

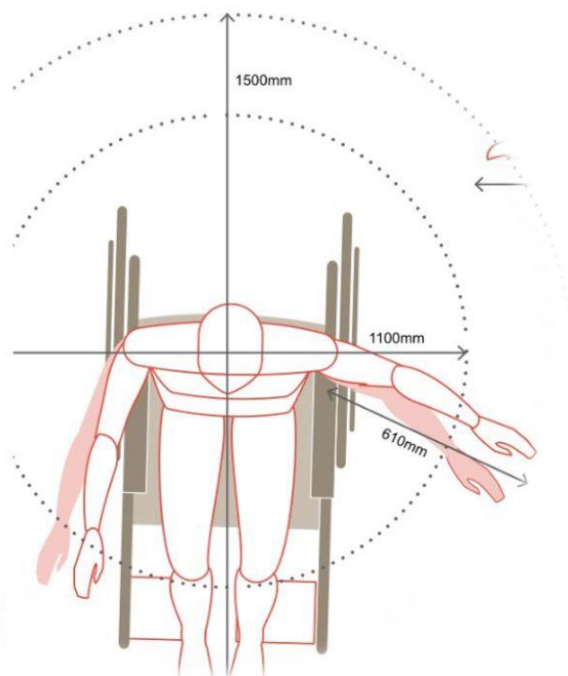
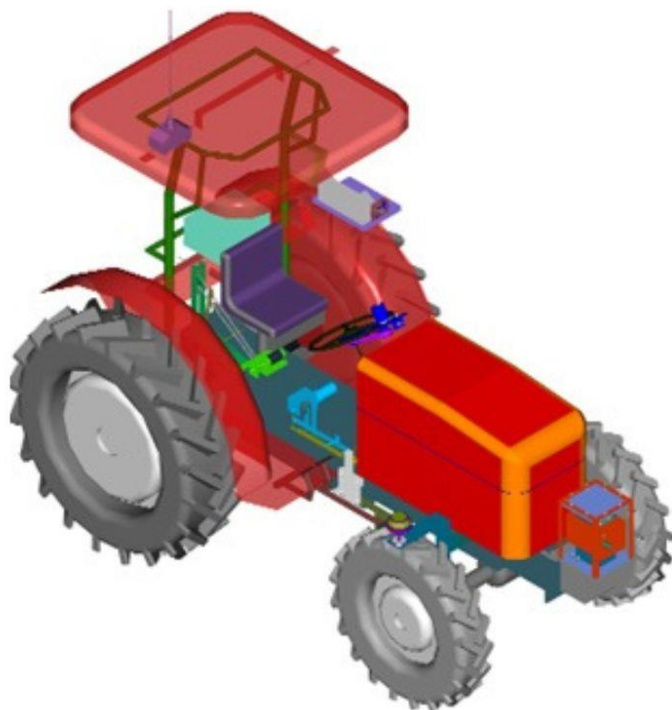


**PERTANIAN
PRESS**



ERGONOMI & PENERAPANNYA PADA MEKANISASI PERTANIAN

Sam Herodian
Ahmad Thoriq
Erniati



ERGONOMI & PENERAPANNYA PADA MEKANISASI PERTANIAN

**Sam Herodian
Ahmad Thoriq
Erniati**

**PERTANIAN PRESS
2026**

ERGONOMI & PENERAPANNYA PADA MEKANISASI PERTANIAN

© Sam Herodian, Ahmad Thoriq, Erniati

Penulis : Sam Herodian, Ahmad Thoriq, Erniati
Penelaah substansi : Folkes E. Laumal
Editor : Okta Danik Nugraheni, Isvina Unaizahroya
Desain kover dan tata letak : Fadhil Oktavian
Editor pruf : Edwin Satyalesmana, Hidayat Raharja

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Judul dan penanggung jawab : Ergonomi & Penerapannya pada Mekanisasi Pertanian/Sam Herodian, Ahmad Thoriq, Erniati; editor, Okta Danik Nugraheni, Isvina Unaizahroya
Edisi : Juli 2026
Publikasi : Jakarta Selatan: Pertanian Press, 2026
Deskripsi fisik : viii, 63 halaman: ilustrasi; 21 cm
Identifikasi : E-ISBN 978-979-582-451-0 (PDF)
Subjek : Mekanisasi pertanian, Ergonomi
Klasifikasi : 631.3 [23]

Sumber gambar cover : <https://id.pinterest.com/pin/77947464800610735>
1

Penerbit:

Pertanian Press, Anggota IKAPI

Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia
Pertanian

Jl. Harsono RM No.3, Ragunan, Jakarta Selatan

Alamat Redaksi

Balai Besar Perpustakaan dan Literasi Pertanian

Jl. H. Juanda No.20, Bogor 16122

Website: <https://epublikasi.pertanian.go.id/pertanianpress>

Diterbitkan pertama pada 2026 oleh Pertanian Press.

Tersedia untuk diunduh secara gratis:

epublikasi.pertanian.go.id/pertanianpress.



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC-BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>.

PRAKATA

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul "Ergonomi & Penerapannya pada Mekanisasi Pertanian" dapat diterbitkan sebagai wujud nyata kontribusi dalam mengembangkan sektor pertanian Indonesia yang modern dan berkelanjutan.

Banyak buku tentang ergonomi, tetapi tidak secara spesifik membahas penerapan ilmu ergonomi di bidang pertanian. Padahal penerapan mekanisasi pertanian di Indonesia terus mengalami perkembangan seiring dengan semakin berkurangnya tenaga kerja di sektor pertanian serta meningkatnya produksi pertanian dan perkebunan. Bahkan beberapa industri pertanian dan perkebunan secara spesifik membentuk divisi khusus untuk mekanisasi pertanian.

Penerapan mekanisasi pertanian pada sektor industri pertanian tersebut secara langsung meningkatkan interaksi manusia dengan mesin-mesin pertanian. Permasalahannya adalah mesin-mesin pertanian sering didesain tidak sesuai dengan karakteristik fisik operator. Hal ini tidak hanya menyebabkan kelelahan kerja, tetapi juga berpotensi menyebabkan gangguan muskuloskeletal (MSDs) yang secara langsung mengganggu kemampuan bekerja dan menurunkan kualitas hidup. Penerapan ilmu ergonomi dalam mekanisasi pertanian dapat membantu mengurangi gangguan MSDs.

Buku ini disusun berdasarkan pengalaman penulis dalam membimbing mahasiswa melakukan penelitian mengenai penerapan ergonomi pada bidang mekanisasi pertanian, serta pengalaman penulis sebagai

konsultan ergonomi di industri pertanian. Buku ini ditujukan bagi mahasiswa, pekerja, dan praktisi yang ingin mempelajari lebih dalam penerapan ergonomi dalam bidang mekanisasi pertanian. Buku ini lebih banyak membahas penerapan ergonomi pada bidang mekanisasi pertanian dan industri pertanian.

Ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penyusunan buku ini. Pepatah mengatakan, “Tak ada gading yang tak retak.” Maka kami mengharapkan umpan balik yang bersifat konstruktif dari pembaca untuk penyempurnaan buku ini di masa mendatang.

Bogor, Juli 2026

Tim Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1. ERGONOMI DAN MODERNISASI SEKTOR PERTANIAN.....	1
A. Swasembada Pangan dan Pertanian Indonesia	1
B. Mekanisasi Pertanian dan Ergonomi	4
BAB 2. KONSEP DASAR ERGONOMI	7
A. Sejarah dan Definisi Ergonomi	7
B. Tujuan dan Manfaat Ergonomi	9
C. Prinsip Dasar Ergonomi	13
D. Domain dan Pendekatan Ergonomi.....	19
E. Sistem Manusia dan Mesin	26
1. Manufaktur yang Berpusat Pada Manusia.....	26
2. Piramida Kebutuhan Manusia dan Industri.....	29
3. Sistem Manufaktur yang Berpusat pada Manusia	32
BAB 3. DASAR-DASAR MEKANISASI PERTANIAN.....	36
A. Definisi Mekanisasi Pertanian	36
B. Peran Mekanisasi Pertanian.....	37
C. Klasifikasi Alat dan Mesin Pertanian Pada Aktivitas Budi Daya Padi Sawah	39
D. Level dan Strategi Mekanisasi Pertanian di Indonesia	47
DAFTAR PUSTAKA	54
TENTANG PENULIS	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Tren produksi beras di Indonesia periode 2020–2025.	3
Gambar 2 Tren luas panen padi Indonesia periode 2020–2025.	4
Gambar 3 Beberapa jenis mesin pertanian penyebab gangguan muskuloskeletal (MSDs).....	5
Gambar 4 Hubungan model bisnis dan posisi ergonomi yang terisolasi.....	10
Gambar 5 Keterlibatan ergonomi pada model bisnis.	11
Gambar 6 Ilustrasi sistem informasi.	14
Gambar 7 Sistem ergonomi pada desain produk	17
Gambar 8 Implementasi ergonomi pada desain dan evaluasi desain produk.....	18
Gambar 9 Domain ergonomi.	19
Gambar 10 Model intervensi ergonomi secara pada organisasi.	25
Gambar 11 Evolusi hubungan manusia-mesin menuju manufaktur yang berpusat pada manusia.	27
Gambar 12 Hubungan manusia, mesin, dan lingkungan.	29
Gambar 13 Peta hubungan manusia-mesin dalam piramida kebutuhan manusia industri.	30
Gambar 14 Kerangka sistem manufaktur cerdas yang berpusat pada manusia.	34
Gambar 15 Kerangka kerja implementasi kualitas pekerja.	35
Gambar 16 Fase perkembangan mekanisasi pertanian di Indonesia.	37
Gambar 17 Kerangka teoritis pengaruh mekanisasi pertanian terhadap ketahanan iklim pada produksi pangan.	38
Gambar 18 Pengolahan tanah menggunakan traktor roda empat. ...	40
Gambar 19 Pengairan lahan sawah menggunakan pompa sentrifugal.	41
Gambar 20 Penanaman padi menggunakan <i>transplanter</i>	42
Gambar 21 Perontokan padi menggunakan <i>power thresher</i>	42
Gambar 22 Panen menggunakan <i>combine harvester</i>	43
Gambar 23 Fluktuasi alat dan mesin pertanian bantuan pemerintah.	44
Gambar 24. Peta level mekanisasi pertanian pada aktivitas budi daya padi sawah di Indonesia.....	48

BAB 1. ERGONOMI DAN MODERNISASI SEKTOR PERTANIAN

A. Swasembada Pangan dan Pertanian Indonesia

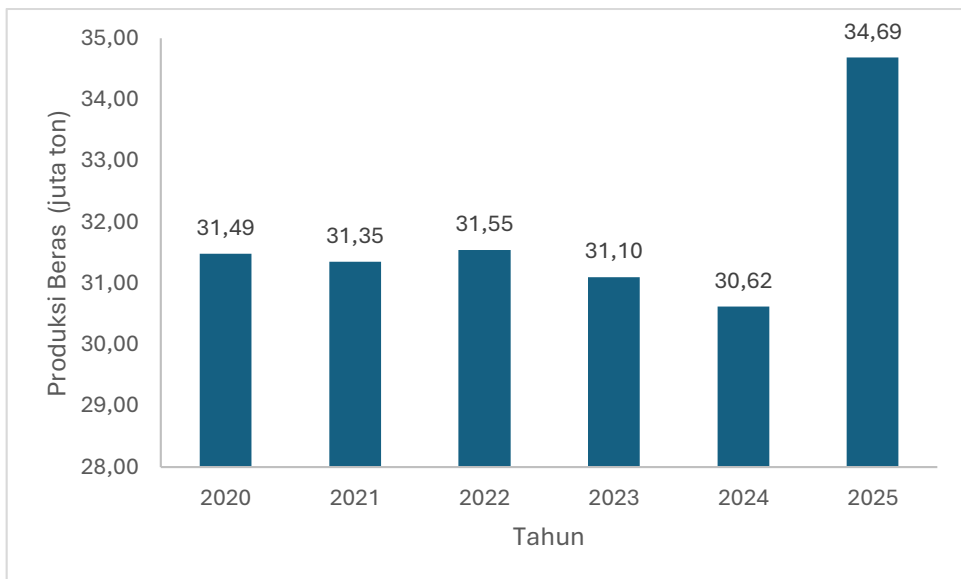
Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, swasembada pangan adalah usaha untuk mencukupi kebutuhan pangan sendiri (beras dan sebagainya). Beberapa peneliti mendefinisikan swasembada pangan sebagai kemampuan suatu wilayah atau negara untuk memenuhi kebutuhan pangannya sendiri (Enriquez, 2020), atau rasio produksi dan permintaan pangan suatu wilayah atau negara (Soltani et al., 2020). Swasembada pangan terjadi ketika total produksi kalori suatu wilayah cukup untuk memenuhi permintaannya (Beltran-Pena et al., 2020; Pradhan et al., 2014).

Swasembada pangan semakin mendapat perhatian sejumlah negara setelah terjadinya krisis pangan pada tahun 2007–2008 (Clapp, 2017). Banyak negara berusaha melindungi diri dari volatilitas harga pangan di pasar dunia dan swasembada pangan menjadi agenda politik prioritas utama bagi pemerintah di seluruh dunia (Ghose, 2014; Clapp, 2017; Enriquez, 2020). Negara yang tidak dapat memenuhi pasokan pangan dalam negeri, berusaha membangun jaringan internasional untuk menjamin pasokan pangan dalam negerinya (Ghose, 2014). Swasembada pangan merupakan hasil koordinasi yang kuat antara bidang energi, air, dan pangan. Ketiga industri ini saling terkait dan tidak boleh dipandang secara terpisah (Shubbar et al., 2024).

Strategi untuk meningkatkan swasembada adalah dengan mendorong peningkatan produktivitas pertanian. Peningkatan hasil pertanian dapat mengurangi ketergantungan pada impor tanpa harus menaikkan harga pangan di dalam negeri. Dengan demikian, upaya mencapai

swasembada pangan dapat berjalan seiring dengan peningkatan ketahanan pangan dan pengurangan kemiskinan. (Warr, 2011). Peningkatan produktivitas tanaman atau produksi pangan dapat dicapai melalui perluasan irigasi berkelanjutan ke lahan pertanian tadah hujan. Tanpa perluasan irigasi berkelanjutan, rasio swasembada pangan akan memburuk. Meskipun perubahan iklim berperan, rasio swasembada pangan sangat sensitif terhadap estimasi pertumbuhan populasi dan perubahan pola makan (Beltran-Pena et al., 2020). Produksi pangan di masa depan ditentukan oleh dua faktor utama, yaitu perluasan (atau penurunan) area pertanian dan produktivitas tanaman atau produksi pangan yang dipengaruhi oleh peningkatan manajemen dan perubahan iklim (Siderius et al., 2024).

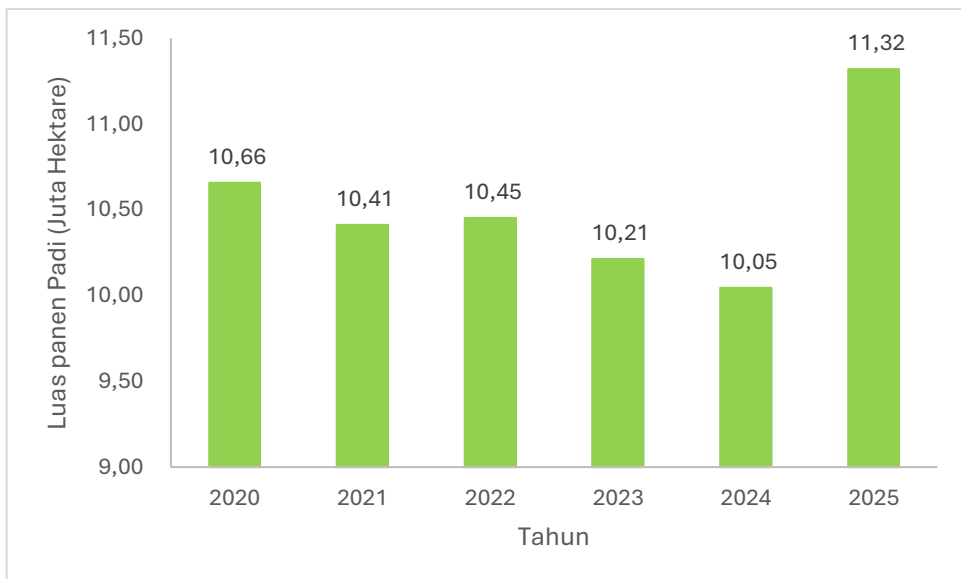
Beberapa upaya telah dilakukan pemerintah dalam meningkatkan produksi beras, antara lain melalui program optimasi lahan, cetak sawah, serta penerapan mekanisasi pertanian melalui bantuan alat mesin pertanian (Sulaiman et al., 2018). Pada periode Januari–Desember 2025, produksi beras Indonesia mencapai 34,69 juta ton atau terjadi peningkatan sebesar 4 juta ton dibandingkan dengan tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2025). Tren peningkatan produksi beras dalam lima tahun terakhir dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tren produksi beras di Indonesia periode 2020–2025.

Peningkatan produksi tersebut menghasilkan surplus beras sebesar 3,52 juta ton, sehingga Indonesia tidak melakukan impor beras konsumsi sepanjang tahun 2025. Selain itu, stok beras Perum Bulog pada akhir 2025 tercatat mencapai 3,24 juta ton dan sempat menyentuh puncaknya sebesar 4,2 juta ton yang merupakan stok tertinggi sepanjang sejarah pengelolaan pangan nasional. Kondisi ini memperkuat cadangan pangan pemerintah sekaligus memberikan ruang kebijakan yang lebih stabil dalam menjaga harga dan pasokan di dalam negeri (Sekretaris Kabinet Republik Indonesia, 2026).

