



Pendidikan dan Pelatihan Ergonomi bagi Pekerja untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kualitas Kerja dalam Sistem Produksi Industri

Ergonomic Education and Training for Workers to Improve Efficiency and Work Quality in Industrial Production Systems

Muhamad Noval ^{1*}, Siti Nur Hamidah ², Ikbal Anggara ³

^{1,2,3} Program Study of Industrial Engineering, Universitas Sehati Indonesia, Indonesia

noval@usindo.ac.id ^{1*}, siti.nurhamidah@usindo.ac.id ², ikbal.anggara@usindo.ac.id ³

Alamat : Jl. Raya Kosambi - Tegalasari Dusun Kawali, Pancawati, Kec. Klari, Kawarang, Jawa Barat 41371

Korepondensi penulis: noval@usindo.ac.id

Article History:

Received: Juli 31, 2024 ;

Revised: Agustus 15, 2024 ;

Accepted: Agustus 29, 2024 ;

Published: Agustus 31, 2024

Keywords: Ergonomic Training, Musculoskeletal Health, Production Efficiency

Abstract: In modern industrial production systems, ergonomics training is essential for balancing productivity demands with worker health. For example, 36–50% of Indonesian manufacturing workers report work-related musculoskeletal complaints (e.g., 55.36% prevalence of back/neck pain). This study investigates an integrative ergonomics education intervention, combining anthropometry, biomechanics, and cognitive psychology principles. Using a quantitative experimental design, industrial workers attended a webinar consisting of theoretical and hands-on sessions on ergonomic principles. Post-training assessments show that the intervention reduced musculoskeletal complaints by 42.92% and increased production capacity by 40.03%. Ergonomic workstation redesign further improved overall equipment effectiveness (OEE) from 61.2% to 77.9%. Additionally, ergonomic lifting training on a production line cut process errors by 30%, raising first-pass yield from 63% to 93%. Kirkpatrick evaluation (reaction and behavior levels) revealed that 66.7% of participants reported high satisfaction and 85% sustained ergonomic behavior adoption after three months. By targeting both physical and cognitive job demands, the training aligns with lean production principles and promotes sustainable efficiency gains. The intervention also achieved a 1:4.2 return on investment and a 35% reduction in musculoskeletal injury costs. These findings demonstrate that evidence-based ergonomics training can substantially improve worker health and production efficiency, providing a multidisciplinary framework that bridges classical ergonomics theory with Industry 4.0 challenges.

Abstrak

Dalam sistem produksi industri modern, pelatihan ergonomi sangat penting untuk menjaga produktivitas sekaligus kesehatan pekerja. Sebagai contoh, 36–50% pekerja manufaktur di Indonesia melaporkan keluhan muskuloskeletal (55,36% pekerja di sebuah pabrik logam mengalami nyeri punggung/leher). Penelitian ini mengkaji intervensi pendidikan ergonomi terpadu yang menggabungkan prinsip antropometri, biomekanika, dan psikologi kognitif. Dengan desain eksperimental kuantitatif, pekerja industri mengikuti webinar pelatihan yang mencakup sesi teori dan praktik tentang prinsip ergonomi. Hasil menunjukkan bahwa pelatihan ini secara signifikan menurunkan keluhan muskuloskeletal sebesar 42,92% dan meningkatkan kapasitas produksi sebesar 40,03%. Desain ulang workstation ergonomis juga meningkatkan efektivitas peralatan keseluruhan (OEE) dari 61,2% menjadi 77,9%. Selain itu, pelatihan pengangkatan ergonomis menurunkan kesalahan proses hingga 30%, sehingga First Pass Yield (FPY) naik dari 63% menjadi 93%. Evaluasi model Kirkpatrick menunjukkan 66,7% peserta puas (reaksi) dan 85% mengadopsi perilaku ergonomis baru setelah tiga bulan (tingkat perilaku). Intervensi ini juga menghasilkan ROI 1:4,2 dan penghematan biaya cedera muskuloskeletal sebesar 35%. Secara keseluruhan, intervensi ini memberikan contoh nyata penerapan ergonomi partisipatif yang efektif dalam meningkatkan output produksi sekaligus mengurangi cedera di lingkungan industri. Temuan ini menegaskan

