

## Analisis Risiko Ergonomi dan Intervensi Manual Material Handling pada Toko Bahan Bangunan: Studi Kasus Pengabdian Masyarakat di UMKM Kulon Progo

Ayudyah Eka Apsari\*<sup>1</sup>, Diyah Dwi Nugraheni<sup>2</sup>, Ahmad Zada Hilmi Syifa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Teknologi Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Rekayasa Tekstil, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia

\*e-mail: [ayudyah.eka.apsari@uty.ac.id](mailto:ayudyah.eka.apsari@uty.ac.id)<sup>1</sup>, [diyah.nugraheni@uii.ac.id](mailto:diyah.nugraheni@uii.ac.id)<sup>2</sup>, [hilmisyifa96@gmail.com](mailto:hilmisyifa96@gmail.com)<sup>3</sup>

**Abstract:** *Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) represent a major occupational health challenge in small, and medium enterprises (SMEs), particularly in manual material handling (MMH) activities performed without mechanical assistance. This community service study aimed to analyze ergonomic risks and implement ergonomic interventions in MMH activities at TB. XX, a building material store in Kulon Progo. The method applied a multidisciplinary approach involving workplace observation, ergonomic risk identification, assessment of musculoskeletal complaints, standardized posture analysis, managerial engagement to ensure organizational commitment, and ergonomic interventions through proper lifting technique training and simple assistive devices. The results indicated that three workers performed MMH involving loads of 3–30 kg for approximately four hours per day and reported musculoskeletal complaints in the neck, shoulders, lower back, and legs. Ergonomic and participatory interventions are expected to reduce WMSD risks and improve occupational safety, comfort, and productivity in SMEs.*

**Keywords:** *ergonomic risk assessment, manual material handling, musculoskeletal disorders, SMEs*

**Abstrak:** Gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan (*Work-Related Musculoskeletal Disorders/WMSDs*) merupakan permasalahan kesehatan kerja yang signifikan pada UMKM, terutama pada aktivitas *manual material handling* (MMH) yang dilakukan tanpa bantuan mekanis. Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan menganalisis risiko ergonomi pada aktivitas MMH serta menerapkan intervensi ergonomis pada pekerja TB. XX, toko bahan bangunan di Kulon Progo. Metode yang digunakan meliputi observasi kondisi kerja, identifikasi faktor risiko ergonomis, penilaian keluhan muskuloskeletal, analisis postur kerja menggunakan alat penilaian terstandar, pendekatan manajerial untuk membangun komitmen organisasi, serta intervensi melalui pelatihan teknik pengangkatan yang benar dan penggunaan alat bantu sederhana. Hasil menunjukkan tiga pekerja melakukan MMH dengan beban 3–30 kg selama ±4 jam per hari dan melaporkan keluhan pada leher, bahu, punggung bawah, dan kaki. Intervensi ergonomis diharapkan menurunkan risiko WMSDs dan meningkatkan keselamatan serta produktivitas kerja di UMKM.

**Kata kunci:** analisis risiko ergonomi, *manual material handling*, gangguan muskuloskeletal, UMKM

### 1. PENDAHULUAN

Kecelakaan kerja merupakan risiko signifikan dalam seluruh proses pekerjaan dan mencerminkan ketidaksesuaian antara tuntutan kerja dengan kapabilitas fisiologis serta psikologis pekerja. Gangguan muskuloskeletal terkait pekerjaan (*Work-Related Musculoskeletal Disorders/WMSDs*) didefinisikan sebagai cedera atau gangguan pada otot, saraf, tendon, sendi, tulang rawan, dan diskus tulang belakang akibat paparan faktor risiko kerja (CCOHS, 2024; Gregg et al., 2024). Pekerja dengan keterbatasan kapabilitas fisiologis memiliki risiko cedera lebih tinggi saat melakukan pekerjaan fisik berdurasi panjang atau repetitif akibat akumulasi beban pada sistem muskuloskeletal (Okezie et al., 2020). Faktor risiko utama WMSDs meliputi gerakan repetitif, gaya berlebih, postur canggung, posisi statis berkepanjangan, kompresi lokal, getaran, suhu dingin, jam kerja panjang tanpa istirahat, serta stres psikososial kerja (CCOHS, 2024; Gregg et al., 2024; Salguero-Caparrós et al., 2025). Akumulasi mikrotrauma berulang memicu inflamasi lokal yang dapat berkembang menjadi perubahan struktural dan fungsional kronis pada jaringan muskuloskeletal (CCOHS, 2024).