Data statistik menunjukkan bahwa luas sawah Indonesia pada tahun 2025 meningkat sebesar 1,27 juta hektare dibandingkan dengan tahun sebelumnya sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.



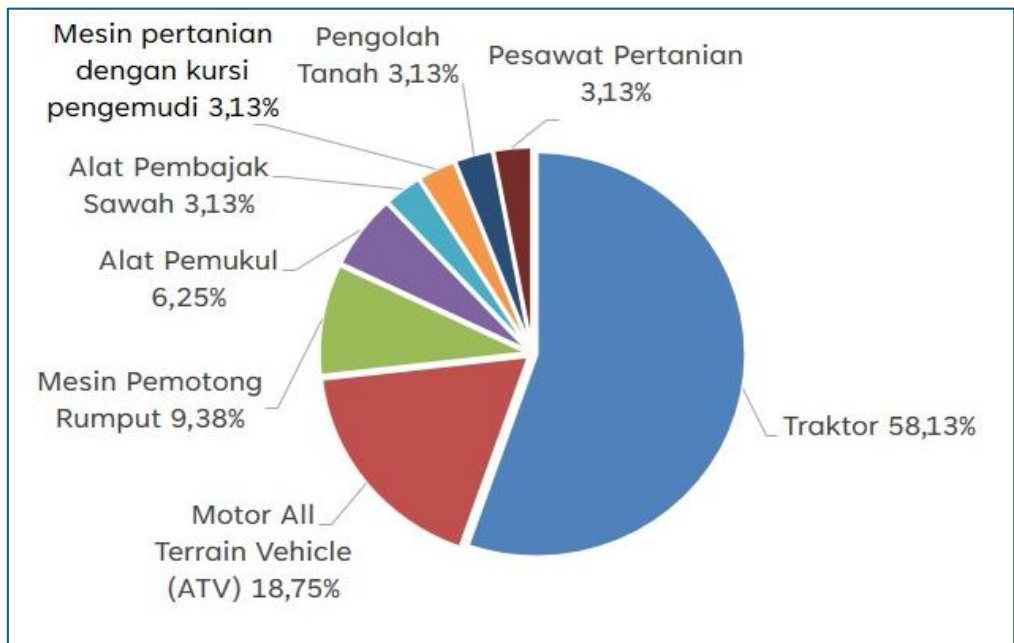
Gambar 2 Tren luas panen padi Indonesia periode 2020–2025.

B. Mekanisasi Pertanian dan Ergonomi

Salah satu dukungan pemerintah untuk meningkatkan efisiensi aktivitas usaha tani adalah melalui penerapan mekanisasi pertanian. Penerapan mekanisasi pertanian telah terbukti dapat secara nyata mengurangi kebutuhan energi dan meningkatkan efisiensi. Pengolahan tanah konvensional membutuhkan total energi sebesar 49.612,99 MJ per hektare, sedangkan penggunaan mekanisasi membutuhkan total energi sebesar 37.972,36 MJ per hektare. Selain itu, pengolahan tanah dengan sistem mekanisasi pertanian dapat menghemat tenaga kerja serta mengurangi penggunaan pupuk kimia dan biosida (Keikha et al., 2025). Penerapan mekanisasi secara penuh dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi sebesar 8,56%, peningkatan produktivitas energi sebesar 8,61%, dan profitabilitas energi sebesar 9,49% dibandingkan dengan semi mekanis (Yang et al., 2022).

Meskipun mekanisasi memberikan berbagai manfaat, penerapan mekanisasi pertanian juga menimbulkan tantangan baru. Terutama

dalam kaitannya dengan kesesuaian desain mesin dengan karakteristik fisik operator. Risiko yang ditimbulkan oleh pengoperasian mesin pertanian adalah gangguan muskuloskeletal (MSDs) sehingga mengganggu kemampuan untuk bekerja dan kualitas hidup (Benos et al., 2020). Beberapa mesin pertanian yang menjadi penyebab gangguan MSDs dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Benos et al., 2020

Gambar 3 Beberapa jenis mesin pertanian penyebab gangguan muskuloskeletal (MSDs).

Sebagian besar penyebab gangguan MSDs adalah traktor pertanian. Traktor pertanian merupakan mesin yang paling banyak digunakan pada aktivitas usaha tani. Sebagian besar traktor pertanian digunakan untuk mengolah tanah. Pekerjaan pengolahan tanah ini merupakan pekerjaan dengan kategori luar biasa berat (Munajat, 2017).

Seiring bertambahnya kompleksitas mesin pertanian, beban kerja operator tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga melibatkan aspek kognitif seperti pengambilan keputusan, perhatian, dan pengendalian mesin.

Oleh karena itu, keberhasilan mekanisasi pertanian tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh kesesuaiannya dengan kemampuan, keterbatasan, dan kebutuhan manusia sebagai pengguna (Rakhra & Mann, 2018) .

Dalam konteks tersebut, ergonomi menjadi disiplin ilmu yang sangat penting. Ergonomi merupakan ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen-elemen sistem kerja, kemudian menerapkan prinsip-prinsip ilmiah dalam perancangan pekerjaan, peralatan, lingkungan kerja, dan organisasi agar sesuai dengan kemampuan serta keterbatasan manusia (Rakhra & Mann, 2018; Wilson, 2000). Tujuan utama ergonomi adalah meningkatkan keselamatan, kesehatan, kenyamanan, efisiensi, dan produktivitas kerja secara bersamaan (Wilson, 2000). Penerapan ergonomi dalam mekanisasi pertanian memastikan bahwa alat dan mesin tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga aman, mudah dioperasikan, nyaman digunakan, dan mampu meminimalkan risiko gangguan kesehatan akibat kerja (Rakhra & Mann, 2018) .

BAB 2. KONSEP DASAR ERGONOMI

A. Sejarah dan Definisi Ergonomi

Nama ergonomi berasal dari bahasa Yunani, yaitu *ergon* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti hukum. Kata ergonomi pertama kali digunakan pada tahun 1857 oleh Prof. Wojciech Jastrzebowski di Polandia. Ia menggunakan kata ini dalam narasi filosofis, “Berdasarkan kebenaran yang diambil dari Ilmu Alam” (Pandve, 2017).

Sejarah modern ergonomi muncul dari Perang Dunia II, yang berlangsung dari 1939 hingga 1945. Profesi dari berbagai bidang disiplin ilmu di Inggris (anatomi, fisiologi, psikologi, kedokteran industri, higiene industri, teknik desain, arsitektur, dan teknik penerangan) yang tertarik pada efektivitas kerja manusia mengarah pada pembentukan disiplin ilmu ergonomi dengan dua subkelompok yang kuat pada bidang anatomi atau fisiologi dan psikologi eksperimental. Secara paralel, profesi faktor manusia berkembang di Amerika Serikat, dengan masukan yang kuat dari disiplin ilmu psikologi dan teknik. Di Jerman, Belanda, dan di seluruh Skandinavia, dasar untuk ergonomi tumbuh dari pekerjaan di bidang kedokteran dan anatomi fungsional, sementara di Eropa Timur pertumbuhan sebagian besar berasal dari profesi teknik industri (Wilson, 2000). Pada tahun 1949, Prof. Hugh Murrell mengusulkan penggunaan resmi kata Ergonomi pada pertemuan Angkatan Laut Inggris, nama ‘Ergonomi’ secara resmi diterima pada tahun 1950 (Pandve, 2017).

Pada abad ke-19 terjadi revolusi industri di negara-negara Barat. Alat dan mesin industri dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi kerja. Meskipun demikian, industri masih sangat bergantung pada tenaga kerja manusia. Dipelopori oleh Frederick W. Taylor, ergonomi

berkembang untuk meningkatkan produktivitas kerja. Salah satu karyanya adalah desain sekop yang disesuaikan dengan jenis material yang akan dipindahkan. Desain ini dapat meningkatkan produksi dan upah pekerja. Selanjutnya, Frank dan Lillian Gilbreth melakukan analisis gerak kerja yang diikuti dengan standardisasi alat, material, dan proses kerja untuk membuat pekerjaan lebih efisien serta mengurangi kelelahan kerja (Pandve, 2017).

Pada Perang Dunia II, ilmu ergonomi berkembang terutama terkait dengan interaksi manusia dengan mesin dan peralatan militer yang canggih. Mesin dan peralatan militer dirancang sesuai dengan ukuran prajurit dan mudah dipahami. Setelah Perang Dunia II, fokus ergonomi bergeser ke keselamatan dan produktivitas kerja. Sejak tahun 1960-an dan seterusnya, penggunaan komputer secara dramatis mengubah pekerjaan sehari-hari menjadi sangat mudah, aman, efisien, serta sangat produktif, yang kemudian diikuti oleh penggunaan berbagai perangkat lunak komputer dan evolusi internet yang mengarah pada banyak peningkatan. Saat ini ergonomi merupakan kombinasi dari berbagai disiplin ilmu, termasuk psikologi, teknik, dan fisiologi (Pandve, 2017).

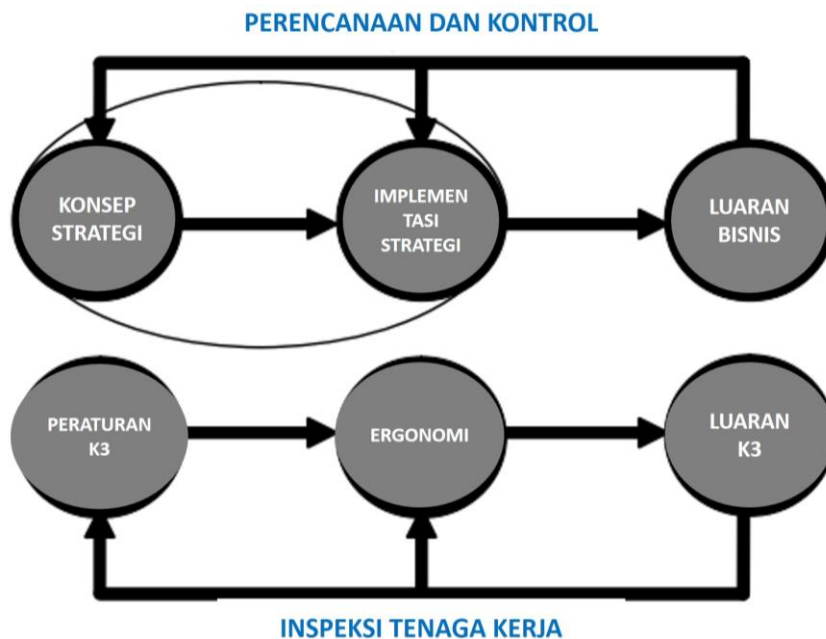
Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, ergonomi adalah ilmu tentang hubungan antara manusia, mesin yang digunakan, dan lingkungan kerja. Ergonomi juga dapat diartikan sebagai penyelarasan antara pekerja, jenis pekerjaan, dan lingkungan atau tata kerja. Menurut John R. Wilson (2000), dalam artikel jurnalnya yang berjudul "Fundamentals of Ergonomics in Theory and Practice", dijelaskan bahwa ergonomi adalah disiplin ilmu tersendiri, yaitu pemahaman teoritis dan mendasar tentang perilaku dan kinerja manusia dalam sistem sosial-teknis yang berinteraksi dengan tujuan yang sama, serta

penerapan pemahaman tersebut dalam desain interaksi dalam konteks lingkungan nyata. Ergonomi adalah salah satu ilmu modern, yang mengambil banyak hal dari lapangan maupun laboratorium, dan mencakup unsur-unsur seni dan kerajinan.

Wilson (2014) menjelaskan bahwa ergonomi modern merupakan disiplin berbasis sistem, karena permasalahan kerja tidak dapat dianalisis hanya dari satu komponen, misalnya manusia atau mesin saja, melainkan harus mempertimbangkan hubungan yang kompleks antara manusia, teknologi, organisasi, lingkungan, dan proses kerja. Dengan demikian, keberhasilan suatu sistem kerja sangat ditentukan oleh kualitas interaksi antarkomponen.

B. Tujuan dan Manfaat Ergonomi

Para manajer biasanya mengaitkan ergonomi dengan kesehatan dan keselamatan kerja serta peraturan perundang-undangan terkait, bukan dengan kinerja bisnis. Hal ini sesuai dengan Gambar 4. Pada berbagai perusahaan, ergonomi biasanya dikaitkan dengan hasil kesehatan dan keselamatan kerja (K3) serta kewajiban perusahaan untuk memenuhi peraturan K3. Oleh karena itu, ergonomi dapat didelegasikan kepada departemen kesehatan dan keselamatan yang tidak terhubung dengan proses pengambilan keputusan strategis. Umpan balik kepada manajer pada akhirnya dapat muncul dalam bentuk cedera, ketidakhadiran, dan pergantian tenaga kerja. Umpan balik tersebut dapat menghambat manajemen yang efektif dan pembelajaran organisasi (Dul & Neumann, 2009).

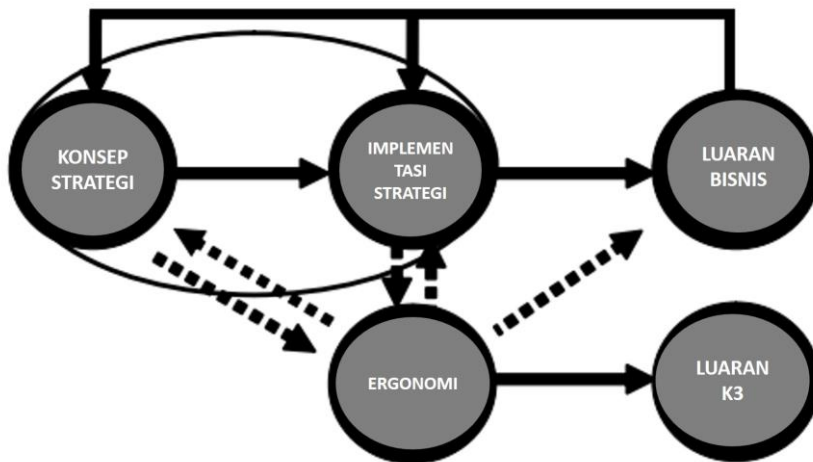


Keterangan: K3 = kesehatan dan keselamatan kerja.

Sumber: Dul & Neumann, 2009

Gambar 4 Hubungan model bisnis dan posisi ergonomi yang terisolasi.

Seharusnya, ergonomi masuk ke dalam bagian dalam model bisnis sehingga dapat berdampak langsung pada hasil bisnis yang secara tidak langsung dapat meningkatkan pendapatan perusahaan. Jika ergonomi berkaitan dengan strategi atau model bisnis maka ergonomi dapat dianggap sebagai alat untuk mewujudkan hasil bisnis yang diinginkan (Dul & Neumann, 2009), seperti dapat dilihat pada Gambar 5.



Keterangan: K3 = kesehatan dan keselamatan kerja.

Sumber: Dul & Neumann, 2009

Gambar 5 Keterlibatan ergonomi pada model bisnis.

Gambar 5 mendeskripsikan bahwa Ergonomi berkontribusi pada penciptaan sistem kerja yang aman dan berkelanjutan dengan mempertimbangkan keterkaitan komponen manusia, teknis, dan lingkungan serta potensi dampak perubahan desain sistem kerja pada semua bagian sistem (International Ergonomics Association, 2000).

Ergonomi secara bersamaan berkontribusi pada kesehatan ekonomi organisasi dengan meningkatkan kesejahteraan, kemampuan, keberlanjutan pekerja, memaksimalkan kinerja, serta mengurangi biaya langsung dan tidak langsung akibat kerugian produktivitas, penurunan kualitas, dan pergantian karyawan. Tempat kerja yang dirancang berdasarkan prinsip-prinsip ergonomi memiliki kinerja karyawan yang lebih baik dan menghasilkan kinerja bisnis yang lebih baik. Desain Ergonomi dalam sistem kerja adalah bisnis yang baik tanpa diragukan lagi (Hendrick, 2003).

Berdasarkan studi kasus tersebut, ergonomi memberikan manfaat bagi pekerja maupun organisasi dengan menciptakan kesesuaian antara manusia, pekerjaan, alat, mesin, dan lingkungan kerja. Penerapan

prinsip ergonomi bertujuan untuk mengoptimalkan kesejahteraan manusia sekaligus meningkatkan kinerja sistem, sehingga pekerjaan dapat dilakukan secara lebih aman, nyaman, efisien, dan produktif (Wilson, 2014). Tujuan dan manfaat ergonomi secara lebih rinci adalah sebagai berikut.

1. **Meningkatkan keselamatan kerja**, yaitu dengan mengurangi risiko kecelakaan dan cedera melalui perancangan alat, mesin, serta lingkungan kerja yang sesuai dengan karakteristik pengguna (Wilson, 2014).
2. **Meningkatkan kesehatan pekerja**, terutama dengan mencegah gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs), kelelahan, dan penyakit akibat kerja yang disebabkan oleh postur kerja yang tidak ergonomis maupun beban kerja yang berlebihan (Shrivastava et al., 2014; Silva et al., 2024).
3. **Meningkatkan kenyamanan kerja**, sehingga pekerja dapat bekerja dalam postur yang alami, mengurangi ketidaknyamanan fisik, serta meningkatkan kepuasan kerja (Marras & Hancock, 2014; Wilson, 2014).
4. **Meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja** melalui desain sistem kerja yang mempertimbangkan interaksi antara manusia, mesin, dan lingkungan sehingga pekerjaan dapat dilakukan dengan lebih mudah dan akurat (Marras & Hancock, 2014; Wilson, 2014).
5. **Meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil kerja**, karena pekerja dapat menyelesaikan tugas dengan lebih cepat, lebih aman, dan dengan tingkat kesalahan (*human error*) yang lebih rendah (Carayon et al., 2015; Wilson, 2014).
6. **Mengoptimalkan kinerja sistem secara keseluruhan**, karena ergonomi memandang manusia sebagai bagian dari suatu

sistem yang harus dirancang secara terpadu sejak tahap perencanaan, desain, implementasi, hingga evaluasi dan perbaikan berkelanjutan (Wilson, 2014).