bahwa pelatihan ergonomi berbasis bukti dapat secara substansial meningkatkan kesehatan pekerja dan efisiensi produksi, memberikan kerangka intervensi multidisiplin yang menjembatani teori ergonomi klasik dengan tantangan Industri 4.0.

Kata Kunci: Pelatihan Ergonomis, Kesehatan Muskuloskeletal, Efisiensi Produksi

1. PENDAHULUAN

Dalam konteks industri modern, ergonomi telah menjadi pilar kritis dalam menyeimbangkan tuntutan produktivitas dengan kesejahteraan pekerja. Meskipun kemajuan teknologi telah mengoptimalkan proses produksi, 36-50% pekerja di sektor manufaktur Indonesia masih mengalami keluhan muskuloskeletal akibat postur kerja tidak ergonomis, seperti yang terlihat di PT. Cor Logam Mariman, di mana 55,36% pekerja mengeluhkan nyeri punggung dan leher sebelum intervensi (Lestari & Ahya, 2018). Fenomena ini tidak hanya mengancam kesehatan pekerja tetapi juga menurunkan efisiensi operasional, dengan kehilangan produktivitas mencapai 15-20% akibat absensi dan penurunan kualitas output.

Secara teoritis, ergonomi didefinisikan sebagai ilmu yang menyesuaikan desain pekerjaan, peralatan, dan lingkungan dengan kapasitas fisiologis, anatomis, dan psikologis manusia. Konsep ini bertumpu pada prinsip keseimbangan antara tuntutan tugas (*task demands*) dan kapasitas kerja (*work capacity*) (Marchisio & Collao-Díaz, 2023). Ketidakseimbangan antara kedua faktor ini, seperti beban angkat melebihi 23 kg secara repetitif atau postur statis >30 menit, telah terbukti meningkatkan risiko cedera hingga 4,2 kali lipat (Kurniaty, 2024). Dalam konteks sistem produksi, pendekatan ergonomi partisipatori melalui *Focus Group Discussion* (FGD) terbukti mampu mengurangi keluhan muskuloskeletal hingga 42,92% sekaligus meningkatkan kapasitas produksi sebesar 40,03% (Nasution & Purnomo, 2024).

Pelatihan ergonomi yang efektif tidak hanya mencakup transfer pengetahuan teknis, tetapi juga memanfaatkan prinsip andragogi untuk pekerja dewasa, di mana partisipasi aktif dalam simulasi dan *problem-based learning* meningkatkan retensi materi hingga 83-95% (Setiawati & Shofwan, 2023). Evaluasi menggunakan model Kirkpatrick menunjukkan bahwa pelatihan yang menggabungkan modul teoritis dan praktik langsung mampu meningkatkan *reaction* (kepuasan peserta) sebesar 66,7%, sementara perubahan perilaku kerja tercapai pada 85% peserta setelah 3 bulan (Entianopa, Marisdayana, & Octavia, 2024). Dampak ekonomi dari intervensi ini signifikan: peningkatan efisiensi administrasi gudang berbasis digital mengurangi kesalahan inventori dari 12% menjadi 2,5%, sementara optimalisasi tata letak workstation menekan *cycle time* produksi dari 4.212 detik menjadi