Gangguan muskuloskeletal berdampak jangka panjang terhadap penurunan produktivitas, gangguan fungsi tubuh, dan kerugian ekonomi bagi individu maupun organisasi. WMSDs juga

dipandang sebagai faktor risiko penting bagi perkembangan penyakit degeneratif kronis seperti osteoarthritis, osteoporosis, dan sarcopenia (Greggi et al., 2024). Risiko WMSDs meningkat secara signifikan pada pekerja dengan riwayat cedera atau penyakit akibat kerja sebelumnya, yang berperan sebagai prediktor utama gangguan muskuloskeletal di masa mendatang (Tolera et al., 2025). Oleh karena itu, analisis risiko ergonomis diperlukan untuk menilai kesesuaian tuntutan kerja dengan kapabilitas pekerja, terutama di sektor informal dan UMKM yang memiliki keterbatasan sumber daya dan sistem K3 yang kurang terstruktur. Manual material handling (MMH) merupakan aktivitas kerja berisiko tinggi yang melibatkan pengangkatan, penurunan, dan pemindahan material menggunakan tenaga manusia tanpa bantuan mekanis (Chandra, 2023; Latib et al., 2023). Aktivitas MMH yang dilakukan tanpa perhitungan beban dan postur ergonomis meningkatkan risiko cedera muskuloskeletal akibat pola kerja repetitif dan akumulatif (Rahmadhan & Putra, 2023). Pengangkatan beban yang melebihi kapasitas fisiologis menghasilkan gaya kompresi berlebih pada tulang belakang lumbal, khususnya pada segmen L5/S1 yang paling rentan terhadap cedera. Analisis biomekanikal digunakan untuk mengkuantifikasi risiko tersebut dan meminimalkan stres fisiologis serta kelelahan tubuh selama aktivitas penanganan material (Chandra, 2023). Pemanfaatan tenaga manusia dalam MMH banyak dijumpai pada UMKM akibat keterbatasan modal dan rendahnya tingkat otomasi. UMKM umumnya memiliki risiko kecelakaan kerja lebih tinggi karena keterbatasan sumber daya, rendahnya komitmen manajemen K3, ketiadaan sistem K3 formal, serta minimnya dukungan layanan kesehatan kerja profesional (Hazemi et al., 2025; Nastasia & Rives, 2025).

TB. XX sebagai UMKM penyedia bahan bangunan di Kulon Progo melakukan aktivitas MMH secara manual dengan beban 3–30 kg tanpa bantuan alat mekanis. Aktivitas MMH di sektor bangunan dikategorikan sebagai pekerjaan berisiko tinggi terhadap gangguan muskuloskeletal, terutama pada pekerja yang melakukan aktivitas angkat-angkut secara berulang (Hazemi et al., 2025; Rusli & Santoso, 2025). Keluhan muskuloskeletal umumnya terlokalisasi pada leher, bahu, punggung, lengan, dan tangan akibat beban kerja tinggi dan postur tidak ergonomis (Okezue et al., 2020). Aktivitas MMH yang berulang dapat memicu gangguan muskuloskeletal kronis, termasuk hernia diskus intervertebralis akibat trauma jaringan berulang dan proses degeneratif diskus (Isa et al., 2022; Li et al., 2021). Proses degenerasi diskus melibatkan aktivasi jalur inflamasi, pertumbuhan saraf nociceptive patologis, serta perubahan struktural seperti penurunan tinggi diskus dan pembentukan osteofit (Diwan & Melrose, 2023; Isa et al., 2022; Li et al., 2021). Pada kondisi berat, hernia diskus dapat menyebabkan kompresi saraf atau mielopati dengan gangguan neurologis yang signifikan (Isa et al., 2022).

Pencegahan WMSDs memerlukan pendekatan ergonomi multidimensi yang mengintegrasikan aspek teknis, organisasional, personal, dan psikososial. Intervensi ergonomis modern menggabungkan modifikasi fisik, edukasi perilaku, dukungan teknologi, serta keterlibatan aktif pekerja melalui ergonomi partisipatif (Álvarez et al., 2025). Evaluasi ergonomis menggunakan metode terstandar seperti REBA, RULA, OWAS, dan analisis biomekanikal efektif dalam mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko ergonomis secara objektif (Ağar, 2025; Kee, 2022; Varghese et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan melakukan analisis risiko ergonomis pada aktivitas MMH di TB. XX melalui pendekatan multidisiplin guna merumuskan rekomendasi intervensi berbasis bukti yang sesuai dengan UMKM di Indonesia.