C. Prinsip Dasar Ergonomi

Menurut International Ergonomics Association (IEA) (2000), prinsip-prinsip ergonomi berakar pada nilai-nilai sosioteknis. Prinsip dan metodologi desain ergonomi partisipatif berlaku untuk seluruh desain tugas, pekerjaan, produk, lingkungan, industri, dan jenis pekerjaan. Prinsip-prinsip ergonomi berakar pada nilai-nilai inti yang penting yang mencakup:

- Manusia sebagai aset,
- Teknologi sebagai alat untuk membantu manusia,
- Peningkatan kualitas hidup,
- Penghormatan terhadap perbedaan individu, dan
- Tanggung jawab kepada semua pemangku kepentingan.

Ergonomi berfokus pada sistem tempat manusia berinteraksi dengan lingkungannya. Lingkungan tersebut kompleks dan terdiri dari lingkungan fisik (benda), lingkungan organisasi (bagaimana aktivitas diorganisir dan dikendalikan), dan lingkungan sosial (orang lain dan budaya) (Dul et al., 2012; Wilson, 2000). Sistem tersebut dapat berupa sistem kerja, di mana manusia adalah pekerja dan lingkungan adalah lingkungan kerja, atau sistem produksi barang dan jasa, di mana manusia adalah pengguna produk atau orang yang menerima layanan, dan lingkungan adalah lingkungan tempat produk digunakan atau layanan diterima. Fokus ergonomi adalah untuk bersama-sama meningkatkan kinerja dan kesejahteraan dengan merancang keseluruhan yang lebih baik serta mengintegrasikan manusia ke dalam sistem secara lebih baik. Hal ini dilakukan dengan menyesuaikan lingkungan dengan kebutuhan manusia. Selama lebih dari 50 tahun

terakhir, komunitas HFE (Human Factors/Ergonomics) telah mengembangkan dan mendokumentasikan sejumlah besar pengetahuan dan keterampilan mengenai interaksi antara manusia dan lingkungannya, serta metodologi untuk menganalisis dan merancang sistem (Dul et al., 2012). Tiga karakter dasar dari ergonomi yaitu:

1. Ergonomi Menggunakan Pendekatan Sistem

Sistem adalah sekumpulan komponen yang saling berinteraksi dan saling bergantung yang membentuk keseluruhan yang terintegrasi (Dul et al., 2012). Sistem adalah struktur yang mendasari situasi yang kompleks. Suatu sistem dapat dianggap sebagai seperangkat bagian yang saling terkait dan saling bergantung yang disusun sedemikian rupa sehingga tampak sebagai satu kesatuan. Ergonomi berfokus pada sistem yang berorientasi pada tujuan dan dirancang secara sengaja yang terdiri dari manusia dan lingkungannya (Mcphee, 2005). Lingkungan dapat berupa artefak buatan manusia apa pun, misalnya tempat kerja, alat, produk, proses teknis, layanan, perangkat lunak, lingkungan binaan, tugas, desain organisasi, serta manusia lain (Wilson, 2000).



Sumber: Mcphee, (2005)

Gambar 6 Ilustrasi sistem informasi.

Ergonomi mempertimbangkan berbagai aspek individu (fisik, fisiologis, psikologis (afektif dan kognitif), dan sosial) serta berbagai aspek lingkungan (fisik, sosial, informasional, dan lainnya). Hal ini dapat mengatasi masalah pada berbagai tingkat sistem, mulai dari tingkat mikro (misalnya, manusia menggunakan alat atau melakukan tugas tunggal) hingga tingkat meso (misalnya, manusia sebagai bagian dari proses teknis atau organisasi) hingga tingkat makro (misalnya, manusia sebagai bagian dari jaringan organisasi, wilayah, negara, atau dunia) (Rasmussen, 2000). Ketika mendefinisikan masalah dan merumuskan solusi, batasan sistem ditentukan, dan fokus ergonomi dapat berada pada aspek spesifik manusia (misalnya, hanya fisik), pada aspek spesifik lingkungan (misalnya, hanya tempat kerja), atau pada tingkat spesifik (misalnya, mikro), tetapi konteks yang lebih luas dari manusia dalam lingkungan selalu dipertimbangkan. Perspektif luas ergonomi ini dapat disebut sebagai 'pendekatan sistem' atau 'pendekatan holistik' (Dul et al., 2012).

Menurut Mcphee (2005), sistem ergonomi juga disebut sebagai desain dan manajemen organisasi atau ergonomi makro. Ergonomi sistem mencoba untuk meneliti gambaran keseluruhan. Ergonomi sistem berupaya untuk melihat masalah dan isu dalam perspektif sistem secara keseluruhan sehingga mencapai perubahan yang efektif dan berkelanjutan. Masalah ergonomi perlu ditangani dalam konteks sistem kerja yang lebih luas dengan mengacu pada prinsip-prinsip sebagai berikut.

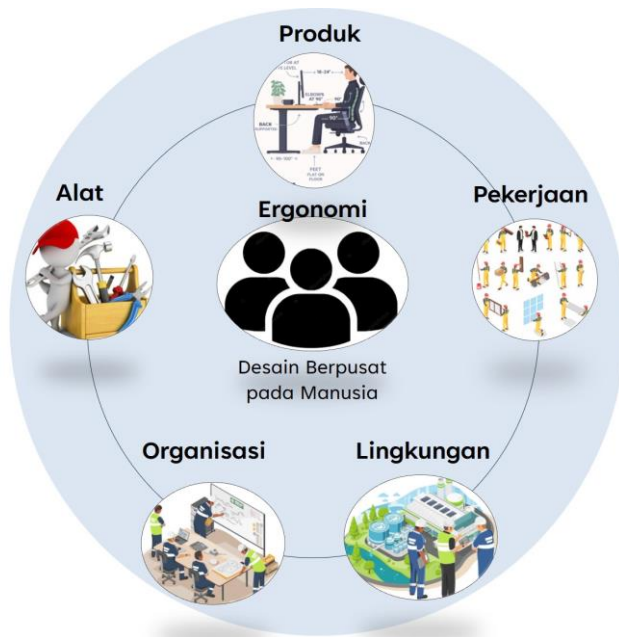
- Perubahan yang sukses membutuhkan visi, perencanaan yang cermat, serta komitmen yang teguh dan berkelanjutan dari manajer senior dan menengah, pekerja, serta pemangku

kepentingan lainnya. Tanpa ini, proses perubahan akan kurang berhasil atau bahkan gagal total.

- Komitmen dapat diperoleh melalui keterlibatan dan partisipasi aktif para pemangku kepentingan. Memaksakan perubahan tanpa hal ini dapat menjadi kontraproduktif.
- Masalah lokal membutuhkan solusi lokal. Solusi ini mungkin atau mungkin tidak merupakan solusi yang telah diterapkan di tempat lain. Solusi impor perlu dievaluasi sehubungan dengan kesesuaiannya untuk tempat kerja tertentu.

2. Ergonomi Berorientasi pada Desain

Desain alat dan mesin berbasis ergonomi akan berfokus pada manusia sebagai pengguna. Ergonomi akan terlibat dalam semua tahapan perencanaan, desain, implementasi, evaluasi, pemeliharaan, desain ulang, dan peningkatan berkelanjutan sistem (Wilson, 2014). Tahapan-tahapan ini tidak selalu berurutan; tahapan-tahapan tersebut bersifat rekursif, saling bergantung, dan dinamis, tetapi desain merupakan inti dari semuanya. Keputusan pada satu tahapan dapat memengaruhi atau dipengaruhi oleh keputusan pada tahapan lain (Dul et al., 2012). Ilustrasi sistem ergonomi dalam desain produk dapat dilihat pada Gambar 5.

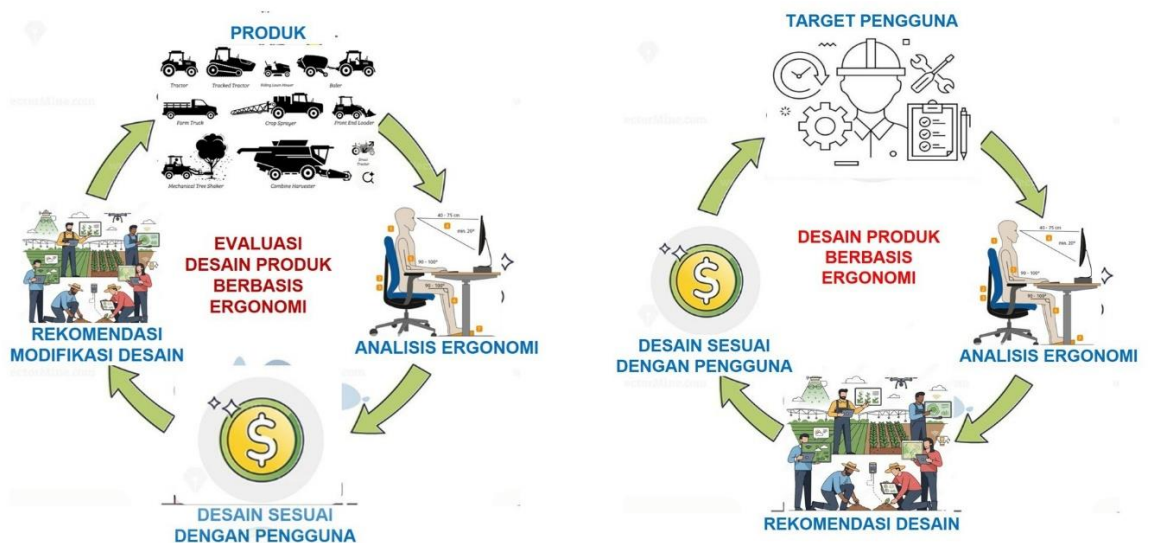


Sumber: Modifikasi dari Dul et al., (2012)

Gambar 7 Sistem ergonomi pada desain produk

Signifikansi ergonomi dalam mendesain produk terutama berasal dari premis humanistik. Produk yang baik adalah produk yang melayani manusia sebagai pengguna dan dapat menciptakan kehidupan yang lebih baik dan lebih nyaman bagi pengguna (Kaczmarek, 1979). Spesialis ergonomi berpengalaman menggunakan data ergonomi sebagai standar dengan meninjau buku dan literatur yang relevan selama proses desain. Misalnya, dalam desain ergonomis produk informasi, nilai standar ukuran tombol didasarkan pada ukuran persentil ke-95 ibu jari, dan nilai standar jarak antar tombol didasarkan pada lebar ibu jari (Zhou et al., 2023). Spesialis ergonomi menganalisis dan memecahkan masalah dalam kemitraan dengan kontributor lain selama proses desain. Mereka juga dapat berperan integratif dalam pengambilan keputusan desain, berdasarkan pengetahuan dan keterampilan mereka tentang desain sebagai aktivitas (Dul et al., 2012).

Implementasi ergonomi pada pradesain dan evaluasi desain atau pascadesain dapat dilihat pada Gambar 8.



Sumber: Modifikasi dari Dul et al., (2012)

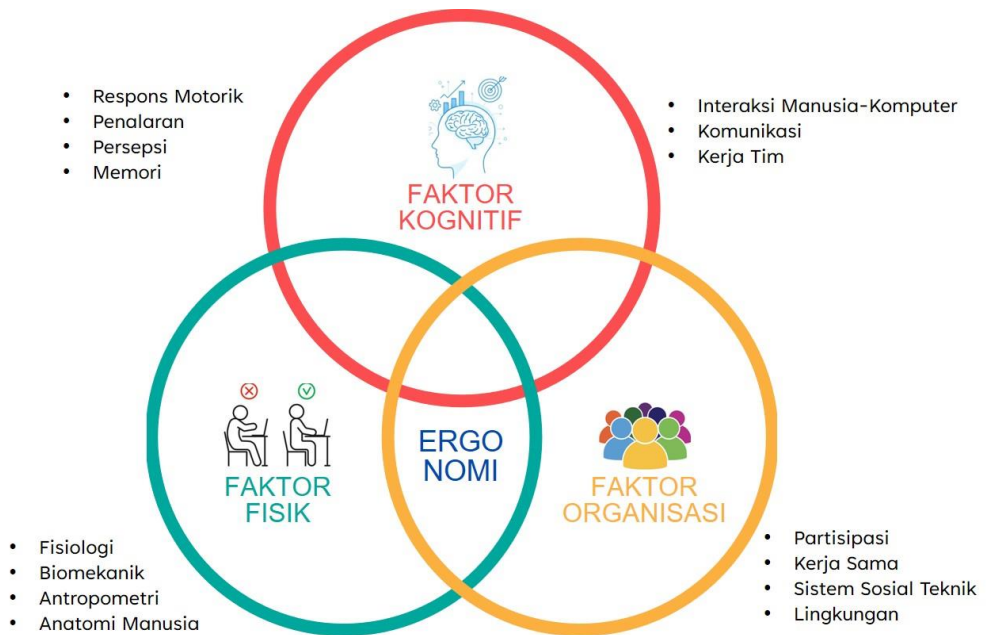
Gambar 8 Implementasi ergonomi pada desain dan evaluasi desain produk.

3. Ergonomi Meningkatkan Kesejahteraan Manusia dan Kinerja Sistem

Melalui penyesuaian manusia dengan lingkungan, kinerja dan kesejahteraan dapat dicapai. Kinerja terdiri atas produktivitas, efisiensi, efektivitas, kualitas, inovasi, fleksibilitas, keamanan dan keselamatan sistem, keandalan, dan keberlanjutan, sedangkan kesejahteraan meliputi kesehatan dan keselamatan, kepuasan, kesenangan, pembelajaran, dan pengembangan pribadi. Kinerja dan kesejahteraan saling berinteraksi, di mana kinerja dapat memengaruhi kesejahteraan, dan kesejahteraan dapat memengaruhi kinerja, baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang (Wilson, 2014). Penurunan kinerja dan kesejahteraan dapat terjadi ketika terdapat ketidaksesuaian antara lingkungan dan kemampuan serta aspirasi manusia (Dul et al., 2012).

D. Domain dan Pendekatan Ergonomi

Ergonomi mempertimbangkan faktor fisik, kognitif, sosioteknik, organisasi, lingkungan, dan faktor relevan lainnya, serta interaksi kompleks antara manusia dengan manusia lainnya, lingkungan, alat, produk, peralatan, dan teknologi (Gambar 9).



Sumber: International Ergonomics Association, 2000

Gambar 9 Domain ergonomi.

Berdasarkan Gambar 9 diketahui bahwa domain utama ergonomi mencakup tiga bidang, yaitu ergonomi fisik, ergonomi kognitif dan ergonomi organisasi yang dijelaskan secara lebih rinci sebagai berikut.

1. Ergonomi fisik dan gangguan muskuloskeletal.

Ergonomi fisik berkaitan dengan karakteristik anatomi, antropometri, fisiologi, dan biomekanika manusia yang terkait dengan aktivitas fisik. Topik yang relevan meliputi postur kerja, penanganan material, gerakan berulang, gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan, tata

letak tempat kerja, keselamatan dan kesehatan fisik (International Ergonomics Association, 2000).

Gangguan muskuloskeletal (MSDs) melibatkan otot, saraf, tendon, sendi, tulang rawan, dan cakram tulang belakang. Kondisi ini dapat dipicu oleh lingkungan kerja dan jenis pekerjaan yang dilakukan, serta faktor-faktor yang dalam beberapa kasus juga dapat memperburuk kondisi yang sudah ada sebelumnya. Gangguan muskuloskeletal secara signifikan menurunkan kualitas hidup pekerja, terutama di sektor kesehatan. Kondisi ini juga dikaitkan dengan biaya tinggi bagi pemberi kerja, seperti ketidakhadiran, hilangnya produktivitas, serta peningkatan biaya perawatan kesehatan, kecacatan, dan kompensasi bagi pekerja. Gangguan muskuloskeletal, khususnya osteoarthritis lutut, sering dialami oleh petani, sedangkan gangguan muskuloskeletal pada bahu lebih sering dialami oleh pekerja industri. Mitigasi terhadap faktor-faktor yang mendasari terjadinya kondisi tersebut sangat penting untuk mencegah terjadinya gangguan muskuloskeletal (Greggi et al., 2024). Menurut Hagberg et al. (2012), pencegahan gangguan muskuloskeletal pada pekerja dapat dilakukan dengan mengidentifikasi aktivitas kerja yang berisiko memperburuk gangguan muskuloskeletal dan memengaruhi kemampuan kerja atau kualitas hidup, serta memberikan pengobatan yang tepat bagi penderita gangguan muskuloskeletal.