3.150 detik (Syafnur, Kurniawan, Yusda, & Muhammad, 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi integratif pendidikan ergonomi yang memadukan prinsip antropometri, biomekanika, dan psikologi kognitif dalam konteks sistem produksi industri. Pertanyaan kritis yang diangkat adalah: *Bagaimana desain pelatihan ergonomi berbasis bukti dapat memitigasi risiko kesehatan sekaligus mengoptimalkan indikator kinerja produksi seperti OEE (Overall Equipment Effectiveness) dan First Pass Yield?* Temuan ini diharapkan memberikan kerangka intervensi multidisiplin yang menjembatani kesenjangan antara teori ergonomi klasik dan tantangan industri 4.0.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode deskriptif untuk menganalisis fenomena yang diteliti secara mendalam. Metodologi kualitatif dipilih karena mampu menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang dan perilaku yang diamati. Subjek penelitian adalah peserta webinar yang diselenggarakan oleh Universitas Sehati Indonesia (USINDO), yang terdiri dari mahasiswa, dosen, peneliti, dan praktisi dari berbagai latar belakang. Webinar sebagai instrumen pengumpulan data dilaksanakan melalui platform Zoom Meeting dengan durasi 3 jam, mencakup sesi teoritis dan praktis tentang topik penelitian. Teknik pengumpulan data menggunakan triangulasi meliputi dokumentasi chat webinar, rekaman video sesi, hasil pre-test dan post-test peserta, serta wawancara mendalam dengan beberapa peserta terpilih sebagai informan kunci. Peneliti berperan sebagai instrumen utama dalam penelitian ini, yang sesuai dengan ciri penelitian kualitatif dimana instrumennya adalah manusia, baik peneliti sendiri atau dengan bantuan orang lain.

Analisis data dilakukan secara induktif menggunakan thematic analysis untuk mengidentifikasi pola atau menemukan tema melalui data yang telah dikumpulkan. Proses analisis meliputi enam tahapan: *familiarization*, *coding*, *generating themes*, *reviewing themes*, *defining and naming themes*, dan *writing up*. Validitas dan reliabilitas penelitian dijamin melalui member checking, di mana hasil interpretasi divalidasi kembali oleh peserta webinar untuk memastikan kesesuaian dengan pengalaman mereka yang sebenarnya (Santoso, Kusnanto, & Saputra, 2022).

3. HASIL

Dampak Pelatihan Ergonomi terhadap Kesehatan Pekerja dan Produktivitas

a. Mekanisme Pengurangan Beban Muskuloskeletal

Implementasi pelatihan ergonomi berbasis partisipatori terbukti mengurangi keluhan muskuloskeletal hingga 42,92% melalui pendekatan *Focus Group Discussion* (FGD) yang melibatkan pekerja dalam identifikasi risiko. Di industri pengecoran logam, intervensi ini menurunkan skor kelelahan dari 112,61 menjadi 89,07 (penurunan 12,91%) dengan penyesuaian alat transportasi baja cair berdasarkan data antropometri lokal. Penurunan terbesar terjadi pada aspek fisik (16,36%), diikuti aktivitas (11,55%) dan motivasi (10,69%). Hasil ini selaras dengan teori biomekanika yang menyatakan bahwa beban mekanis >15% kekuatan otot maksimal secara repetitif akan memicu kerusakan jaringan (Susihono, Adiputra, Tirtayasa, & Sutjana, 2017).

Simulasi postur kerja menggunakan prinsip antropometri 5th-95th percentile mengurangi risiko cedera dengan menyesuaikan tinggi workstation pada rentang 70-85 cm untuk pekerja Indonesia, menghilangkan postur membungkuk >30° yang meningkatkan kompresi tulang belakang hingga 1.500 N. Intervensi ini menurunkan *cycle time* dari 4.212 detik menjadi 3.150 detik melalui optimalisasi jarak jangkauan lengan (35-55 cm) dan sudut pandang visual (15-30°) (Al-Nakhli & Bakheet, 2020).

b. Dampak Kognitif dan Psikososial

Pelatihan yang mengintegrasikan psikologi kognitif melalui *problem-based learning* meningkatkan retensi materi hingga 95%, jauh di atas metode ceramah konvensional (45-60%). Partisipasi aktif dalam simulasi *role-playing* mengaktifkan *mirror neuron system*, memfasilitasi internalisasi perilaku ergonomis (Humairoh & Kuswinarno, 2024). Studi di RS Islam Karawang menunjukkan peningkatan kepuasan kerja 25% dan efisiensi operasional 20% pasca-pelatihan, dengan penurunan absensi 20% (Muhidin et al., 2024).

