

Perbaikan Sistem Kerja Menggunakan Pendekatan *Macroergonomic Analysis and Design*

Risvan*, Adhitya Nugraha, Pebriana Sendu Martika, Asriyanti

Universitas Prof. Dr. Moestopo (Beragama), Jakarta, Indonesia

*risvan@dsn.moestopo.ac.id

Abstract

Work system design plays a crucial role in improving productivity, occupational safety, and worker well-being, particularly in labor-intensive manufacturing industries. PT Caputra Mitra Sejati, a small-scale shipbuilding company operating under a make-to-order production system, still relies on traditional work methods that potentially increase physical workload and fatigue among workers. This study aims to analyze existing work system conditions and propose improvements using the Macroergonomic Analysis and Design (MEAD) approach. The research focuses on macroergonomic factors, including physical work environment, work equipment, workload, and organizational structure. Data were collected through field observations, interviews, questionnaires, and physiological measurements such as heart rate to determine cardiovascular load. The results indicate that workers experience moderate to high physical workload, reflected by a cardiovascular load value of 37.32%, which suggests the need for work system improvement. The proposed macroergonomic interventions include redesigning work organization, improving rest time allocation, enhancing work facilities, and clarifying job structures. Implementation of the proposed improvements resulted in increased productivity, particularly in wood measurement and cutting activities, with an output increase of two ship components per day. These findings demonstrate that the MEAD approach is effective in identifying systemic work problems and providing comprehensive solutions to improve productivity, safety, and worker comfort.

Keywords: work system; macroergonomics; MEAD; workload; productivity

Abstrak

Perancangan sistem kerja memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas, keselamatan kerja, dan kesejahteraan pekerja, khususnya pada industri manufaktur yang padat tenaga kerja. PT Caputra Mitra Sejati merupakan industri pembuatan kapal dengan sistem produksi make to order yang masih menerapkan metode kerja tradisional, sehingga berpotensi menimbulkan beban kerja fisik yang tinggi dan kelelahan pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi sistem kerja yang ada dan merumuskan usulan perbaikan menggunakan pendekatan Macroergonomic Analysis and Design (MEAD). Penelitian difokuskan pada faktor makroergonomi yang meliputi lingkungan kerja fisik, peralatan kerja, beban kerja, dan organisasi kerja. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara, penyebaran kuesioner, serta pengukuran fisiologis berupa denyut nadi untuk menentukan nilai cardiovascular load. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pekerja mengalami beban kerja fisik sedang hingga tinggi dengan nilai cardiovascular load sebesar 37,32%, yang mengindikasikan perlunya perbaikan sistem kerja. Usulan perbaikan meliputi penataan ulang organisasi kerja, penambahan waktu istirahat, perbaikan fasilitas kerja, serta kejelasan struktur dan pembagian tugas. Implementasi usulan perbaikan menunjukkan adanya peningkatan produktivitas, khususnya pada proses pengukuran dan pemotongan kayu dengan peningkatan output sebesar dua komponen kapal per hari. Hasil ini membuktikan bahwa pendekatan MEAD efektif dalam mengidentifikasi permasalahan sistem kerja secara menyeluruh dan menghasilkan solusi yang aplikatif untuk meningkatkan produktivitas, keselamatan, dan kenyamanan kerja.

Kata Kunci: sistem kerja; makroergonomi; MEAD; beban kerja; produktivitas

PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur dan jasa menuntut perusahaan untuk terus meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keselamatan dan kesehatan kerja. Dalam industri yang padat karya, sistem kerja yang tidak dirancang secara ergonomis berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti meningkatnya beban kerja fisik, kelelahan, risiko kecelakaan kerja, serta penurunan kualitas dan kuantitas output. Oleh karena itu, perancangan sistem kerja yang memperhatikan aspek manusia, teknologi, dan organisasi menjadi faktor kunci dalam menciptakan kinerja perusahaan yang berkelanjutan [1].

Ergonomi sebagai disiplin ilmu berperan penting dalam menyesuaikan pekerjaan, peralatan, dan lingkungan kerja dengan kemampuan serta keterbatasan manusia. Pendekatan ergonomi tidak hanya berfokus pada aspek mikro, seperti postur kerja dan desain alat, tetapi juga mencakup aspek makro yang melibatkan struktur organisasi, sistem komunikasi, kebijakan kerja, dan interaksi antar subsistem dalam organisasi [2]. Pendekatan ergonomi makro atau makroergonomi menempatkan sistem kerja sebagai suatu kesatuan yang saling terkait, sehingga perbaikan yang dilakukan tidak bersifat parsial, melainkan menyeluruh dan berorientasi jangka panjang.

Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pendekatan makroergonomi adalah Macroergonomic Analysis and Design (MEAD). Metode ini dikembangkan untuk menganalisis dan merancang sistem kerja dengan mempertimbangkan keselarasan antara manusia, teknologi, dan organisasi. MEAD memungkinkan peneliti dan praktisi untuk mengidentifikasi permasalahan sistemik yang memengaruhi kinerja kerja, serta merumuskan solusi yang tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga organisatoris [3]. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan MEAD mampu meningkatkan produktivitas, menurunkan beban kerja, serta memperbaiki kondisi keselamatan dan kesehatan kerja pada berbagai sektor industri [4].

Industri pembuatan kapal merupakan salah satu sektor manufaktur yang memiliki tingkat kompleksitas kerja tinggi dan banyak melibatkan aktivitas fisik. Proses produksi pada industri ini umumnya masih mengandalkan tenaga manusia, khususnya pada perusahaan berskala kecil dan menengah yang menerapkan sistem produksi make to order. Kondisi tersebut menyebabkan pekerja sering terpapar beban kerja fisik yang tinggi, postur kerja tidak alamiah, serta lingkungan kerja yang kurang mendukung, sehingga berpotensi menimbulkan kelelahan dan penurunan produktivitas [5].

PT Caputra Mitra Sejati merupakan perusahaan pembuatan kapal yang beroperasi dengan sistem produksi make to order. Berdasarkan kondisi awal yang diidentifikasi dalam laporan penelitian, perusahaan ini masih menerapkan metode kerja tradisional dengan peralatan yang relatif sederhana. Aktivitas kerja seperti pengukuran, pemotongan, dan perakitan kayu dilakukan secara manual, sehingga menuntut tenaga fisik yang besar dari pekerja. Selain itu, pengaturan waktu kerja, pembagian tugas, dan fasilitas kerja belum sepenuhnya dirancang berdasarkan prinsip ergonomi, yang berpotensi meningkatkan beban kerja dan kelelahan pekerja.

Beban kerja fisik yang berlebihan dapat berdampak negatif terhadap kinerja dan kesehatan pekerja. Salah satu indikator yang sering digunakan untuk menilai beban kerja fisik adalah cardiovascular load (CVL), yang diukur melalui denyut nadi kerja. Nilai CVL yang tinggi menunjukkan bahwa pekerja berada pada kondisi kerja yang berisiko dan memerlukan perbaikan sistem kerja [6]. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa nilai CVL di atas batas tertentu mengindikasikan perlunya intervensi ergonomi untuk mencegah kelelahan berlebih dan gangguan kesehatan jangka panjang [7]. Permasalahan sistem kerja di PT Caputra Mitra Sejati tidak hanya berkaitan dengan aspek fisik, tetapi juga mencakup aspek organisasi kerja. Pembagian tugas yang kurang jelas, koordinasi kerja yang belum optimal, serta alokasi waktu istirahat yang tidak memadai dapat memperburuk kondisi kerja dan menurunkan produktivitas. Pendekatan perbaikan yang hanya berfokus pada satu aspek, misalnya perbaikan alat kerja saja, dinilai kurang efektif apabila tidak diikuti dengan perbaikan pada sistem organisasi dan lingkungan kerja secara keseluruhan [8].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang mampu menganalisis dan memperbaiki sistem kerja secara komprehensif. Pendekatan MEAD dipilih dalam penelitian ini

karena mampu mengintegrasikan analisis aspek manusia, teknologi, dan organisasi dalam satu kerangka sistemik. Dengan menggunakan MEAD, perbaikan sistem kerja diharapkan tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga menciptakan kondisi kerja yang lebih aman, nyaman, dan berkelanjutan bagi pekerja [9].

Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah menganalisis kondisi sistem kerja di PT Caputra Mitra Sejati menggunakan pendekatan *Macroergonomic Analysis and Design (MEAD)* serta merumuskan usulan perbaikan sistem kerja yang dapat menurunkan beban kerja fisik dan meningkatkan produktivitas. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi perusahaan dalam merancang sistem kerja yang lebih ergonomis, serta kontribusi akademik dalam pengembangan penerapan pendekatan makroergonomi pada industri pembuatan kapal skala kecil dan menengah.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian terapan (*applied research*) yang bertujuan untuk memperbaiki sistem kerja secara langsung berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Metode utama yang digunakan adalah *Macroergonomic Analysis and Design (MEAD)*, yang dipilih karena kemampuannya dalam menganalisis keterkaitan antara manusia, teknologi, dan organisasi sebagai satu kesatuan sistem kerja [10]. Objek penelitian adalah proses produksi pada PT Caputra Mitra Sejati, khususnya pada aktivitas pengukuran dan pemotongan material kayu kapal.