Efektivitas tindakan ergonomis bergantung pada pemantauan berkelanjutan terhadap lingkungan kerja serta kolaborasi antarprofesional. Identifikasi dan perbaikan dini terhadap potensi bahaya sangat penting untuk mencegah MSDs serta memastikan lingkungan kerja yang sehat dan produktif. Kolaborasi multidisiplin,

yang melibatkan ahli ergonomi, profesional perawatan kesehatan, manajer, dan pekerja itu sendiri, sangat penting untuk mengembangkan dan menerapkan strategi yang efektif untuk mencegah dan mengobati gangguan muskuloskeletal (Silva et al., 2024).

2. Ergonomi kognitif dan kesehatan mental.

Ergonomi kognitif berkaitan dengan proses mental, seperti persepsi, memori, penalaran, dan respons motorik, karena hal tersebut memengaruhi interaksi antara manusia dan elemen lain dalam suatu sistem. Topik yang relevan meliputi beban kerja mental, pengambilan keputusan, kinerja terampil, interaksi manusia-komputer, keandalan manusia, stres kerja, dan pelatihan karena hal-hal ini mungkin berkaitan dengan desain sistem manusia (International Ergonomics Association, 2000).

Ergonomi kognitif adalah bidang penting yang membantu menjaga kesehatan mental pekerja, dengan memperhatikan isu-isu penting seperti seberapa besar mereka perlu mengarahkan tenaga mental di tempat kerja, tingkat stres yang mereka hadapi, dan bagaimana hal ini memengaruhi kemampuan mereka untuk berkonsentrasi (Silva et al., 2024).

Ergonomi kognitif dapat meningkatkan efisiensi tempat kerja dengan mengoptimalkan interaksi manusia-sistem, mengurangi ketegangan mental, serta meningkatkan kinerja tugas dalam lingkungan yang kompleks. Selain itu, ergonomi kognitif tetap menjadi komponen penting dalam memastikan kesejahteraan dan efisiensi pekerja di lingkungan industri yang berteknologi maju. Seiring transisi industri ke ranah Industri 4.0 dan 5.0, di mana otomatisasi, kecerdasan buatan, dan robotika semakin terintegrasi, ergonomi kognitif telah

muncul sebagai faktor penting dalam merancang sistem yang memprioritaskan kesejahteraan manusia bersamaan dengan produktivitas. Salah satu kontribusi ergonomi kognitif yang paling menonjol adalah kemampuannya mengelola beban kerja kognitif di lingkungan yang ditandai oleh interaksi manusia-robot yang kompleks. Ergonomi kognitif menyediakan strategi untuk mengurangi ketegangan mental dengan mengoptimalkan cara mesin dan manusia berinteraksi, sehingga tugas-tugas dapat dilakukan secara efisien tanpa membebani operator (Hilmi et al., 2024).

Kemajuan dalam ergonomi kognitif, khususnya dalam domain kolaborasi manusia-mesin, manajemen beban kerja, dan aplikasi industri, terbukti sangat penting untuk mengoptimalkan kinerja manusia serta efisiensi di tempat kerja. Seiring transisi industri ke ranah Industri 4.0 dan 5.0, di mana otomatisasi, kecerdasan buatan, dan robotika semakin terintegrasi, ergonomi kognitif telah muncul sebagai faktor penting dalam merancang sistem yang memprioritaskan kesejahteraan manusia sekaligus produktivitas. Salah satu kontribusi ergonomi kognitif yang paling menonjol adalah kemampuannya mengelola beban kerja kognitif di lingkungan yang ditandai oleh interaksi manusia-mesin yang kompleks. Kolaborasi manusia-mesin mengharuskan individu untuk melakukan tugas-tugas yang membutuhkan perhatian berkelanjutan, pengambilan keputusan cepat, serta keseimbangan antara upaya mental dan fisik. Ergonomi kognitif menyediakan strategi untuk mengurangi ketegangan mental dengan mengoptimalkan cara mesin dan manusia berinteraksi, sehingga tugas-tugas dapat dilakukan secara efisien tanpa membebani operator. Hal ini mengurangi kelelahan

kognitif, meminimalkan risiko kesalahan manusia, dan meningkatkan kinerja tugas secara keseluruhan (Hilmi et al., 2024).

Manajemen beban kerja menjadi semakin penting seiring dengan integrasi teknologi yang semakin kompleks di industri. Beban kognitif yang berlebih dapat mengganggu pengambilan keputusan dan memperpanjang waktu penyelesaian tugas, sehingga berdampak negatif pada produktivitas. Ergonomi kognitif mengurangi tantangan ini dengan memastikan bahwa tuntutan kognitif pekerja selaras dengan kemampuan mereka. Dengan merancang tugas yang menggabungkan prinsip-prinsip ergonomi, industri dapat mencegah kelelahan kognitif dan kelelahan kerja, sehingga mempertahankan efisiensi operasional (Hilmi et al., 2024).

Ke depannya, integrasi ergonomi kognitif dengan teknologi baru seperti kecerdasan buatan, realitas virtual, dan perangkat yang dapat dikenakan memiliki potensi yang sangat besar. Sistem berbasis AI berpotensi beradaptasi secara dinamis dengan kondisi kognitif pekerja memberikan dukungan yang disesuaikan untuk meningkatkan pengambilan keputusan dan mengurangi ketegangan mental. Sementara itu, teknologi yang dapat dikenakan menawarkan pemantauan indikator fisiologis beban kerja kognitif secara *real-time*, memungkinkan penyesuaian proaktif yang dapat lebih meningkatkan keselamatan dan efisiensi (Hilmi et al., 2024).

3. Ergonomi dan organisasi kerja.

Ergonomi organisasi berkaitan dengan optimalisasi sistem sosioteknik, termasuk struktur organisasi, kebijakan, dan prosesnya. Topik yang relevan meliputi komunikasi, manajemen sumber daya kru, desain kerja, desain waktu kerja, kerja tim, desain partisipatif, ergonomi komunitas, kerja sama, paradigma kerja baru, organisasi

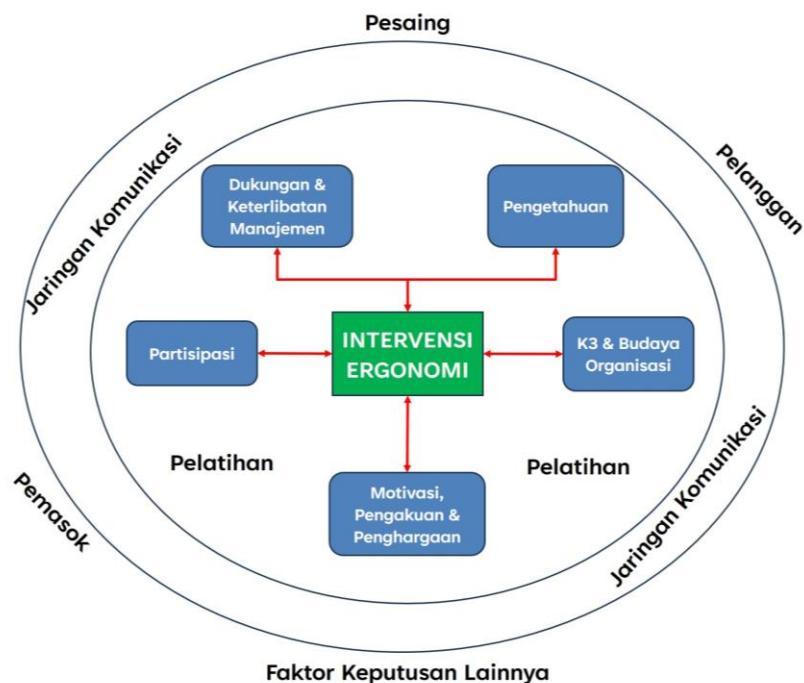
virtual, kerja jarak jauh, dan manajemen kualitas (International Ergonomics Association, 2000).

Pekerjaan dan organisasi bersifat multidimensional dan dapat memiliki banyak dampak positif atau negatif pada orang serta dapat dirancang ulang untuk mengakomodasi kebutuhan manusia dan organisasi. Memahami dampaknya terhadap manusia harus menjadi prioritas utama bagi perusahaan (Carayon & Smith, 2000).

Intervensi ergonomi pada organisasi harus dapat mengatasi semua masalah serta meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Masalah-masalah ini terkait dengan inovasi teknologi, perubahan organisasi, serta perubahan lingkungan. Teori ergonomi digunakan untuk memandu proses intervensi dan eksekusi melalui pelatihan bagi tenaga kerja. Evaluasi kinerja dan proses intervensi didasarkan pada empat prinsip, yaitu dukungan manajemen dan logistik, dukungan pengetahuan, evaluasi dan partisipasi staf, serta dorongan dan penetapan. Proses intervensi melalui pelatihan manajer, staf, dan anggota kelompok kerja ditetapkan dan sistem umpan balik disediakan dan dirancang dengan bantuan keempat prinsip ini (Abarghouei & Nasab, 2012).

Pelatihan memungkinkan transmisi pengetahuan organisasi dan membantu peserta memahami cara menerapkan intervensi ergonomi tertentu dalam berbagai kelompok kerja. Selain itu, pelatihan memastikan pemahaman mendalam tentang bagaimana sebenarnya menerapkan tindakan atau keputusan ergonomi. Intervensi ergonomi adalah proses jangka panjang yang membutuhkan dukungan berkelanjutan dari dewan manajemen (Abarghouei & Nasab, 2012).

Intervensi ergonomi juga mencakup lingkungan eksternal organisasi dan budaya organisasi sebagai elemen utama, bersama dengan keterlibatan manajemen dan dukungan, pengetahuan, motivasi melalui pengakuan dan penghargaan, serta partisipasi. Tentu saja, komunikasi dan umpan balik tetap menjadi penghubung antara elemen-elemen di atas dan bertujuan untuk menciptakan konteks internal yang tepat untuk intervensi ergonomi yang sukses (Boatca & Cirjaliu, 2015). Model intervensi ergonomi dapat dilihat pada Gambar 10.



Sumber: Boatca & Cirjaliu, (2015)

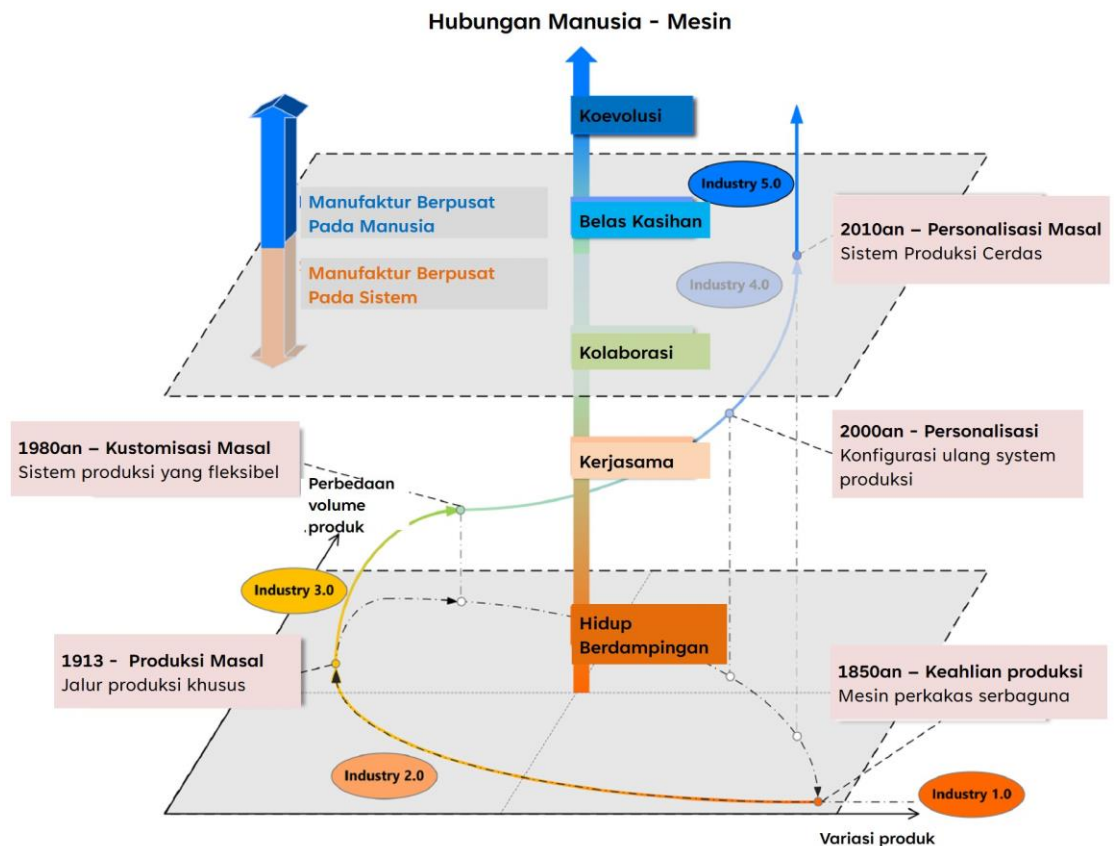
Gambar 10 Model intervensi ergonomi pada organisasi.

Manfaat intervensi ergonomi dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu manfaat langsung berupa peningkatan efisiensi biaya dan waktu kerja dan manfaat tidak langsung yaitu memberikan lingkungan yang aktif dan terus berkembang (Abarghouei & Nasab, 2012).

E. Sistem Manusia dan Mesin

1. Manufaktur yang Berpusat Pada Manusia

Manufaktur berpusat pada manusia merupakan prasyarat bagi industri masa depan yang berupaya meningkatkan fleksibilitas, ketangkasan, dan daya saing dalam menghadapi tantangan sosial baru. Prinsip dasar berpusat pada manusia adalah bahwa “manusia tidak boleh tunduk pada mesin dan otomatisasi, tetapi mesin dan otomatisasi harus tunduk pada manusia”. Secara praktis, manufaktur yang berpusat pada manusia mengacu pada praktik manufaktur yang menempatkan kesejahteraan manusia di pusat sistem dan proses manufaktur, menyediakan lingkungan yang aman, nyaman, dan memotivasi untuk bekerja, belajar, dan berkembang, sehingga menciptakan lingkaran kebajikan di mana kesejahteraan individu dan pertumbuhan manufaktur yang berkelanjutan saling memperkuat (Lu et al., 2022). Paradigma manufaktur telah banyak berevolusi, didorong oleh kemajuan teknologi transformatif yang terkait dengan lima Revolusi Industri, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 11.



Sumber: Lu et al., 2022

Gambar 11 Evolusi hubungan manusia-mesin menuju manufaktur yang berpusat pada manusia.

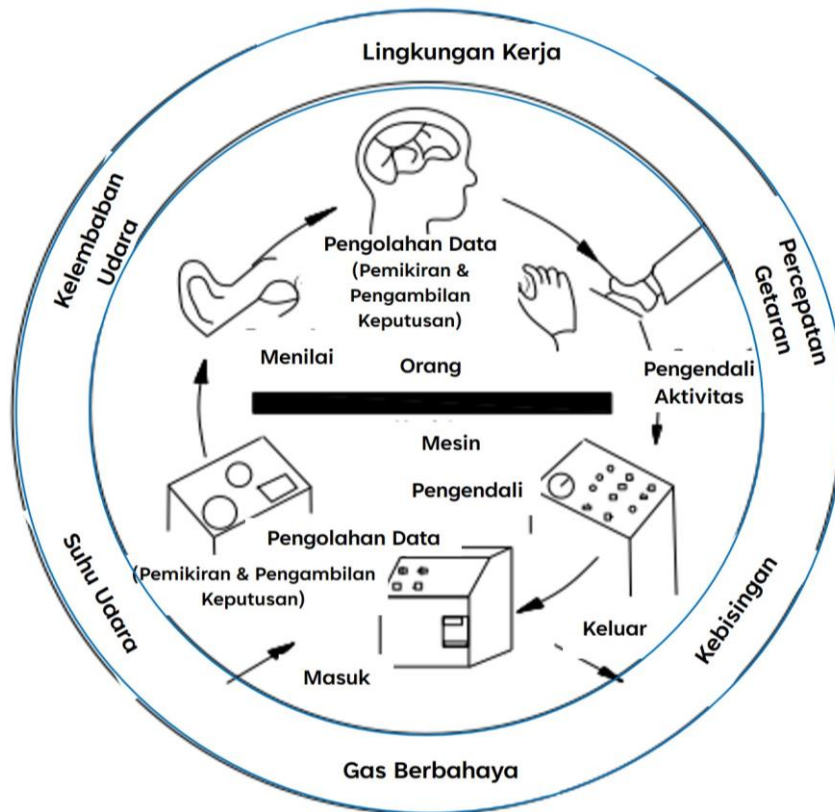
Bersama dengan Revolusi Industri dan perubahan paradigma manufaktur, muncul pula evolusi hubungan manusia-mesin, sebuah perjalanan 5C: Koeksistensi, Kerja Sama, Kolaborasi, Kasih Sayang, dan Koevolusi. Selama Revolusi Industri Pertama dan Kedua, mesin-mesin diperkenalkan ke pabrik-pabrik, menciptakan hubungan koeksistensi yang dingin, di mana mesin-mesin hanya menjadi alat sederhana bagi manusia atau bekerja secara mandiri. Selama Revolusi Industri Ketiga, mesin-mesin yang dapat dikonfigurasi ulang dan jalur produksi menciptakan tim manusia-mesin yang kooperatif dalam proses manufaktur terintegrasi. Manusia dan mesin berbagi ruang kerja yang sebagian tumpang tindih dan terkadang, untuk sementara,

berbagi beberapa sumber daya fisik, kognitif, dan komputasi, tetapi tidak bekerja secara bersamaan pada tugas yang sama. Dalam Revolusi Industri Keempat, mesin-mesin cerdas bekerja bersama manusia di ruang kerja, dengan tujuan yang jelas untuk menyelesaikan tugas melalui aktivitas interaktif yang disinkronkan antara semua pihak dengan identitas tim yang sama. Pada Revolusi Industri Kelima, manusia bekerja sama dengan robot dalam tim untuk menyelesaikan tugas produksi (Lu et al., 2022).