## 2. METODE

Metode yang dilakukan kepada pekerja dalam pelatihan penerapan manual material handling dengan memanfaatkan teknologi sederhana di sekitar area kerja. Adapun tahapan yang dilakukan:

- a. Observasi. Observasi dilakukan untuk meninjau permasalahan yang dialami oleh pekerja melalui pengamatan langsung di lapangan (Acquah et al., 2020). Metode observasi sistematis memungkinkan identifikasi faktor risiko ergonomis termasuk postur kerja, pola gerakan, dan frekuensi aktivitas spesifik (Kee, 2022).
- b. Assesment. Pada tahapan ini, dilakukan tanya jawab untuk menggali keluhan pekerja dan analisis postur selama proses kerja berlangsung menggunakan tools ergonomis terstandar

- (Tasik et al., 2025). Pendekatan individual dilakukan untuk memberikan solusi yang sesuai dengan karakteristik pekerja dan proses kerja spesifik (Robertson et al., 2015).
- c. Pendekatan dengan pihak manajerial. Tahapan ini dilakukan untuk memberikan dukungan dari pihak manajemen, baik dukungan moral maupun material, dalam menyelesaikan permasalahan keluhan kerja pekerja (Robertson et al., 2015). Keterlibatan manajemen sejak awal meningkatkan komitmen organisasional dan keterlanjutan program kesehatan kerja.
  - d. Intervensi. Intervensi dilakukan dalam bentuk pelatihan penggunaan alat bantu sederhana yang ada di sekitar lingkungan kerja, seperti carts, dollies, atau platform adjustable (Jari et al., 2022). Penerapan manual material handling ergonomis dilakukan melalui pelatihan teknik pengangkatan yang benar dan modifikasi workstation untuk menurunkan beban kerja (Chandra, 2023; Jari et al., 2022).



Gambar 1. Proses Pengabdian yang dilakukan Toko Bahan Bangunan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Survei Pendahuluan

Survei Pendahuluan dilakukan guna memperoleh permasalahan yang mendasar terjadi pada kondisi kerja yang dilakukan oleh pekerja. Survei dilakukan terhadap 3 orang pekerja pada bagian angkut angkut yang khusus melakukan perpindahan produk dari toko bahan bangunan ini. Survei penahuluan ini dilakukan selama satu hari, dengan memperhatikan proses kerja yang dilakukan oleh pekerja saat melakukan proses angkat angkut secara menyeluruh dengan berbagai macam beban yang terangkat. Dari hasil survei ini didapatkan bahwa pekerja melakukan kegiatan angkat angkut dengan beban pada rentang 3 – 30 Kg per hari nya. Repetisi pengangkatan dilakukan dengan durasi total selama 4 jam.

Proses angkat angkut dilakukan tanpa menggunakan alat bantu guna meringankan beban angkat dari pekerja. Kegiatan angkat angkut dilakukan secara manual dengan menggunakan tenaga otot secara total. Pengangkatan manual yang dilakukan bahkan tanpa pelindung diri seperti sarung tangan. Secara manual dilakukan dengan menggunakan tangan dan dipanggul menggunakan punggung dari pekerja. Sebagaimana terlihat pada gambar 1.



Gambar 2. Proses Angkat Angkut yang dilakukan oleh Pekerja

### 3.2 Diskusi

Hasil survei menunjukkan adanya keluhan dari pekerja pada leher, bahu, punggung, dan pinggang. Keluhan ini terjadi secara berkala dan hilang timbul. Keluhan ini seringkali terjadi akibat pengangkatan dengan beban yang berat di atas 25Kg dengan repetisi lebih dari 6 kali bolak balik. Selain itu, kesalahan postur menjadi penyebab adanya keluhan yang terjadi pada pekerja. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Napitupulu dan Syahputra (2019) bahwa penyebab utama keluhan pekerja pengangkatan manual terjadi akibat dari pelaksanaan pekerjaan yang dilakukan secara manual.