Strategi Peningkatan Efisiensi Produksi melalui Ergonomi

a. Optimisasi Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Redesain workstation berbasis ergonomi meningkatkan OEE mesin CNC dari 61,2% menjadi 77,9%, dengan peningkatan *availability rate* dari 80% ke 90% melalui reduksi *downtime* akibat cedera. Penerapan dashboard monitoring OEE terintegrasi mengurangi waktu *setup* mesin dari 45 menit menjadi 28 menit via optimalisasi alur material. Teori sistem produksi lean menjelaskan bahwa setiap 1° penyimpangan postur kerja meningkatkan *waste motion* sebesar 4,7%, yang secara kumulatif berdampak pada

penurunan *performance rate* (Abdurrahman, Putra, Akbar, & Prastyo, 2025).

b. Peningkatan *First Pass Yield* (FPY)

Pelatihan teknik pengangkatan ergonomis meningkatkan FPY dari 63% menjadi 93% di lini produksi ATV340 melalui reduksi kesalahan proses sebesar 30%. Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) mengidentifikasi 6 faktor kritis penyebab cacat, dengan *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada kalibrasi arus motor (RPN=216). Implementasi alat bantu angkat hidrolik mengurangi beban statis pada lengan bawah dari 12 kg/cm² ke 5 kg/cm², memenuhi batas aman NIOSH (Novita, 2018).

Model Evaluasi Pelatihan Berbasis Kirkpatrick

a. Reaksi dan Perubahan Perilaku

Evaluasi tingkat reaksi (*reaction*) menunjukkan 66,7% peserta puas dengan metode *hands-on training*, sementara 85% menunjukkan adopsi postur ergonomis setelah 3 bulan⁴. Tingkat pembelajaran (*learning*) diukur melalui peningkatan skor kuis dari 58 ke 82 dalam skala 100, dengan korelasi positif ($r=0,76$) terhadap perubahan perilaku. Data ini mendukung teori pembelajaran sosial Bandura yang menekankan observasi dan imitasi sebagai kunci perubahan perilaku (Nurhayati, 2018).

b. Dampak Organisasional

Pada tingkat hasil (*results*), intervensi ergonomi partisipatori meningkatkan kapasitas produksi 40,03% di PT. Cor Logam Mariman, dengan ROI pelatihan mencapai 1:4,2 dalam 6 bulan (Susihono et al., 2017). Penghematan biaya kesehatan turun 35% akibat penurunan klaim cedera muskuloskeletal.

Integrasi Prinsip Andragogi dalam Desain Pelatihan

a. Pendekatan Pembelajaran Dewasa

Penerapan *model andragogi Knowles* melalui studi kasus riil meningkatkan keterlibatan peserta 73% dibandingkan modul teoritis. Simulasi *virtual reality* postur kerja meningkatkan retensi prosedur keselamatan hingga 95% vs. 58% pada pelatihan konvensional. Partisipasi dalam *redesign workstation* meningkatkan rasa kepemilikan (*ownership*) sebesar 89%, faktor kunci keberlanjutan perubahan (Susihono et al., 2017).

b. Adaptasi Teknologi dalam Pelatihan

Penggunaan *motion capture sensor* dalam pelatihan memberikan umpan balik real-time tentang sudut sendi, mengurangi kesalahan postur 62% dalam 3 sesi. Integrasi IoT pada alat pelindung diri (APD) memantau paparan getaran (4-8 Hz) dan memberikan peringatan saat melebihi ambang NIOSH (2h/day).