Tidak seperti revolusi sebelumnya, Industri 5.0 mendefinisikan kembali hubungan manusia-mesin dengan mengembalikan aspek manusia ke dalam proses produksi. Hal ini secara praktis membalikkan arah hubungan yang selama ini berfokus pada pengembangan solusi teknis khusus untuk mesin. Hubungan kolaboratif mendominasi, dengan isu empati dan koevolusi yang masih menjadi fokus ke depan. Intinya adalah isu kepercayaan dan otomatisasi. Perubahan dalam hubungan ini melibatkan serangkaian ketergantungan dan tantangan yang bersifat sosial dan hukum. Ini menjanjikan masa depan bersama yang baru, di mana kebutuhan sosial dan tanggung jawab atas barang yang disediakan menjadi tujuan utama dalam manufaktur. Pada saat yang sama, hal ini menimbulkan banyak pertanyaan terkait peta jalan pengembangan. Berbagai bagian memerlukan pengembangan metode, teknik, dan praktik terbaik untuk sepenuhnya memahami potensi yang ada dalam hubungan manusia-mesin, yang akan menjadi subjek penelitian lebih lanjut (Pizoń & Gola, 2023).

Hubungan manusia–mesin tidak dapat dilepaskan dengan lingkungan kerja, dimana manusia melakukan aktivitas bersama dengan mesin. Lingkungan kerja dapat berupa efek dari aktivitas mesin. Misalnya, suhu lingkungan terus meningkat akibat pembakaran bahan bakar

untuk mengoperasikan mesin. Hubungan antara manusia, mesin, dan lingkungan dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 12.

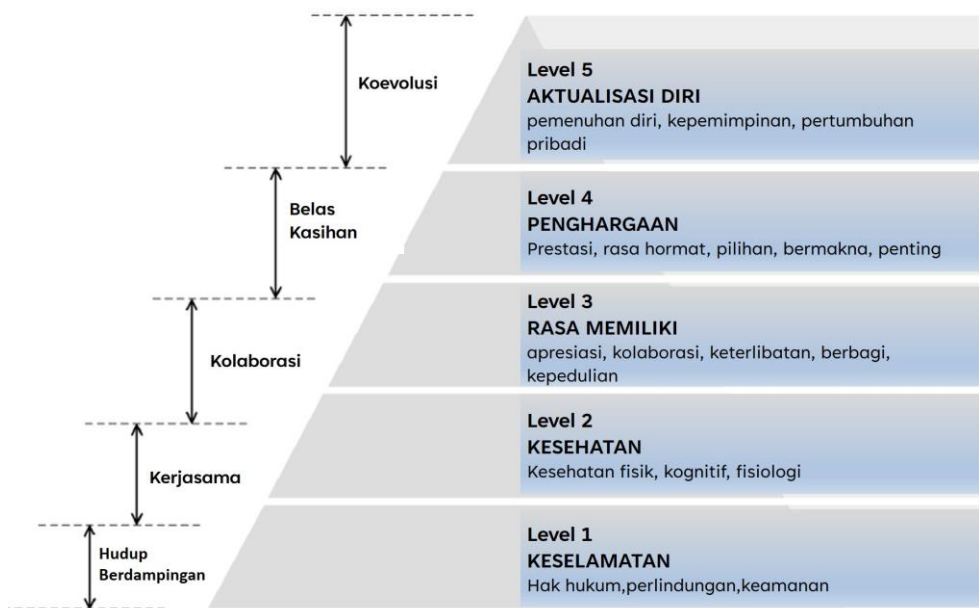


Sumber: Song & Xie, 2014

Gambar 12 Hubungan manusia, mesin, dan lingkungan.

2. Piramida Kebutuhan Manusia dan Industri

Kebutuhan manusia dalam industri dapat digambarkan dalam bentuk piramida sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 13. Terdapat lima tingkatan kebutuhan manusia industri yang menunjukkan perkembangan dari memenuhi kebutuhan keselamatan dasar manusia hingga pertumbuhan pribadi (Lu et al., 2022).



Sumber: Lu et al., 2022

Gambar 13 Peta hubungan manusia-mesin dalam piramida kebutuhan manusia industri.

Level 1: Keselamatan.

Keselamatan fisik adalah aspek pertama yang harus dipastikan dalam lingkungan manufaktur. Metode perlindungan saat ini di industri manufaktur melihat perpaduan antara pemisahan dan perlindungan reaktif antara mesin dan manusia. Mekanisme perlindungan perlu berevolusi menjadi perlindungan proaktif, di mana lingkungan dapat merasakan dan memprediksi perilaku pekerja serta secara adaptif merencanakan dan melaksanakan interaksi manusia-mesin yang aman. Hak-hak hukum pekerja industri juga dijamin pada tingkat ini.

Level 2: Kesehatan.

Tingkat 2 perlu mengacu pada lingkungan kerja yang sehat. Berbeda dengan Tingkat 1, yang berfokus pada bahaya keselamatan, kesehatan fisik pada tingkat ini mengacu pada lingkungan yang meminimalkan gerakan, postur, atau pola kerja yang berisiko dan dapat menyebabkan cedera muskuloskeletal jangka panjang. Penelitian harus mencakup

perancangan stasiun kerja statis yang sadar ergonomi, alat operasi, antarmuka kontrol, serta alur kerja dinamis untuk meminimalkan risiko fisik. kelelahan. Lingkungan manufaktur juga harus menyediakan tugas bernilai tinggi untuk menjaga keterlibatan pekerja sambil meminimalkan beban kerja kognitif agar pekerja tetap sehat secara mental. Kesehatan psikologis juga terjamin pada tingkat ini.

Level 3: Rasa kepemilikan.

Level ini mulai menanggapi atribut sosial para pekerja. Manusia adalah spesies sosial yang bergantung pada kerja sama untuk bertahan hidup dan berkembang. Rasa kepemilikan mengacu pada kebutuhan emosional manusia akan hubungan interpersonal, afiliasi, keterhubungan, dan menjadi bagian dari suatu kelompok. Contoh kebutuhan rasa kepemilikan meliputi persahabatan, keintiman, kepercayaan, penerimaan, pemberian dan penerimaan kasih sayang, serta penghargaan. Manusia harus menjadi bagian aktif dari tim manusia-mesin dengan peran yang khas dalam keberhasilan tim. Lingkungan manufaktur yang memenuhi kebutuhan manusia Level 3 akan membuat manusia dan mesin membentuk hubungan yang dapat dipercaya, berkolaborasi untuk tujuan bersama melalui pemahaman, komunikasi, berbagi, serta kepedulian dua arah yang aktif dan empatik.

Level 4: Penghargaan.

Kebutuhan harga diri mencakup kepercayaan diri, kekuatan, keyakinan diri, penerimaan pribadi dan sosial, serta rasa hormat dari orang lain. Kebutuhan ini diwakili sebagai salah satu tahapan penting dalam mencapai aktualisasi diri. Apakah terpenuhinya kebutuhan harga diri merupakan titik balik ketika pekerja beralih dari "bersedia bekerja" menjadi "senang bekerja"? Meskipun harga diri adalah kualitas internal,

manusia tetap dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti validasi dan persetujuan dari rekan kerja.

Level 5: Aktualisasi Diri.

Aktualisasi diri mengacu pada realisasi potensi pribadi, pemenuhan diri, pencarian pertumbuhan pribadi dan pengalaman puncak. Pada level ini, tenaga kerja mendefinisikan peran kerja mereka terutama sebagai sumber pemenuhan kebutuhan pribadi. Mereka menerima diri mereka sendiri dan orang lain, memelihara hubungan yang dalam dan bermakna, serta selalu memiliki rasa tujuan dan menanamkannya secara spontan dalam aktivitas operasional rutin. Pada tingkat ini, sistem dan proses manufaktur memberikan pengalaman belajar bersama dan eksplorasi bersama yang dipersonalisasi kepada pekerja industri, yang mengarah pada pembelajaran dua arah dan evolusi bersama antara agen manusia dan mesin (Lu et al., 2022).

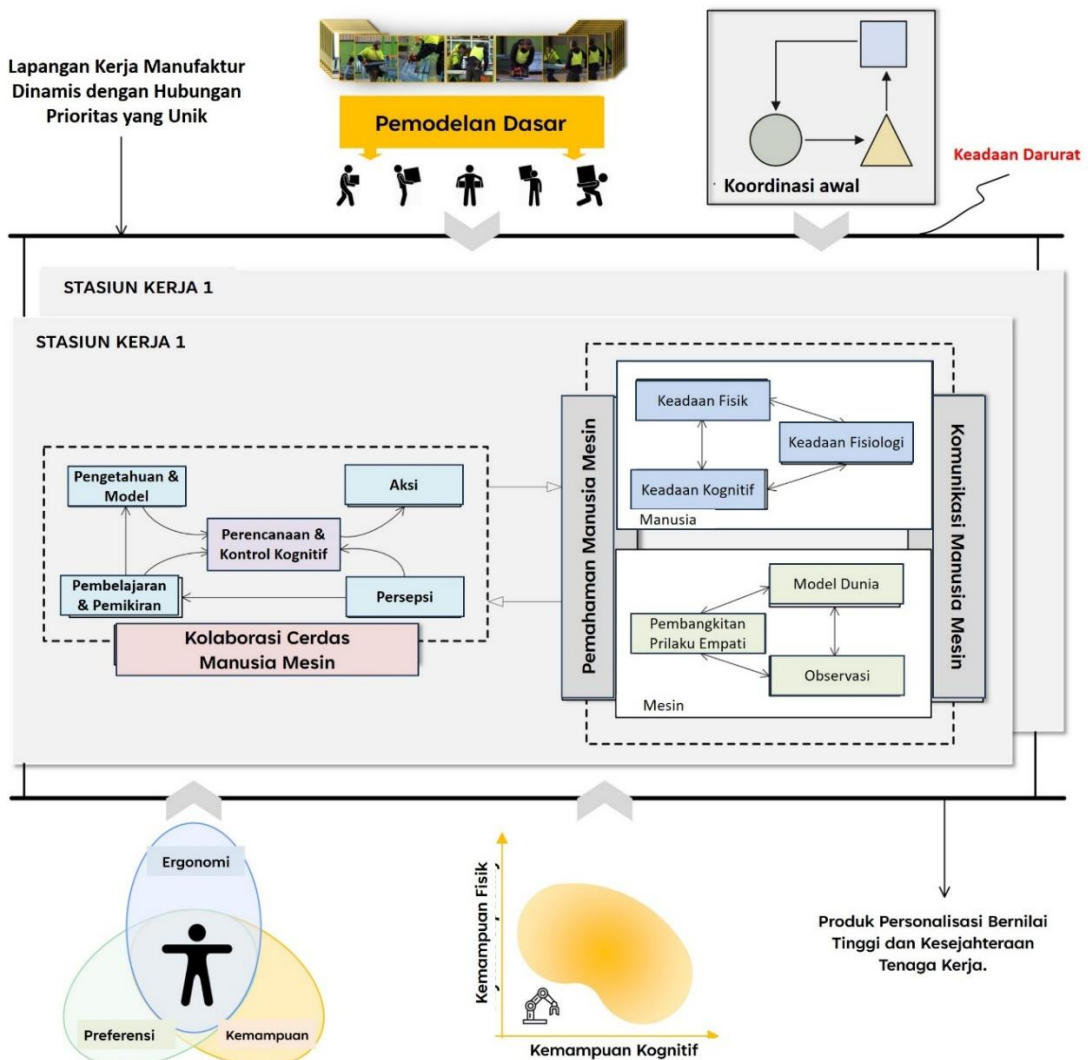
3. Sistem Manufaktur yang Berpusat pada Manusia

Perubahan paradigma manufaktur, teknologi otomatisasi, dan nilai-nilai sosial dengan cepat menciptakan lebih banyak pekerjaan manufaktur yang menuntut kreativitas, pengambilan keputusan autentik, serta pemecahan masalah yang fleksibel. Daftar pekerjaan manufaktur yang dinamis dan unik dimasukkan ke dalam tim manusia-mesin. Sistem manufaktur menyimpan perpustakaan tugas manufaktur dasar, seperti permesinan, pengangkatan, dan pengeboran. Tugas manufaktur dasar ini dapat dikumpulkan untuk menghasilkan pekerjaan manufaktur yang dipersonalisasi. Untuk setiap tugas dasar, akan dibuat 2 model. Model pertama menentukan kemampuan manufaktur yang dibutuhkan serta sumber daya manufaktur yang tersedia (termasuk sumber daya manusia). Model kedua adalah profil dampak kesejahteraan manusia yang mengukur beban fisik, kognitif, dan psikologis dari suatu tugas

yang dibebankan kepada manusia jika tugas tersebut dapat dilakukan oleh pekerja industri. Beban fisik akan dinilai pada tingkat sendi tubuh dan kelompok otot manusia secara individual (Lu et al., 2022).

Masalah kontrol dan optimasi yang kritis pada sistem manufaktur yang berpusat pada manusia ini mengacu pada masalah alokasi tugas multiagen kooperatif terdistribusi (antara manusia dan mesin). Ini berbeda dari penjadwalan dan kontrol produksi tradisional karena kesejahteraan dan kebebasan kerja manusia perlu dioptimalkan sembari memastikan produktivitas sistem tetap baik. Kolaborasi tim yang sangat dinamis dan bahkan kontingensi, yang dihasilkan dari kebebasan maksimum yang diberikan kepada pekerja industri, akan secara langsung menyebabkan kerusakan pada algoritma penjadwalan produksi terpusat tradisional (Lu et al., 2022).

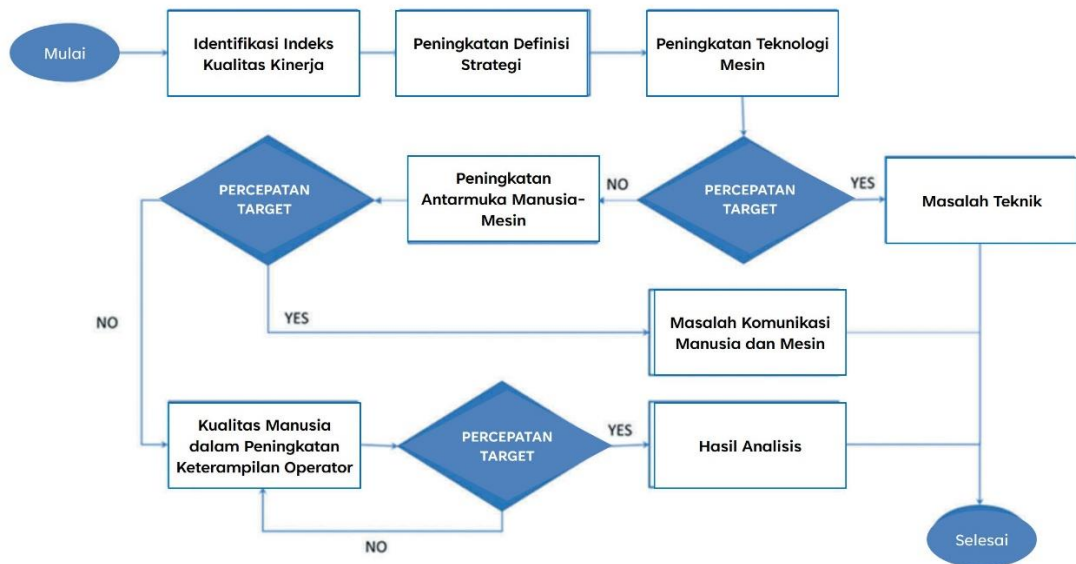
Sistem manufaktur berpusat pada manusia dapat membangun hubungan yang dapat dipercaya dengan manusia melalui komunikasi proaktif, pemahaman empatik, dan kolaborasi yang didorong oleh kebutuhan, yang mengarah pada tim manusia-mesin berkinerja tinggi serta proses manufaktur yang produktif namun fleksibel. Gambar 14 menyajikan kerangka kerja untuk sistem manufaktur yang berpusat pada manusia dalam lingkungan manufaktur yang tidak terstruktur dan terdistribusi untuk memungkinkan otomatisasi manufaktur yang sangat fleksibel dari produk yang dipersonalisasi (Lu et al., 2022).



Sumber: Lu et al., 2022

Gambar 14 Kerangka sistem manufaktur cerdas yang berpusat pada manusia.

Tantangan Perusahaan agar tetap kompetitif dan menjadi protagonis di pasar bukan hanya masalah teknologi, tetapi juga masalah keterampilan. Gambar 15 menunjukkan kerangka kerja peningkatan yang berfokus pada kualitas manusia.



Sumber: (Nardo et al., 2020)

Gambar 15 Kerangka kerja implementasi kualitas pekerja.