Tahapan penelitian diawali dengan identifikasi sistem kerja dan penentuan subsistem kerja yang relevan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung terhadap aktivitas kerja, wawancara dengan pekerja dan pihak manajemen, serta penyebaran kuesioner untuk mengidentifikasi persepsi pekerja terhadap kondisi kerja. Selain itu, dilakukan pengukuran fisiologis berupa denyut nadi kerja untuk menentukan nilai *cardiovascular load (CVL)* sebagai indikator beban kerja fisik [11]. Data sekunder diperoleh dari dokumen perusahaan dan literatur yang relevan.

Analisis data dilakukan dengan mengikuti tahapan MEAD, yang meliputi analisis kondisi sistem kerja eksisting, identifikasi permasalahan makroergonomi, serta perumusan alternatif perbaikan sistem kerja. Nilai CVL dihitung dan diklasifikasikan untuk menentukan tingkat beban kerja dan kebutuhan intervensi ergonomi. Usulan perbaikan dirancang dengan mempertimbangkan aspek organisasi kerja, pengaturan waktu istirahat, perbaikan fasilitas kerja, dan pembagian tugas. Evaluasi hasil perbaikan dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi usulan, terutama dari sisi beban kerja dan produktivitas kerja [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Bagian hasil penelitian menyajikan temuan empiris yang diperoleh dari penerapan pendekatan *Macroergonomic Analysis and Design (MEAD)* pada sistem kerja di PT Caputra Mitra Sejati. Hasil ini merupakan sintesis dari data observasi lapangan, wawancara, kuesioner, serta pengukuran fisiologis yang telah diolah sesuai dengan tahapan metodologi penelitian. Penyajian hasil difokuskan pada kondisi sistem kerja eksisting, tingkat beban kerja fisik pekerja, serta perubahan produktivitas setelah dilakukan usulan perbaikan sistem kerja.

Hasil observasi awal menunjukkan bahwa sistem kerja di PT Caputra Mitra Sejati masih bersifat tradisional dan sangat bergantung pada tenaga manusia. Aktivitas produksi, khususnya pada proses pengukuran dan pemotongan kayu kapal, dilakukan secara manual dengan bantuan peralatan sederhana. Kondisi lingkungan kerja ditandai oleh tata letak area kerja yang kurang teratur, ruang gerak yang terbatas, serta fasilitas pendukung kerja yang belum memadai. Situasi ini menyebabkan pekerja sering melakukan gerakan membungkuk, mengangkat beban secara berulang, dan bekerja dalam postur yang tidak ergonomis dalam durasi waktu yang cukup lama.

Dari hasil identifikasi sistem kerja, ditemukan bahwa permasalahan tidak hanya terletak pada aspek fisik pekerjaan, tetapi juga pada aspek organisasi kerja. Pembagian tugas antar pekerja belum dilakukan secara jelas, sehingga satu orang pekerja sering mengerjakan beberapa jenis aktivitas sekaligus. Selain itu, pengaturan waktu istirahat belum terstruktur dengan baik dan cenderung bergantung pada kebiasaan masing-masing pekerja. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan kelelahan kerja dan menurunkan konsentrasi pekerja selama proses produksi.

Pengukuran beban kerja fisik dilakukan menggunakan indikator cardiovascular load (CVL) yang diperoleh dari pengukuran denyut nadi kerja. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai CVL rata-rata pekerja mencapai 37,32%. Nilai ini berada pada kategori beban kerja sedang hingga tinggi, yang mengindikasikan bahwa aktivitas kerja yang dilakukan berpotensi menimbulkan kelelahan apabila dilakukan secara terus-menerus tanpa perbaikan sistem kerja [13].