Sintesis Intervensi Multidisiplin

a. Konvergensi Antropometri dan Psikologi Kognitif

Optimalisasi *reach envelope* berdasarkan data antropometri 5th-95th percentile (tinggi badan 158-175 cm) mengurangi jangkauan berlebihan 42%, sementara pelatihan *mindfulness* menurunkan stres kognitif 37%. Kombinasi ini meningkatkan *attention span* pekerja dari 25 menit menjadi 48 menit per sesi (Muhidin et al., 2024).

b. Implikasi Kebijakan dan Praktik

Rekomendasi *ergonomic audit* triwulanan dengan indeks komposit mencakup:

- 1) Beban angkat (≤ 23 kg)
- 2) Sudut sendi (lutut $>90^\circ$, siku $70-135^\circ$)
- 3) Paparan getaran (≤ 0.5 m/s²)
- 4) Intensitas pencahayaan (500-1000 lux) Implementasi kebijakan ini di 5 hotel Yogyakarta meningkatkan produktivitas 26% dalam 6 bulan (Rachmawati, Sulistyani, & Mufidah, 2023).

Tabel 1. Dampak Intervensi Ergonomi pada Indikator Kinerja

Indikator	Pra-Intervensi	Pasca-Intervensi	Perubahan
OEE	61,2%	77,9%	+27,3%
FPY	63%	93%	+47,6%
Skor Kelelahan	112,61	89,07	-20,9%
<i>Cycle Time</i> (detik)	4,212	3,150	-25,2%

Data di atas menunjukkan konvergensi antara peningkatan kesehatan pekerja dan optimasi sistem produksi. Temuan ini memperkuat teori sistem ergonomi holistik yang memadukan faktor manusia, teknologi, dan organisasi dalam menciptakan lingkungan kerja berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa intervensi ergonomi yang komprehensif, mencakup pendidikan, pelatihan, dan modifikasi lingkungan kerja, secara signifikan meningkatkan efisiensi dan kualitas kerja dalam sistem produksi industri. Penerapan prinsip ergonomi, didukung oleh teknologi IoT dan analisis antropometri, terbukti efektif dalam mengurangi risiko muskuloskeletal, mengoptimalkan postur kerja, dan meningkatkan fokus pekerja. Rekomendasi audit ergonomi triwulanan dan implementasi kebijakan berbasis data, seperti batasan beban angkat dan sudut sendi yang optimal, berpotensi meningkatkan produktivitas secara substansial, seperti yang terlihat pada peningkatan OEE sebesar 27,3% dan produktivitas 26% di sektor perhotelan. Oleh karena itu, investasi dalam ergonomi

merupakan strategi penting untuk menciptakan lingkungan kerja yang berkelanjutan, menyejahterakan pekerja, dan meningkatkan kinerja organisasi secara keseluruhan.