Perusahaan yang cerdas perlu berinvestasi dalam pelatihan dan pembaruan keterampilan. Guna mencapai hal tersebut, manajemen sumber daya manusia yang unggul harus mencapai tujuan-tujuan berikut (Nardo et al., 2020):

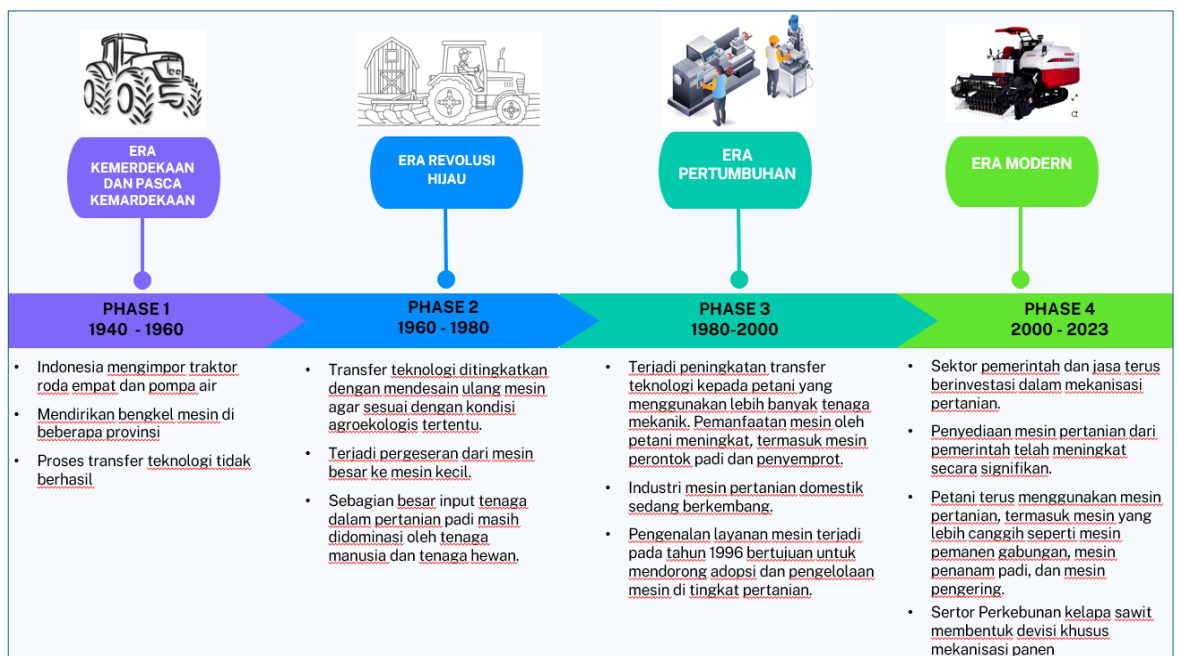
- peningkatan dinamika antarindividu dalam tim kerja yang sama;
- peningkatan berkelanjutan dalam pengorganisasian kerja antar tim yang berbeda;
- pengembangan pribadi secara menyeluruh; dan
- pengembangan keterampilan dan pengetahuan yang terus meningkat pada setiap operator.

BAB 3. DASAR-DASAR MEKANISASI PERTANIAN

A. Definisi Mekanisasi Pertanian

Mekanisasi pertanian merupakan penggunaan tenaga mesin untuk menggantikan tenaga kerja manusia dan hewan dalam produksi tanaman biji-bijian (Zou et al., 2024). Mekanisasi telah mengubah pertanian secara signifikan dengan meningkatkan produktivitas dan efisiensi (Keikha et al., 2025). Mekanisasi adalah konsep multidimensi dan banyak digunakan dalam pertanian (Emami et al., 2018). Mekanisasi memainkan peran penting dalam produksi ekonomi barang pertanian dengan meningkatkan kapasitas manusia, meningkatkan efisiensi, dan mengoptimalkan penggunaan input seperti pupuk, benih, dan pestisida (Mirpanahi et al., 2023). Beberapa negara berkembang telah meningkatkan penerapan mekanisasi pertanian. Bangladesh, misalnya, yang telah menerapkan mekanisasi pada pengolahan tanah, meskipun aktivitas budi daya lainnya belum menerapkan mekanisasi (Rahman et al., 2021). Hal serupa terjadi di Afrika, yang menjadikan mekanisasi sebagai prioritas utama pembangunan pertanian. Namun, masih terdapat mitos tentang mekanisasi pertanian karena kurangnya bukti yang mendukung kinerjanya (Daum & Birner, 2020).

Pemerintah Indonesia telah memprioritaskan penerapan mekanisasi pertanian untuk meningkatkan produksi beras, yang merupakan pangan pokok utama rakyat Indonesia. Perkembangan mekanisasi pertanian terbagi menjadi 4 fase, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 16.

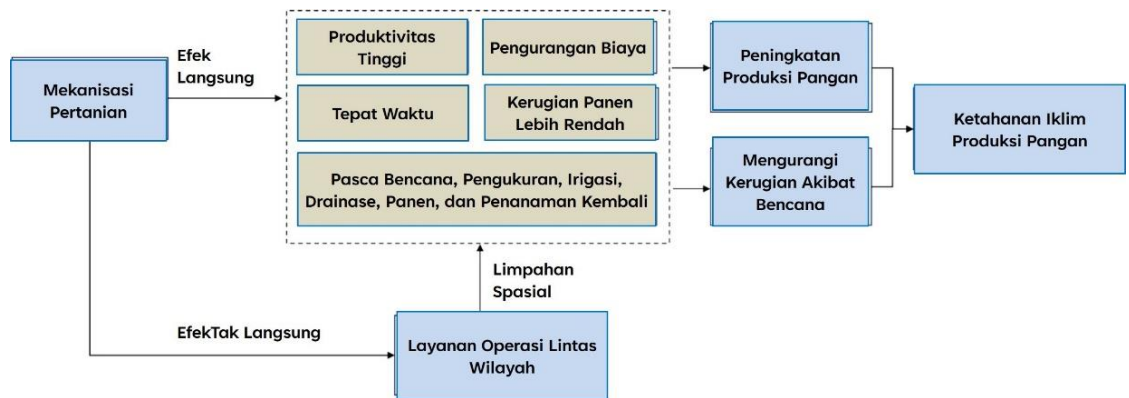


Sumber: Winarno et al., 2025

Gambar 16 Fase perkembangan mekanisasi pertanian di Indonesia.

B. Peran Mekanisasi Pertanian

Teori produksi dalam mikroekonomi dan ekonomi pertanian menunjukkan bahwa mesin, tenaga kerja, lahan, dan pupuk merupakan faktor input yang paling langsung dan penting bagi produksi pangan. Penerapan mekanisasi pertanian pada seluruh proses produksi pangan, termasuk pembajakan, penanaman, pemberian pupuk, drainase dan irigasi, pengelolaan lahan, dan panen, dengan praktik mekanis khusus telah meningkatkan produktivitas lahan, memperluas area budi daya, dan meningkatkan kualitas operasi, sehingga berkontribusi pada peningkatan produksi pangan. Selain itu, mekanisasi dapat menurunkan biaya produksi per unit tanaman, membantu meningkatkan ketepatan waktu operasi dalam rantai produksi pertanian, serta mengurangi kerugian pangan pascapanen melalui teknologi pengawetan dan penyimpanan (Fang et al., 2024). Kerangka teoritis mengenai pengaruh mekanisasi pertanian terhadap ketahanan iklim dalam produksi pangan dapat dilihat pada Gambar 17.



Sumber: Fang et al., 2024

Gambar 17 Kerangka teoritis pengaruh mekanisasi pertanian terhadap ketahanan iklim pada produksi pangan.

Penerapan mekanisasi pertanian telah terbukti dapat mengurangi kebutuhan energi dan meningkatkan efisiensi. Pengolahan tanah konvensional membutuhkan total energi sebesar 49.612,99 MJ per hektare, sedangkan penggunaan mekanisasi membutuhkan total energi sebesar 37.972,36 MJ per hektare. Selain itu, pengolahan tanah dengan sistem mekanisasi pertanian akan menghemat tenaga kerja, dan berkurangnya penggunaan pupuk kimia maupun biosida (Keikha et al., 2025). Penerapan mekanisasi secara penuh dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi sebesar 8,56%, produktivitas energi sebesar 8,61%, dan profitabilitas energi sebesar 9,49% dibandingkan dengan semi mekanis (Yang et al., 2022).

Efisiensi teknis pada aktivitas usaha tani juga dapat ditingkatkan melalui penerapan mekanisasi dari 0,74 menjadi 0,80. Pada fase pembajakan, mekanisasi tidak memberikan dampak efisiensi teknis yang signifikan, tetapi pada tahap aplikasi kimia, mekanisasi memberikan dampak efisiensi teknis yang positif. Aplikasi kimia dengan mesin dapat menghemat input, dan dengan demikian meningkatkan produktivitas pertanian (Min et al., 2021). Selain itu, penerapan

mekanisasi dapat mengurangi pembakaran jerami dan memberikan manfaat lingkungan yang signifikan (Z. Zhou et al., 2025), serta mengurangi dampak perubahan iklim, meningkatkan produksi pangan, dan mengurangi kerugian akibat bencana. Setiap peningkatan 1% mekanisasi pertanian akan meningkatkan produksi pangan sebesar 0,762 (Fang et al., 2024). Namun, mekanisasi pertanian berdampak negatif terhadap perkembangan ekonomi, terutama terkait output sektor pertanian, industri, dan jasa. Hal ini karena mesin dapat dengan mudah menggantikan tenaga kerja dalam produksi tanaman biji-bijian. Oleh karena itu, petani cenderung menanam lebih banyak tanaman biji-bijian dan lebih sedikit tanaman non-biji-bijian. Fenomena ini dapat menyebabkan penurunan nilai hasil pertanian karena keuntungan ekonomi per satuan luas lebih tinggi pada tanaman non-biji-bijian dibandingkan tanaman biji-bijian. Penurunan dalam budi daya tanaman non-biji-bijian dan peralihan dari tenaga kerja ke mesin juga dapat menyebabkan penurunan pasokan tenaga kerja di sektor pertanian. Mayoritas petani akan mencari pekerjaan di luar daerah atau di kota-kota besar tempat pendapatan yang lebih tinggi dapat diperoleh. Migrasi pedesaan ini biasanya melibatkan kaum muda, yang menyebabkan penurunan pasokan tenaga kerja lokal dan permintaan konsumsi rumah tangga, serta penurunan investasi dalam aset tetap sosial, sehingga mengikis nilai *output* sektor industri dan jasa lokal (Zou et al., 2024).

C. Klasifikasi Alat dan Mesin Pertanian Pada Aktivitas Budi Daya Padi Sawah

Pada saat ini, sebagian besar petani telah menggunakan alat dan mesin pertanian dalam aktivitas padi sawah. Meskipun di beberapa daerah aktivitas tanam masih belum banyak yang menggunakan mesin penanam padi. Hal ini disebabkan oleh budaya gotong royong yang

melibatkan masyarakat setempat dalam menanam padi. Alat dan mesin yang digunakan pada aktivitas budi daya padi terdiri atas:

1. Traktor Pertanian

Traktor pertanian terdiri atas dua jenis, yaitu traktor tangan atau traktor roda dua dan traktor roda empat. Mesin tersebut banyak digunakan untuk kegiatan pengolahan tanah dan pengangkutan hasil panen. Pada aktivitas pengolahan tanah, traktor akan dipasangkan dengan implemen berupa bajak atau gelebek. Sumber tenaga gerak traktor adalah mesin diesel. Secara umum, besarnya daya traktor roda empat bantuan pemerintah adalah 95 HP, sedangkan untuk traktor roda dua adalah 9 HP.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gambar 18 Pengolahan tanah menggunakan traktor roda empat.

2. Pompa Air

Pompa air digunakan untuk kegiatan pengairan terutama pada lahan pertanian yang memiliki ketinggian di bawah permukaan air sehingga mengandalkan air hujan. Aktivitas pengairan dilakukan sebelum pengolahan tanah, setelah pengolahan tanah, dan selama proses budi daya padi sawah yang disesuaikan dengan

fase pertumbuhan tanaman. Pompa yang umum digunakan adalah pompa sentrifugal dengan tenaga gerak dari mesin diesel 9 HP.



Sumber: agroindonesia.co.id

Gambar 19 Pengairan lahan sawah menggunakan pompa sentrifugal.

3. Mesin Penanam Padi

Mesin penanam padi merupakan peralatan pertanian yang dirancang untuk membantu proses penanaman bibit padi agar lebih cepat, rapi, dan efisien dibandingkan dengan cara manual. Penggunaan alat ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja petani, mengurangi kebutuhan tenaga kerja, serta menghasilkan jarak tanam yang seragam sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih optimal. Alat tanam ini pada umumnya digerakkan oleh mesin diesel 4,5 HP.



Sumber: pertanian.go.id

Gambar 20 Penanaman padi menggunakan *transplanter*.

4. *Power Thresher*

Power thresher merupakan alat perontok padi yang telah dipanen. Alat ini pada umumnya didatangkan ke lokasi panen dan sering kali desainnya disatukan dengan roda agar mudah dipindahkan. Pada umumnya, mesin ini menggunakan tenaga gerak motor diesel 8,5 HP.



Sumber: pertanian.go.id

Gambar 21 Perontokan padi menggunakan *power thresher*.

5. *Combine Harvester*

Combine harvester adalah mesin yang dapat mengerjakan dua aktivitas, yaitu memanen dan merontokkan padi. Dengan alat ini,

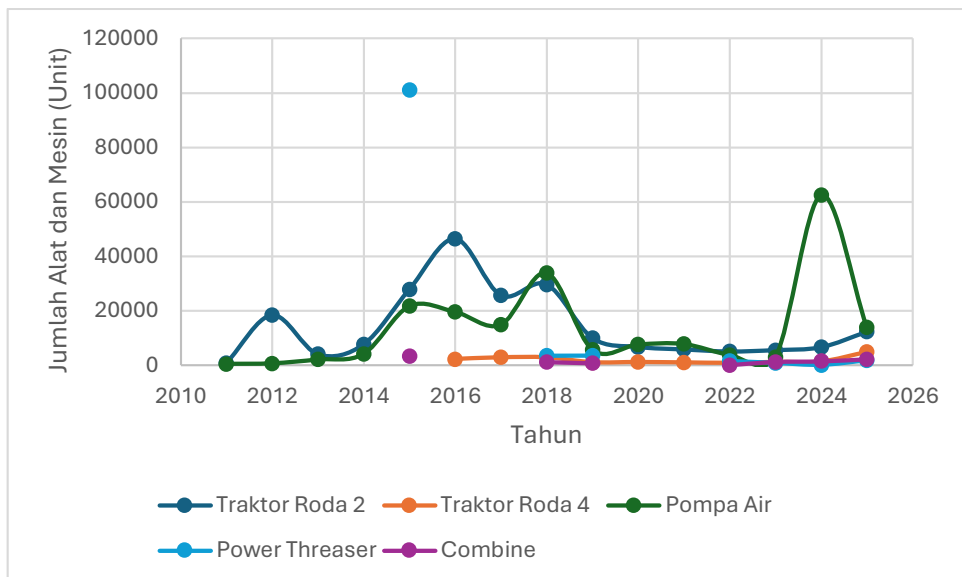
padi hasil panen langsung dikemas dalam karung sehingga petani dapat segera mengeringkannya di lantai jemur atau menggunakan mesin pengering.



Sumber: dokumentasi pribadi

Gambar 22 Panen menggunakan *combine harvester*.

Upaya pemerintah untuk meningkatkan mekanisasi pertanian dilakukan melalui pemberian bantuan alat dan mesin pertanian. Pada periode 2011 hingga 2025, bantuan alat dan mesin pertanian yang diberikan pemerintah berfluktuasi dan bergantung pada ketersediaan anggaran. Gambaran jumlah alat dan mesin pertanian bantuan pemerintah dapat dilihat pada Gambar 23.



Sumber: diolah dari Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian 2015, 2019, dan 2025

Gambar 23 Fluktuasi alat dan mesin pertanian bantuan pemerintah.

Ketersediaan alat dan mesin pertanian ini memengaruhi tingkat mekanisasi pertanian. Level mekanisasi pertanian dihitung berdasarkan perbandingan antara ketersediaan tenaga mesin pertanian dalam satuan *horsepower* (HP) dengan luas baku sawah dalam satuan hektare yang merupakan adaptasi dari penelitian (Winarno et al., 2025). Ketersediaan alat dan mesin pertanian bantuan pemerintah secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data sebaran alat dan mesin pertanian di Indonesia pada aktivitas budi daya padi sawah.

