- Tarafdar, M., Pullins, E. B., & Ragu-Nathan, T. S. (2019). Technostress: Negative effect on performance and possible mitigations. *Information Systems Journal*, 29(1), 244–268.

- Trstenjak, M., Benešova, A., & Cajner, H. (2025). Human factors and ergonomics in Industry 5.0—A systematic literature review. *Applied Sciences*, 15(4), 2123. <https://doi.org/10.3390/app15042123>
- uckle, P., & Devereux, J. (2019). Work-related musculoskeletal disorders: A review of recent research. *Applied Ergonomics*, 82, 102928.
- van der Beek, A. J., & Dennerlein, J. T. (2019). Human factors and ergonomics in practice: Improving system performance and human well-being in the real world. *Applied Ergonomics*, 80, 109–114.
- van der Veer, G. C., Parlangeli, O., & Mulvenna, M. D. (2025). History, present, and future of cognitive ergonomics in Europe. In *Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE 2025)*. ACM.
- Waters, T. R., & Dick, R. B. (2015). Evidence of health risks associated with prolonged standing at work and intervention effectiveness. *Rehabilitation Nursing*, 40(3), 148–165.
- Wilson, J. R. (2019). Fundamentals of systems ergonomics/human factors. *Applied Ergonomics*, 84, 102917.
- World Health Organization. (2018). *Environmental noise guidelines for the European region*. World Health Organization.
- Xi, T., & Wu, X. (2017, June). The influence of different style of icons on users' visual search in touch screen interface. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics* (pp. 222–232). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1_22
- Zare, R., Habibi, E., & Kazemi, Z. (2022). Investigation of ergonomic and safety factors in manual material handling tasks in the workplace. *Safety and Health at Work*, 13(2), 215–221.

Zhou, Y., Zhang, H., & Liu, X. (2020). Indoor air quality and work performance: The mediating role of cognitive functions. *Building and Environment*, 180, 107021.



Buku Ergonomi Terapan untuk Produktivitas Industri Modern membahas penerapan prinsip ergonomi dalam menciptakan sistem kerja yang efisien, aman, dan nyaman di lingkungan industri masa kini. Buku ini mengulas keterkaitan antara manusia, peralatan kerja, serta lingkungan kerja sebagai satu kesatuan yang saling memengaruhi produktivitas dan kualitas kerja.

Disusun dengan bahasa yang jelas dan mudah dipahami, buku ini memberikan gambaran praktis mengenai bagaimana ergonomi dapat diterapkan untuk mengurangi kelelahan, meningkatkan kinerja, serta mendukung keberlanjutan proses kerja. Buku ini ditujukan untuk masyarakat umum, pelaku industri, dan siapa saja yang tertarik memahami peran ergonomi dalam mendukung produktivitas industri modern.