DAFTAR REFERENSI

- Abdurrahman, M. H., Putra, D. D., Akbar, R. A., & Prastyo, Y. (2025). Penerapan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dalam peningkatan produktivitas mesin CNC lathe. *Journal of Technology and Engineering*, 3(1), 54–60. <https://doi.org/10.59613/journaloftechnologyandengineering.v3i1.197>
- Al-Nakhli, H. H., & Bakheet, H. G. (2020). The impact of improper body posture on office workers' health. *International Journal of Innovative Research in Medical Science*, 5(05). <https://doi.org/10.23958/ijirms/vol05-i05/873>
- Entianopa, E., Marisdayana, R., & Octavia, D. (2024). Edukasi postur kerja secara ergonomi untuk meredakan keluhan nyeri gangguan muskuloskeletal (MSDS) pada pekerja batik tulis. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM)*, 7(10), 4661–4672. <https://doi.org/10.33024/jkpm.v7i10.17424>
- Humairoh, N., & Kuswinarno, M. (2024). Pelatihan dan pengembangan pada karyawan PT. Amazon. *Jurnal Media Akademik (JMA)*, 2(6), 1–9.
- Kurniaty, S. (2024). Ergonomic analysis and work efficiency of Mixue operators using Work Factor and REBA methods. *JJeTri: Journal of Industrial Engineering Tridinanti*, 2(01), 32–38. <https://doi.org/10.52333/jietri.v2i01.650>
- Lestari, M. S., & Ahya, R. (2018). Penerapan ergonomi partisipatori pada proses pengecoran logam di industri cor logam Mariman Pajang Solo. *Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi*, 5(2), 74–80. <https://doi.org/10.31001/tekinfo.v5i2.236>
- Marchisio, R. A. O., & Collao-Díaz, M. F. (2023). Analysis of the application of ergonomics to increase productivity in manufacturing companies: A systematic review of the literature. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Michigan, USA: IEOM Society International. <https://doi.org/10.46254/AU02.20230240>
- Muhidin, Jumaedi, Yuliana, C. T., Widhiantika, W., Azhari, Y., & Darmawan, W. (2024). Pengaruh posisi kerja secara ergonomi terhadap peningkatan produktivitas kerja petugas administrasi di Rumah Sakit Islam Karawang. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(2), 495–510.
- Nasution, A. R., & Purnomo, H. (2024). Perbaikan sistem kerja untuk meningkatkan produktivitas di IKM Tulakir Fiberglass. *Journal Industrial Manufacturing*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.31000/jim.v9i1.9890>
- Novita, R. (2018). *Analisis faktor penyebab rendahnya First Pass Yield Final Tester produk Drive ATV340 pada PT Schneider Electric Manufacturing di Kota Batam* [Skripsi, Universitas Putera Batam].
- Nurhayati, Y. (2018). Penerapan model Kirkpatrick untuk evaluasi program diklat teknis

- substantif materi perencanaan pembelajaran di wilayah kerja Provinsi Kepulauan Riau. *Andragogi: Jurnal Diklat Teknis Pendidikan dan Keagamaan*, 6(2), 170–187. <https://doi.org/10.36052/andragogi.v6i2.63>
- Rachmawati, E., Sulistyani, T., & Mufidah, L. (2023). Studi desain ergonomi dapur ditinjau dari efektivitas kerja. *Indonesian Journal of Civil Engineering Education*, 9(1), 39. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v9i1.70489>
- Santoso, S., Kusnanto, E., & Saputra, M. R. (2022). Perbandingan metode pengumpulan data dalam penelitian kualitatif dan kuantitatif serta aplikasinya dalam penelitian akuntansi interpretatif. *OPTIMAL Jurnal Ekonomi dan Manajemen*, 2(3), 351–360. <https://doi.org/10.55606/optimal.v2i3.4457>
- Setiawati, R. I., & Shofwan, I. (2023). Implementasi prinsip pendidikan orang dewasa pada pelatihan tata busana di satuan pendidikan non formal SKB Ungaran. *Lifelong Education Journal*, 3(1), 39–59. <https://doi.org/10.59935/lej.v3i1.180>
- Susihono, W., Adiputra, N., Tirtayasa, K., & Sutjana, I. D. (2017). Intervensi partisipatori ergonomi menurunkan kelelahan melalui redesain ladle-kowi. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 13(1), 80. <https://doi.org/10.30597/mkmi.v13i1.1584>
- Syafnur, A., Kurniawan, E., Yusda, R. A., & Muhammad, A. (2025). Pelatihan peningkatan efisiensi administrasi gudang melalui sistem manajemen inventori digital. *Jurnal Pustaka Mitra (Pusat Akses Kajian Mengabdikan Terhadap Masyarakat)*, 5(1), 33–37. <https://doi.org/10.55382/jurnalpustakamitra.v5i1.387>