No	Provinsi	Pengolahan Tanah		Pengairan	Penanaman	Pemanenan dan Perontokan	
		Traktor Roda 2	Traktor Roda 4	Pompa Air	<i>Rice Transplanter</i>	<i>Combine Harvester</i>	<i>Power Threaser</i>
1	Aceh	8.906	1.095	6.954	765	384	2.634
2	Sumatera Utara	10.001	1.002	7.517	1.083	403	3.682
3	Sumatera Barat	4.921	238	3.237	459	89	7.974
4	Riau	2.285	264	2.968	501	89	1.377
5	Jambi	3.391	228	3.391	544	193	2.084
6	Sumatera Selatan	10.724	1.249	8.711	1.227	702	13.530
7	Bengkulu	1.911	147	1.525	255	92	1.078
8	Lampung	9.004	1.023	10.331	1.558	720	3.653
9	Bangka Belitung	853	101	776	209	49	211
10	Kepulauan Riau	123	39	195	46	-	23
11	DKI Jakarta	-	4	30	122	-	-
12	Jawa Barat	20.516	770	24.695	1.635	624	8.543
13	Jawa Tengah	23.122	1.177	20.396	2.660	1.077	22.641
14	DI Yogyakarta	1.666	56	1.515	460	63	2.794
15	Jawa Timur	25.823	1.507	20.865	3.536	1.202	1.453
16	Banten	5.294	317	5.793	456	150	6.383
17	Bali	3.634	98	1.738	398	30	368
18	Nusa Tenggara Barat	6.129	329	9.597	567	270	853
19	Nusa Tenggara Timur	5.306	849	8.241	646	151	2.411
20	Kalimantan Barat	6.364	356	6.235	231	227	1.571
21	Kalimantan Tengah	4.926	640	3.984	718	321	1.528
22	Kalimantan Selatan	7.221	611	5.055	812	412	5.385
23	Kalimantan Timur	2.005	250	2.150	365	83	1.381
24	Kalimantan Utara	584	69	1.171	85	12	209

No	Provinsi	Pengolahan Tanah		Pengairan	Penanaman	Pemanenan dan Perontokan	
		Traktor Roda 2	Traktor Roda 4	Pompa Air	<i>Rice Transplanter</i>	<i>Combine Harvester</i>	<i>Power Threaser</i>
25	Sulawesi Utara	2.465	447	1.869	437	70	1.463
26	Sulawesi Tengah	3.793	377	2.999	751	154	376
27	Sulawesi Selatan	22.570	2.548	21.625	1.999	1.450	13.320
28	Sulawesi Tenggara	4.836	790	4.272	658	289	1.417
29	Gorontalo	2.158	392	2.766	299	56	509
30	Sulawesi Barat	2.301	284	2.168	335	118	412
31	Maluku	1.588	245	1.898	272	67	715
32	Maluku Utara	1.416	232	1.368	258	44	163
33	Papua Barat	1.368	121	991	287	33	195
34	Papua Barat Daya	-	19	165	-	-	-
35	Papua	1.666	209	1.366	743	67	1.470
36	Papua Selatan	65	426	1.580	-	212	12
37	Papua Tengah	7	4	124	1	2	-
38	Papua Pegunungan	2	25	59	-	-	-
Indonesia		208.944	18.538	200.320	25.378	9.905	111.818

Sumber: diolah dari (Kementerian Pertanian, 2023; Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2015, 2019, 2025)

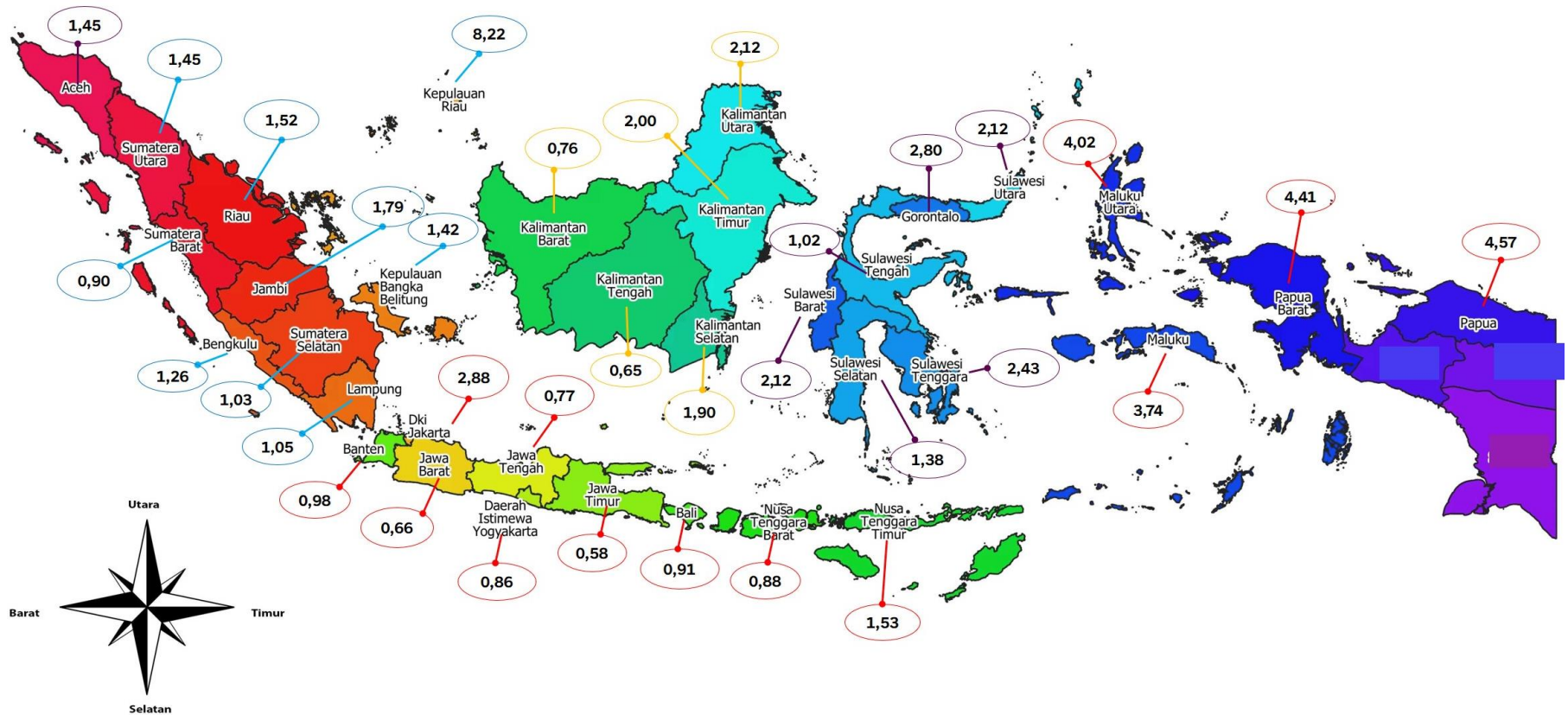
D. Level dan Strategi Mekanisasi Pertanian di Indonesia

Mekanisasi pertanian merupakan instrumen penting untuk meningkatkan efisiensi usaha tani serta daya saing produk pangan dan pertanian di Indonesia. Selama periode 2015–2017, kebijakan dan program mekanisasi pertanian mengalami banyak perubahan, termasuk peningkatan jumlah dan ragam bantuan alsintan kepada petani (Sulaiman et al., 2018). Kemajuan mekanisasi pertanian di Indonesia dipengaruhi oleh transformasi sistem pangan, transformasi struktural, situasi politik, dan prioritas pemerintah (Winarno et al., 2025). Indikator umum yang digunakan untuk mengukur kemajuan pengembangan mekanisasi pertanian adalah besarnya daya mesin (hp) terhadap luas areal pertanian (Wijaya & Nurcahyo, 2023; Winarno et al., 2025). Level mekanisasi pertanian dihitung berdasarkan perbandingan antara ketersediaan tenaga mesin pertanian dalam satuan *horsepower* (HP) dengan luas baku sawah dalam satuan hektare yang merupakan adaptasi dari penelitian (Winarno et al., 2025) dengan persamaan sebagai berikut;

$$LM = HP/LH \quad (1)$$

Keterangan: LM adalah tingkat mekanisasi pertanian (hp/ha), HP adalah ketersediaan tenaga mesin (hp), dan LH adalah luas baku sawah (ha).

Analisis data level mekanisasi dilakukan menggunakan data ketersediaan serta daya alat dan mesin pada aktivitas budi daya padi sawah yang terdapat pada statistik sarana pertanian 2011 sampai dengan 2025 (Kementerian Pertanian, 2023; Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2015, 2019, 2025) sedangkan luas baku sawah diperoleh dari peta sebaran fase pertanaman padi sawah di Indonesia (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2024). Hasil analisis yang lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 24.



Keterangan: satuan (HP/Ha), Sumber Gambar: <https://www.resourcefulindonesian.com/mapping-indonesia.html>

Gambar 24. Peta level mekanisasi pertanian pada aktivitas budi daya padi sawah di Indonesia.

Berdasarkan Gambar 24, terlihat bahwa tingkat mekanisasi pertanian di Indonesia antardaerah bervariasi, dengan rata-rata 1 HP/Ha. Nilai tersebut sudah jauh meningkat dibandingkan dengan hasil analisis level mekanisasi pertanian yang dilakukan Winarno et al., (2025). Analisis tersebut menyatakan bahwa rata-rata tingkat mekanisasi pertanian di Indonesia pada tahun 2001 hanya 0,44 HP/Ha. Peningkatan ini menunjukkan bahwa keseriusan pemerintah melalui Kementerian Pertanian untuk meningkatkan efisiensi pada aktivitas usaha tani.

Bantuan alat dan mesin pertanian yang diberikan pemerintah sesungguhnya hanya sebagai stimulan untuk memberikan *multiple effect* bagi peningkatan perekonomian daerah melalui sektor pertanian. Analisis level mekanisasi tersebut hanya didasarkan pada data alat dan mesin pertanian bantuan pemerintah, dan pada kondisi nyata, beberapa kelompok masyarakat telah banyak yang secara mandiri membeli alat dan mesin pertanian untuk digunakan sendiri atau disewakan. Alat dan mesin pertanian yang paling banyak dibeli oleh masyarakat secara mandiri adalah *combine harvester* dan traktor tangan. Alat dan mesin pertanian yang dibeli oleh masyarakat tersebut belum dimasukkan dalam analisis tingkat mekanisasi pertanian pada buku ini. Selain itu, alat dan mesin pertanian juga banyak digunakan pada sektor Perkebunan, terutama perkebunan kelapa sawit. Hal ini mengingat Indonesia merupakan produsen utama minyak sawit dunia dengan pangsa pasar mencapai 58,47 persen (United State Department of Agriculture, 2025). Produksi minyak sawit Indonesia dihasilkan dari lahan kebun sawit yang luasnya mencapai 16,83 juta hektare (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2024). Atas dasar tersebut, sebenarnya tingkat mekanisasi pertanian di Indonesia lebih besar dari 1 HP/Ha.

Keragaman nilai level mekanisasi pertanian di Indonesia menunjukkan bahwa strategi masih diperlukan dalam pengembangan mekanisasi pertanian. Menurut Herodian et al., (2025) strategi yang sebaiknya diterapkan dalam pengembangan mekanisasi pertanian adalah sebagai berikut.

1. Pengembangan mekanisasi selektif.

Indonesia memiliki beragam karakteristik lahan yang berbeda-beda di setiap daerah. Beberapa daerah di Indonesia seperti Sumatera Selatan dan Kalimantan memiliki lahan rawa yang luas, tetapi daerah lain seperti di Pulau Jawa didominasi oleh lahan pertanian irigasi. Keberagaman lahan pertanian di Indonesia merupakan hasil dari keragaman bahan induk, iklim, dan topografi. Potensi ketersediaan lahan untuk pertanian terdiri atas tanaman pangan lahan basah, tanaman pangan lahan kering, tanaman sayuran dataran tinggi, tanaman hortikultura pada lahan gambut, tanaman tahunan pada lahan kering maupun lahan gambut, serta pengembalaan ternak. Potensi ketersediaan tersebut dikelompokkan berdasarkan ekosistem lahan kering, lahan rawa (rawa pasang surut dan rawa lebak), dan lahan basah nonrawa (Ritung et al., 2015). Berdasarkan karakteristik tersebut, diperlukan alsintan yang sesuai dengan kondisi lahan di setiap daerah di Indonesia. Pengadaan mesin atau bantuan alsintan harus berdasarkan usulan dari tingkat bawah, hal ini dilakukan untuk menghindari adanya alsintan yang mangkrak (Romadhoni & Hanggana, 2019).

2. Fokus pada peningkatan produktivitas lahan padi.

Produktivitas padi di suatu wilayah di Indonesia berbeda dari wilayah lain. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain luas lahan, tenaga kerja, dan karakteristik lahan (Laim & Simamora, 2022).

Peningkatan produktivitas ini dapat dilakukan dengan mengidentifikasi secara saksama faktor yang menyebabkan produktivitas padi yang rendah. Misalnya, melalui rekayasa tanah dengan penambahan biotron atau jenis pupuk organik lainnya.

3. Peningkatan kualitas sumber daya manusia pada bidang pertanian.

Peningkatan kualitas sumber daya manusia ini dapat dilakukan melalui pelatihan. Pelatihan sebaiknya dilakukan melalui skema pelatihan keahlian berbasis sertifikasi kompetensi Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI). Beberapa pelatihan kompetensi ini diperlukan untuk mendukung peningkatan kinerja sektor pertanian, misalnya pelatihan manajerial dalam pengelolaan jasa alsintan, pelatihan operator alat dan mesin pertanian, pelatihan produksi produk atau pengolahan hasil pertanian, serta pelatihan lainnya. Berdasarkan hasil observasi lapang, diketahui bahwa beberapa unit pelayanan jasa alsintan (UPJA) tidak berkembang dan beberapa alsintan mangkrak karena kurangnya sumber daya manusia yang terampil dalam mengelola atau memperbaiki alsintan. Pelatihan bagi operator alsintan ini diperlukan untuk meningkatkan keahlian operator sehingga dapat meningkatkan efisiensi lapang dan menekan biaya jasa alsintan (Indrayanti et al., 2024). Penguatan kelembagaan UPJA diperlukan agar UPJA dapat berkembang sehingga seluruh petani dapat menerima manfaat dari keberadaan alsintan (Wardani et al., 2024).

4. Menciptakan wirausaha muda pada bidang pertanian.

Kegiatan ini dapat diwujudkan melalui kompetisi, sebagaimana yang telah dilakukan oleh Bank Mandiri sejak tahun 2007 melalui program Wirausaha Muda Mandiri. Kompetisi semacam ini diperlukan untuk menjaring individu yang benar-benar memiliki jiwa wirausaha dan berkeinginan kuat untuk menjadi pengusaha. Dalam konteks ini,

salah satu peluang usaha yang potensial di bidang mekanisasi pertanian adalah penyedia jasa penyewaan alsintan, seperti *combine harvester* atau traktor.

5. Mendorong hilirisasi produk pertanian sehingga dapat meningkatkan nilai tambah.

Hilirisasi ini dapat dilakukan secara berorientasi ekspor dengan melakukan pelatihan potensi produk ekspor serta pengolahan hasil pertanian. Identifikasi kebutuhan pasar ekspor telah dilakukan, dan sumber daya manusia telah disiapkan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

6. Bekerja sama dengan berbagai pihak dalam pengembangan mekanisasi pertanian.

Mekanisasi pertanian di Indonesia tidak akan berkembang tanpa melibatkan berbagai pihak yang dapat membantu pengembangan mekanisasi tersebut. Pemerintah sebagai unit pelaksana teknis harus bekerja sama dengan perguruan tinggi setempat untuk melakukan riset yang dapat mengembangkan mekanisasi pertanian, bekerja sama dengan Bank Indonesia, Badan Usaha Milik Negara, dan perusahaan swasta untuk mengembangkan mekanisasi pertanian melalui pemanfaatan dana *Corporate Social Responsibility* (CSR) dan bekerja sama dengan beberapa pihak lainnya yang dapat membantu pengembangan mekanisasi pertanian di Indonesia (Tarigan, 2018).

7. Optimasi lahan untuk peningkatan indeks pertanaman.

Salah satu faktor penting bagi pertumbuhan tanaman padi adalah ketersediaan air. Terdapat beberapa areal tanam padi sawah di Kabupaten Bandung yang hanya dapat ditanam padi 1 kali dalam 1 tahun. Hal ini disebabkan oleh kurangnya asupan air, padahal terdapat sumber air yang dapat dimanfaatkan. Kegiatan optimasi

lahan bertujuan untuk memastikan ketersediaan air sepanjang tahun sehingga indeks pertanaman dapat meningkat (Sutrisno & Hamdani, 2020).