Tabel 1. Rekapitulasi hasil pengukuran denyut nadi dan nilai CVL pekerja

No	Nama Pekerja	Jenis Kelamin	Usia	Denyut Nadi Istirahat (detik)	Denyut Nadi Kerja (detik)
1	Usman Ilyas	Laki-laki	43	8,37	5,60
2	Abdullah	Laki-laki	35	7,54	5
3	Irfandi	Laki-laki	18	9,10	4,80
4	Arnold	Laki-laki	20	7,23	4,72
5	Syukurdi	Laki-laki	45	9,20	4,80
6	Sapri	Laki-laki	40	7,66	5,32
7	Fikri	Laki-laki	40	7,58	5,34

Sumber : Data Pengamatan

No	Nama Responden	Usia	Denyut Nadi Istirahat	Denyut Nadi Kerja	Dnmaks	%CVL	Keterangan
1	Usman Ilyas	43	71,68	107,14	177	33,66	Diperlukan perbaikan
2	Abdullah	35	79,58	120	185	38,34	Diperlukan perbaikan
3	Irfandi	18	65,93	125	202	43,41	Diperlukan perbaikan
4	Arnold	20	82,98	127,11	200	37,31	Diperlukan perbaikan
5	Syukurdi	45	65,21	125	175	39,86	Diperlukan perbaikan
6	Sapri	40	78,32	114,72	180	35,79	Diperlukan perbaikan
7	Fikri	40	79,15	112,35	180	32,92	Diperlukan perbaikan

Sumber: Pengolahan Data

Selain pengukuran beban kerja, hasil penelitian juga menunjukkan adanya keterkaitan antara kondisi sistem kerja dengan tingkat produktivitas. Pada kondisi awal, output produksi pada aktivitas pengukuran dan pemotongan kayu relatif rendah dan tidak konsisten dari hari ke hari. Waktu penyelesaian pekerjaan sering mengalami keterlambatan akibat kelelahan pekerja, koordinasi kerja yang kurang optimal, serta keterbatasan fasilitas kerja.

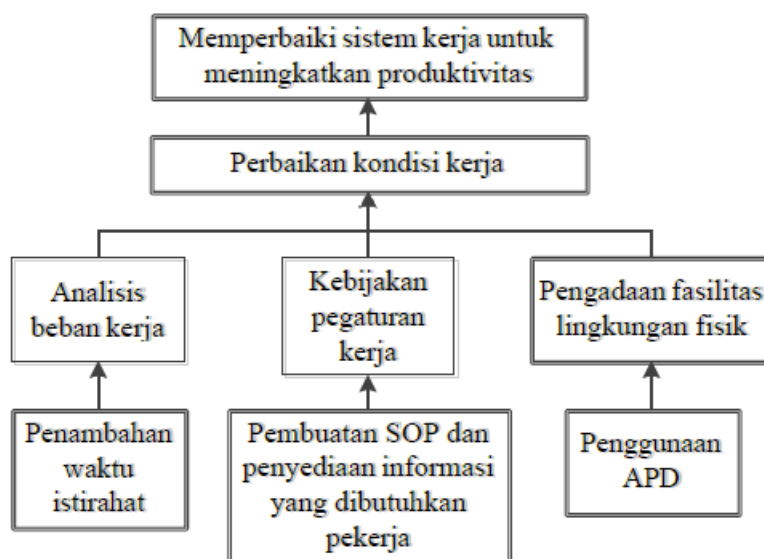
Berdasarkan hasil analisis MEAD, dirumuskan beberapa usulan perbaikan sistem kerja yang mencakup aspek organisasi kerja, lingkungan kerja, dan fasilitas pendukung. Usulan perbaikan organisasi kerja meliputi penataan ulang pembagian tugas, penetapan alur kerja yang lebih jelas, serta pengaturan waktu istirahat yang lebih terstruktur. Dari sisi fasilitas kerja, perbaikan dilakukan melalui penyesuaian tinggi meja kerja, penyediaan alat bantu kerja yang lebih ergonomis, serta perbaikan tata letak area kerja untuk meningkatkan kelancaran aliran material.

Setelah usulan perbaikan diimplementasikan, dilakukan evaluasi terhadap perubahan beban kerja dan produktivitas. Hasil evaluasi menunjukkan adanya penurunan tingkat kelelahan pekerja yang tercermin dari menurunnya nilai CVL dibandingkan kondisi awal. Selain itu, terjadi peningkatan produktivitas yang cukup signifikan pada aktivitas pengukuran dan pemotongan kayu, dengan peningkatan output rata-rata sebesar dua komponen kapal per hari.

Tabel 2. Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan sistem kerja, baik dari sisi beban kerja maupun produktivitas

Keadaan	Sebelum	Sesudah	Selisih (komponen/hari)
Waktu istirahat	waktu istirahat 45menit/ hari	waktu istirahat 79 menit/hari	waktu istirahat 34 menit
Pemotongan	14 potong komponen kayu	16 potong komponen kayu	2 komponen

Sumber: Pengolahan data



Gambar 1. Diagram Pohon Kombinasi Solusi

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa permasalahan sistem kerja di PT Caputra Mitra Sejati bersifat multidimensional dan tidak dapat diselesaikan hanya dengan perbaikan pada satu aspek saja. Tingginya nilai cardiovascular load pada kondisi awal mengindikasikan bahwa pekerja mengalami beban kerja fisik yang cukup berat, yang sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya pada industri manufaktur padat karya [14]. Kondisi ini memperkuat argumen bahwa sistem kerja tradisional yang tidak mempertimbangkan prinsip ergonomi berpotensi menurunkan kinerja dan kesehatan pekerja.

Pendekatan Macroergonomic Analysis and Design (MEAD) terbukti efektif dalam mengidentifikasi akar permasalahan sistem kerja secara menyeluruh. Tidak hanya aspek fisik pekerjaan yang menjadi perhatian, tetapi juga aspek organisasi dan lingkungan kerja. Hasil penelitian ini

mendukung pandangan bahwa perbaikan sistem kerja yang bersifat parsial, misalnya hanya dengan menambah alat kerja, tidak akan memberikan dampak optimal apabila tidak disertai dengan perbaikan organisasi kerja dan pengaturan waktu kerja [15].

Penurunan nilai CVL setelah implementasi usulan perbaikan menunjukkan bahwa intervensi makroergonomi mampu mengurangi beban kerja fisik pekerja. Hal ini selaras dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa penataan ulang sistem kerja dan pemberian waktu istirahat yang memadai dapat menurunkan kelelahan dan meningkatkan kapasitas kerja pekerja [16]. Dengan beban kerja yang lebih terkendali, pekerja dapat mempertahankan konsentrasi dan kualitas kerja dalam jangka waktu yang lebih lama.

Dari sisi produktivitas, peningkatan output sebesar dua komponen kapal per hari menunjukkan bahwa perbaikan sistem kerja memberikan dampak nyata terhadap kinerja produksi. Peningkatan ini tidak hanya disebabkan oleh penambahan fasilitas kerja, tetapi juga oleh perbaikan alur kerja dan kejelasan pembagian tugas. Hasil ini memperkuat konsep bahwa produktivitas merupakan hasil interaksi antara manusia, teknologi, dan organisasi, sebagaimana ditekankan dalam pendekatan makroergonomi [17].

Jika dibandingkan dengan pendekatan ergonomi mikro yang lebih menitikberatkan pada postur kerja atau desain alat, MEAD memberikan keunggulan pada kemampuannya dalam melihat sistem kerja secara holistik. Pendekatan ini sangat relevan diterapkan pada industri pembuatan kapal skala kecil dan menengah yang memiliki keterbatasan sumber daya, karena solusi yang dihasilkan tidak selalu membutuhkan investasi teknologi yang besar, tetapi lebih menekankan pada penataan sistem kerja yang lebih efektif [18].

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penerapan MEAD dapat menjadi strategi peningkatan produktivitas yang berkelanjutan. Dengan sistem kerja yang lebih ergonomis dan terorganisasi, perusahaan tidak hanya memperoleh peningkatan output jangka pendek, tetapi juga berpotensi mengurangi risiko cedera kerja dan biaya kesehatan dalam jangka panjang. Temuan ini sejalan dengan pandangan bahwa investasi pada perbaikan sistem kerja merupakan investasi strategis bagi keberlangsungan perusahaan [19].

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa pendekatan Macroergonomic Analysis and Design (MEAD) mampu memberikan solusi komprehensif terhadap permasalahan sistem kerja di PT Caputra Mitra Sejati. Integrasi antara perbaikan aspek fisik, organisasi, dan lingkungan kerja terbukti mampu menurunkan beban kerja fisik dan meningkatkan produktivitas. Oleh karena itu, pendekatan ini layak dipertimbangkan untuk diterapkan pada industri manufaktur lain yang memiliki karakteristik kerja serupa, khususnya industri padat karya dengan sistem produksi *make to order*.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan pendekatan Macroergonomic Analysis and Design (MEAD) mampu mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan sistem kerja secara komprehensif pada PT Caputra Mitra Sejati. Kondisi sistem kerja awal yang masih bersifat tradisional dan padat tenaga kerja terbukti menimbulkan beban kerja fisik yang cukup tinggi, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai cardiovascular load (CVL) pekerja yang berada pada kategori sedang hingga tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa sistem kerja eksisting belum sepenuhnya memperhatikan prinsip ergonomi, baik dari aspek fisik, organisasi, maupun lingkungan kerja.