8. Penyediaan dukungan kredit alsintan dengan bunga rendah.

Mekanisasi pertanian telah berdampak pada perubahan sosial, terutama pada peralihan tenaga kerja pertanian yang sebagian besar digantikan oleh mesin pertanian. Salah satu dukungan pemerintah dalam hal mendorong peningkatan level mekanisasi pertanian adalah melalui skema kredit dengan bunga rendah (Ashari & Friyatno, 2016). Hal ini perlu dilakukan untuk mengurangi ketergantungan petani pada bantuan alsintan dari pemerintah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abarghouei, N. S., & Nasab, H. H. (2012). An Ergonomic Evaluation and Intervention Model: Macro ergonomic approach. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 3, Issue 2, February 2012 ISSN 2229-5518, 3, 1–7.
- Ashari, N., & Friyatno, S. (2016). Perspektif Pendirian Bank Pertanian di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 24(2), 107. <https://doi.org/10.21082/fae.v24n2.2006.107-122>
- Badan Pusat Statistik. (2025). Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia (Hasil KSA Amatan Juli 2025). *Berita Resmi Statistik*, 82/09/Th.X(1 September 2025), 1–17.
- Beltran-Pena, A., Rosa, L., & D’Odorico, P. (2020). Global Food Self-Sufficiency in the 21st Century Under Sustainable Intensification of Agriculture. *Environmental Research Letters*, 15(9). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9388>
- Benos, L., Tsaopoulos, D., & Bochtis, D. (2020). A Review on Ergonomics in Agriculture. Part II: Mechanized Operations. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/app10103484>
- Boatca, M. – E., & Cirjaliu, B. (2015). A Proposed Approach for an Efficient Ergonomics Intervention in Organizations. *Procedia Economics and Finance*, 23(October 2014), 54–62. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(15\)00411-6](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(15)00411-6)
- Carayon, P., Hancock, P., Leveson, N., Noy, I., Sznelwar, L., & van Hootehem, G. (2015). Advancing a Sociotechnical Systems Approach to Workplace safety – Developing the Conceptual Framework. *Ergonomics*, 58(4), 548–564. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1015623>
- Carayon, P., & Smith, M. J. (2000). Work Organization and Ergonomics. *Applied Ergonomics*, 31(6), 649–662. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(00\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00040-5)
- Clapp, J. (2017). Food Self-Sufficiency: Making Sense of it, and When it Makes Sense. *Food Policy*, 66, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.12.001>
- Daum, T., & Birner, R. (2020). Agricultural Mechanization in Africa: Myths,

- Realities and an Emerging Research Agenda. *Global Food Security*, 26(June). <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100393>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2024). Statistik Perkebunan 2023 - 2025. In A. Cahyono & A. Udin (Eds.), *Perkebunan Direktorat Jenderal Kementerian Pertanian* (1st ed., Vol. 7, Issue 2). Kementerian Pertanian.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R., & van der Doelen, B. (2012). A Strategy for Human Factors/Ergonomics: Developing the Discipline and Profession. *Ergonomics*, 55(4), 377–395. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>
- Dul, J., & Neumann, W. P. (2009). Ergonomics Contributions to Company Strategies. *Applied Ergonomics*, 40(4), 745–752. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.07.001>
- Emami, M., Almassi, M., Bakhoda, H., & Kalantari, I. (2018). Agricultural Mechanization, a Key to Food Security in Developing Countries: Strategy Formulating for Iran. *Agriculture and Food Security*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0176-2>
- Enriquez, J. P. (2020). Food Self-Sufficiency: Opportunities and Challenges for the Current Food System. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 31(2), 23984–23989. <https://doi.org/10.26717/bjstr.2020.31.005061>
- Fang, D., Chen, J., Wang, S., & Chen, B. (2024). Can Agricultural Mechanization Enhance the Climate Resilience of Food Production? Evidence from China. *Applied Energy*, 373(19). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123928>
- Ghose, B. (2014). Food Security and Food Self-Sufficiency in China from Past to 2050. *Food and Energy Security*, 3(2), 86–95.
- Greggi, C., Visconti, V. V., Albanese, M., Gasperini, B., Chiavoghilefu, A., Prezioso, C., Persechino, B., Iavicoli, S., Gasbarra, E., Iundusi, R., & Tarantino, U. (2024). Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/jcm13133964>
- Hagberg, M., Violante, F. S., Bonfiglioli, R., Descatha, A., Gold, J., Evanoff, B., & Sluiter, J. K. (2012). Prevention of Musculoskeletal Disorders in Workers: Classification and Health Surveillance - Statements of the

- Scientific Committee on Musculoskeletal Disorders of the International Commission on Occupational Health. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, 1–6. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-109>
- Hendrick, H. W. (2003). Determining the Cost-Benefits of Ergonomics Projects and Factors that Lead to Their Success. *Applied Ergonomics*, 34(5), 419–427. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(03\)00062-0](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(03)00062-0)
- Herodian, S., Thoriq, A., Desrial, D., & Solahudin, M. (2025). Analysis of Levels and Strategies for Improving Agricultural Mechanization in Bandung Regency, West Java. *Teknotan*, 19(3), 199–208. <https://doi.org/10.24198/jt.vol19n3.4>
- Hilmi, A. H., Abdul Hamid, A. R., & Wan Ibrahim, W. A. R. A. (2024). Advancements in Cognitive Ergonomics: Integration with Human-Robot Collaboration, Workload Management, and Industrial Applications. *Malaysian Journal of Ergonomics (MJEr)*, 6(1), 39–51. <https://doi.org/10.58915/mjer.v6.2024.1368>
- Indrayanti, T., Prayoga, A., & Zakky, M. (2024). Penggunaan Alsintan Pada Pertanian Modern Dalam Usahatani Padi Sawah Untuk Mendukung Ketahanan Pangan Di Kabupaten Tangerang. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 30(2), 258–274.
- International Ergonomics Association. (2000). *Definition and Domain of Ergonomics*.
- Kaczmarek, J. (1979). Ergonomics in the Design of Industrial Equipment. *Ergonomics*, 22(6), 681–686. <https://doi.org/10.1080/00140137908924653>
- Keikha, A., Parashkoohi, M. G., Mohammadi, A., & Afshari, H. (2025). Comparing Mechanization Systems for Regression Model Based Crop Production Under Different Tillage Systems. *Results in Engineering*, 25(September 2024). <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104056>
- Kementerian Pertanian. (2023). *Statistik Sarana Pertanian 2019 - 2023*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian.
- Laim, C. O. R., & Simamora, L. (2022). Analisis Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Produktivitas dan Kelayakan Usaha Tani Padi Sawah.

- Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 8(1), 75–88. <https://media.neliti.com/media/publications/515830-none-b613a969.pdf>
- Lu, Y., Zheng, H., Chand, S., Xia, W., Liu, Z., Xu, X., Wang, L., Qin, Z., & Bao, J. (2022). Outlook on Human-Centric Manufacturing Towards Industry 5.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 62(November 2021), 612–627. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.001>
- Marras, W. S., & Hancock, P. A. (2014). Putting Mind and Body Back Together: A Human-Systems Approach to the Integration of the Physical and Cognitive Dimensions of Task Design and Operations. *Applied Ergonomics*, 45(1), 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.025>
- Mcphee, B. (2005). Practical Ergonomics; Application of Ergonomics Principles in the Workplace. In *Bekleidung/Wear*. <https://doi.org/10.1037/025634>
- Min, S., Paudel, K. P., & Feng-bo, C. (2021). Mechanization and Efficiency in Rice Production in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(7), 1996–2008. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63439-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63439-6)
- Mirpanahi, S., Almassi, M., Javadi, A., & Bakhoda, H. (2023). Applying Multi-Criteria Decision Making Method to Analyze Stability and Mechanization Patterns in Small Farms. *Environmental and Sustainability Indicators*, 20(July). <https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100295>
- Munajat, M. (2017). *Perancangan Jumlah dan Distribusi Tenaga Kerja Pria untuk Budidaya Padi Sawah dengan Pendekatan Studi Waktu dan Beban Kerja*. Institut Pertanian Bogor.
- Nardo, M., Forino, D., & Murino, T. (2020). The Evolution of Man–Machine Interaction: The Role of Human in Industry 4.0 Paradigm. *Production and Manufacturing Research*, 8(1), 20–34. <https://doi.org/10.1080/21693277.2020.1737592>
- Pandve, H. T. (2017). Historical Milestones of Ergonomics: From Ancient Human to Modern Human. *Journal of Ergonomics*, 07(04), 7556. <https://doi.org/10.4172/2165-7556.1000e169>
- Pizoń, J., & Gola, A. (2023). Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions. *Machines*, 11(2), 1–22.

- Pradhan, P., Lüdeke, M. K. B., Reusser, D. E., & Kropp, J. P. (2014). Food self-sufficiency across scales: How local can we go? *Environmental Science and Technology*, 48(16), 9463–9470. <https://doi.org/10.1021/es5005939>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2015). *Statistik Sarana Pertanian 2015*. Kementerian Pertanian.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2019). *Statistik Sarana Pertanian Tahun 2015 - 2019*. Kementerian Pertanian.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2024). Atlas Sebaran Fase Pertanaman Padi Sawah di Indonesia. In *Kementerian Pertanian*.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2025). Statistik Sarana Pertanian 2021-2025. In *Kementerian Pertanian*. https://psp.pertanian.go.id/storage/1030/Buku-Statistik-2017-2021_a-1-60.pdf
- Rahman, M. M., Ali, M. R., Oliver, M. M. H., Hanif, M. A., Uddin, M. Z., Tamim-Ul-Hasan, Saha, K. K., Islam, M. H., & Moniruzzaman, M. (2021). Farm mechanization in Bangladesh: A review of the status, roles, policy, and potentials. *Journal of Agriculture and Food Research*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100225>
- Rakhra, A. K., & Mann, D. D. (2018). Design and Evaluation of Individual Elements of the Interface for an Agricultural Machine. *Journal of Agricultural Safety and Health*, 24(1), 27–42. <https://doi.org/10.13031/jash.12410>
- Rasmussen, J. (2000). Human Factors in a Dynamic Information Society: Where are We Heading? *Ergonomics*, 43(7), 869–879. <https://doi.org/10.1080/001401300409071>
- Ritung, S., Suryani, E., Subardja, D., Sukarman, Nugroho, K., Suparto, Hikmatullah, Mulyani, A., Tafakresnanto, C., Sulaeman, Y., Rudi Eko Subandiono, W., Ponidi, Prasodjo, N., Suryana, U., Hidayat, H., Priyono, A., & Wahyu, S. (2015). *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia; Luas, Penyebaran dan Potensi Ketersediaan*.
- Romadhoni, S. N., & Hanggana, S. (2019). Faktor-Faktor Penyebab Kegagalan Kelompok Tani dan UPJA Meningkatkan Laba Usaha Tani. *Riset Manajemen Dan Akuntansi*, 10(2), 1–17.
- Sekretaris Kabinet Republik Indonesia. (2026). *Swasembada Pangan*

2025: *Tonggak Sejarah Kemandirian Pangan Indonesia*.
<https://setkab.go.id/indonesia-swasembada-pangan-2025-catat-sejarah/>

- Shrivastava, S. R., Shrivastava, P. S., & Ramasamy, J. (2014). Application of Principles of Ergonomics in Medicine. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 18(2), 100.
<https://doi.org/10.4103/0019-5278.146901>
- Shubbar, H. T., Tahir, F., & Al-Ansari, T. (2024). Bridging Qatar's Food Demand and Self-Sufficiency: A System Dynamics Simulation of the Energy–Water–Food Nexus. *Sustainable Production and Consumption*, 46(December 2023), 382–399.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.017>
- Siderius, C., van der Velde, Y., Gülpen, M., de Bruin, S., & Biemans, H. (2024). Improved Water Management Can Increase Food Self-Sufficiency in Urban Foodsheds of Sub-Saharan Africa. *Global Food Security*, 42(December 2023).
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2024.100787>
- Silva, D. R., Laurenço, A. de J., Galvão, J. Q., Lopes, M. E. de O., Barros, Y. de O., Araújo, C. A. P., Silva, J. vieira da, Calazans, M. L., Silva, W. S. L., Gomes, E. M., & Paula, J. S. de. (2024). Impact of Ergonomics on Workers' Performance and Health. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 11(10), 44–58.
<https://doi.org/10.22161/ijaers.1110.5>
- Soltani, A., Alimagham, S. M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Vadez, V., van Loon, M. P., & van Ittersum, M. K. (2020). Future food self-sufficiency in Iran: A model-based analysis. *Global Food Security*, 24(January), 100351.
<https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100351>
- Song, X., & Xie, Z. (2014). Application of Man-Machine-Environment System Engineering in Coal Mines Safety Management. *Procedia Engineering*, 84, 87–92.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.413>
- Sulaiman, A. A., Herodian, S., Hendriadi, A., Jamal, E., Prabowo, A., Prabowo, A., Mulyantara, L. T., Budihartim Uning, Syahyuti, & Hoerudin. (2018). *Revolusi Mekanisasi Pertanian Indonesia*. In IAARD Press. IAARD Press.
- Sutrisno, N., & Hamdani, A. (2020). *Optimalisasi Pemanfaatan Sumber*

- Daya Air untuk Meningkatkan Produksi Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(2), 73. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v13n2.2019.73-88>
- Tarigan, H. (2018). Mekanisasi Pertanian dan Pengembangan Usaha Pelayanan Jasa Alsintan (UPJA). *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 36(2), 117 – 128. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21082/fae.v36n2.2018>.
- United State Department of Agriculture. (2025). *Oilseeds : World Markets and Trade* (Issue February).
- Wardani, I. ., Kusmiyati, & Ramadhan, Y. (2024). Penguatan Usaha Jasa Pelayanan Alat dan Mesin Pertanian (UPJA) Ciomat Tani di Kabupaten Bogor. *Kumawula : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(2), 445–451.
- Warr, P. (2011). Working Papers in Trade and Development Food Security vs. Food Self-Sufficiency: The Indonesian Case. *The Australian National University*.
- Wijaya, A., & Nurcahyo, R. (2023). Agricultural Mechanization in Indonesia and Comparison to Southeast Asia Countries. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Istanbul, Turkey, March 7-10, 2022*, 346–352. <https://doi.org/10.46254/an12.20220067>
- Wilson, J. R. (2000). Fundamentals of Ergonomics in Theory and Practice. *Applied Ergonomics*, 31(6), 557–567. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(00\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(00)00034-X)
- Wilson, J. R. (2014). Fundamentals of Systems Ergonomics/Human Factors. *Applied Ergonomics*, 45(1), 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.021>
- Winarno, K., Sustiyo, J., Aziz, A. A., & Permani, R. (2025). Unlocking Agricultural Mechanisation Potential in Indonesia: Barriers, Drivers, and Pathways for Sustainable Agri-food Systems. *Agricultural Systems*, 226(March), 104305. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2025.104305>
- Yang, Z., Zhu, Y., Zhang, J., Li, X., Ma, P., Sun, J., Sun, Y., Ma, J., & Li, N. (2022). Comparison of Energy use Between Fully Mechanized and Semi-Mechanized Rice Production in Southwest China. *Energy*, 245. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123270>

- Zhou, A., Ma, J., Zhang, S., & Ouyang, J. (2023). Optimal Design of Product Form for Aesthetics and Ergonomics. *Computer-Aided Design and Applications*, 20(1), 1–27. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2023.1-27>
- Zou, B., Chen, Y., Mishra, A. K., & Hirsch, S. (2024). Agricultural Mechanization and the Performance of the Local Chinese Economy. *Food Policy*, 125(April). <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2024.102648>

TENTANG PENULIS

Sam Herodian



Penulis adalah dosen pada Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknik dan Teknologi, IPB University sejak tahun 1987. Pendidikan Sarjana dan Magister diselesaikan penulis dari Program Studi Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, sedangkan Pendidikan Doktor diselesaikan penulis dari Program Studi Teknik Pertanian, Ibaraki University, Jepang. Penulis memiliki kepakaran dalam bidang ergonomi dan mekanisasi pertanian. Berbagai karya dan penghargaan dari hasil penelitian telah berhasil penulis raih di bidang tersebut. Pada periode 2007 hingga 2015, penulis diamanahi menjadi Dekan Fakultas Teknologi Pertanian IPB University, dan saat ini penulis dipercaya mengemban amanah untuk membantu negara mewujudkan swasembada pangan sebagai Staf Khusus Menteri Pertanian.

Ahmad Thoriq



Penulis adalah dosen pada Program Studi Teknik Pertanian Universitas Padjadjaran sejak tahun 2014, dan pada tahun 2019 penulis diperbantukan sebagai dosen pada Program Studi Sarjana Terapan Agroteknopreneur Universitas Padjadjaran. Pendidikan Sarjana telah diselesaikan penulis pada Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB, sedangkan Pendidikan Magister penulis selesaikan pada program studi yang sama pada tahun 2013. Penulis memiliki kepakaran dalam bidang sistem

mekanisasi pertanian. Penulis berpengalaman sebagai tenaga ahli, khususnya dalam bidang perencanaan industri. Pada saat ini penulis sedang menempuh studi doctoral pada Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian IPB University dengan tema disertasi mengenai pemodelan mekanisasi pertanian.

Erniati



Penulis adalah dosen pada Program Studi Teknologi Mekanisasi Pertanian, Politeknik Pembangunan Pertanian Kementerian Pertanian. Pendidikan sarjana telah penulis selesaikan dari Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya, pada tahun 2003. Pendidikan Magister penulis selesaikan pada Program Studi Teknik Pertanian Universitas Gadjah Mada pada tahun 2010 dan Pendidikan Doktor penulis selesaikan pada Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian IPB University pada tahun 2023. Penulis memiliki kepakaran dalam bidang teknologi *greenhouse* dan mekanisasi pertanian.

ERGONOMI & PENERAPANNYA PADA MEKANISASI PERTANIAN

Ergonomi merupakan salah satu aspek yang tidak dapat dipisahkan dari mekanisasi pertanian. Mekanisasi pertanian di Indonesia terus mengalami perkembangan yang signifikan seiring dengan meningkatnya hasil produksi. Penerapan ilmu ergonomi pada mekanisasi pertanian tidak hanya mampu meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja, tetapi juga mengurangi risiko kecelakaan kerja, kelelahan, serta gangguan kesehatan akibat aktivitas kerja yang kurang sesuai.

Risiko gangguan kesehatan pada aktivitas mekanisasi pertanian dapat dikurangi apabila desain alat dan mesin didasarkan pada antropometri pengguna. Beban kerja berat atau sangat berat dapat diketahui melalui analisis biomekanik pada aktivitas usaha tani. Informasi ini berguna untuk merencanakan waktu kerja dan distribusi tenaga kerja yang tepat sehingga dapat mencegah kelelahan berlebihan atau gangguan kesehatan lainnya.

Buku ini disusun berdasarkan pengalaman penulis dalam membimbing mahasiswa melakukan penelitian mengenai penerapan ergonomi pada bidang mekanisasi pertanian, serta pengalaman penulis sebagai konsultan ergonomi di industri pertanian. Referensi yang digunakan tidak hanya berasal dari hasil karya ilmiah, tetapi juga dari beberapa jurnal ilmiah yang berkaitan dengan ergonomi dan aplikasinya dalam mekanisasi pertanian.



Alamat Redaksi:

Balai Besar Perpustakaan dan Literasi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda no. 20, Bogor 16122

Website: <https://epublikasi.pertanian.go.id/pertanianpress>

ISBN 978-979-582-451-0 (PDF)



9

789795

824510