Hasil implementasi usulan perbaikan sistem kerja berbasis MEAD menunjukkan adanya penurunan tingkat kelelahan pekerja yang tercermin dari menurunnya nilai CVL, serta peningkatan produktivitas pada proses pengukuran dan pemotongan kayu kapal. Peningkatan output rata-rata sebesar dua komponen kapal per hari membuktikan bahwa perbaikan sistem kerja tidak hanya berdampak pada aspek kenyamanan dan kesehatan pekerja, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap kinerja produksi perusahaan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan MEAD efektif digunakan sebagai alat bantu perancangan dan perbaikan sistem kerja pada industri pembuatan kapal skala kecil

dan menengah. Pendekatan ini memungkinkan integrasi antara perbaikan aspek manusia, teknologi, dan organisasi tanpa memerlukan investasi teknologi yang besar. Oleh karena itu, MEAD layak direkomendasikan sebagai strategi peningkatan produktivitas dan keselamatan kerja yang berkelanjutan pada industri manufaktur padat karya dengan karakteristik sistem produksi make to order.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Grandjean and K. H. E. Kroemer, *Fitting the Task to the Human: A Textbook of Occupational Ergonomics*, 5th ed. London, UK: Taylor & Francis, 2000.
- [2] H. W. Hendrick and B. M. Kleiner, *Macroergonomics: Theory, Methods, and Applications*. Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates, 2002.
- [3] H. W. Hendrick, "An overview of macroergonomics," *Appl. Ergon.*, vol. 32, no. 4, pp. 339–346, 2001, doi: 10.1016/S0003-6870(01)00021-1.
- [4] J. R. Wilson, "Fundamentals of systems ergonomics/human factors," *Appl. Ergon.*, vol. 45, no. 1, pp. 5–13, 2014, doi: 10.1016/j.apergo.2013.03.021.
- [5] S. Konz and S. Johnson, *Work Design: Occupational Ergonomics*, 7th ed. Scottsdale, AZ, USA: Holcomb Hathaway, 2012.
- [6] S. Tarwaka, *Ergonomi Industri: Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Surakarta, Indonesia: Harapan Press, 2015.
- [7] P. Åstrand and K. Rodahl, *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*, 4th ed. Champaign, IL, USA: Human Kinetics, 2003.
- [8] M. Helander, *A Guide to Human Factors and Ergonomics*, 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2006.
- [9] A. Dul and W. P. Neumann, "Ergonomics contributions to company strategies," *Appl. Ergon.*, vol. 40, no. 4, pp. 745–752, 2009, doi: 10.1016/j.apergo.2008.07.001.
- [10] H. W. Hendrick and B. M. Kleiner, "Macroergonomic analysis of work systems," *Hum. Factors Ergon. Manuf.*, vol. 11, no. 4, pp. 305–319, 2001.
- [11] R. Bridger, *Introduction to Ergonomics*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2018.
- [12] I. Z. Satalaksana, R. Anggawisastro, and J. H. Tjakraatmadja, *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung, Indonesia: ITB Press, 2006.
- [13] S. Wignarajah and J. C. Shah, "Assessment of workload using cardiovascular load method," *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 45, pp. 95–101, 2015.
- [14] A. Kroemer and E. Grandjean, *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1997.
- [15] J. Dul, R. Bruder, P. Buckle, et al., "A strategy for human factors/ergonomics: Developing the discipline and profession," *Ergonomics*, vol. 55, no. 4, pp. 377–395, 2012.
- [16] M. G. Helander and L. Zhang, "Field studies of comfort and discomfort in sitting," *Ergonomics*, vol. 40, no. 9, pp. 895–915, 1997.
- [17] J. R. Wilson and N. Corlett, *Evaluation of Human Work*, 4th ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2005.
- [18] B. M. Kleiner, "Macroergonomics: Analysis and design of work systems," *Appl. Ergon.*, vol. 37, no. 1, pp. 81–89, 2006.
- [19] W. P. Neumann and J. Dul, "Human factors: Spanning the gap between OM and HRM," *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 30, no. 9, pp. 923–950, 2010.