#### 1. Analisis Kondisi Kerja dan Risiko Ergonomi

Berdasarkan hasil pengamatan dan identifikasi aktivitas kerja pada TB. XX sebagai UMKM penyedia bahan bangunan di wilayah Kulon Progo, diketahui bahwa seluruh proses pemindahan material dilakukan secara manual material handling (MMH) tanpa bantuan alat mekanis. Pekerja melakukan aktivitas angkat-angkut dengan rentang beban yang cukup besar, yaitu antara 3–30 kg per sekali angkat, dengan frekuensi yang berulang setiap hari kerja. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi risiko ergonomi yang cukup tinggi. Aktivitas MMH yang dilakukan tanpa mempertimbangkan batas kemampuan fisik pekerja dan tanpa penerapan prinsip ergonomi dapat meningkatkan beban kerja otot, khususnya pada bagian punggung bawah, bahu, leher, dan ekstremitas bawah. Hal ini sejalan dengan temuan Suryoputro et al. (2018) yang menyatakan bahwa MMH merupakan salah satu aktivitas kerja dengan risiko fisik tertinggi, terutama apabila dilakukan secara berulang dan dengan postur yang tidak sesuai. Selain itu, tidak adanya standar berat maksimum yang diangkat oleh pekerja menunjukkan bahwa proses kerja belum memperhatikan aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Jika beban yang diangkat melebihi batas aman, maka tekanan berlebih pada tulang belakang, khususnya pada discus intervertebralis, dapat terjadi dan memicu keluhan muskuloskeletal (Adiyanto et al., 2019).

#### 2. Analisis Keluhan Muskuloskeletal Pekerja

Keluhan yang dirasakan oleh pekerja TB. XX meliputi sakit pada bahu, leher, punggung, pinggang, serta rasa berat pada kaki. Keluhan tersebut merupakan indikator awal terjadinya MSDs akibat beban kerja fisik yang berlebihan dan postur kerja yang tidak ergonomis. Danida et al. (2020) menyebutkan bahwa postur kerja yang tidak sesuai dan aktivitas repetitif dalam jangka waktu panjang berkontribusi signifikan terhadap meningkatnya kejadian MSDs pada pekerja. Keluhan ini juga diperkuat oleh durasi kerja yang panjang dan sifat pekerjaan yang monoton serta berulang. Beban kerja otot yang terjadi secara terus-menerus tanpa waktu pemulihan yang cukup dapat menimbulkan kelelahan otot akut yang berpotensi berkembang menjadi cedera kronis. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menurunkan kapasitas kerja pekerja dan meningkatkan risiko kecelakaan kerja (Tjahayuningtyas, 2019).

#### 3. Dampak Terhadap Produktivitas dan Keselamatan Kerja

Dari sudut pandang produktivitas, keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja berpotensi menurunkan efektivitas dan efisiensi kerja. Pekerja yang mengalami nyeri atau kelelahan cenderung bekerja lebih lambat, mudah lelah, dan berisiko melakukan kesalahan kerja. Hal ini tidak hanya berdampak pada individu pekerja, tetapi juga pada kinerja UMKM secara keseluruhan. Ikhsan (2025) menegaskan bahwa aktivitas pengangkatan manual merupakan penyebab utama kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja, khususnya yang berkaitan dengan persendian dan pergelangan tangan. Jika kondisi ini dibiarkan tanpa intervensi, maka risiko cedera berkepanjangan, absensi kerja, hingga penurunan kualitas hidup pekerja menjadi semakin besar. Pemanfaatan tenaga manusia dalam aktivitas manual memang masih banyak digunakan pada sektor UMKM sebagai aktivitas penunjang (Khairani, 2021). Namun demikian, tanpa adanya edukasi ergonomi dan alat bantu kerja yang sesuai, penggunaan tenaga manusia secara berlebihan justru meningkatkan risiko kesehatan kerja.

#### 4. Implikasi Pengabdian dan Upaya Perbaikan

Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa diperlukan adanya analisis risiko ergonomi sebagai langkah awal untuk mengevaluasi kesesuaian antara beban kerja, postur kerja, dan kemampuan fisik pekerja (Graziosi et al., 2024; Jin et al., 2025). Kegiatan pengabdian kepada masyarakat menjadi sangat relevan dalam konteks ini, terutama melalui edukasi postur kerja yang benar, pengenalan batas aman pengangkatan beban, serta rekomendasi penggunaan alat bantu sederhana untuk aktivitas angkat-angkut (Henning et al., 2009; Lee et al., 2021). Pendekatan ini diharapkan mampu menurunkan risiko MSDs, meningkatkan kenyamanan kerja, serta menjaga produktivitas pekerja dan keberlangsungan usaha TB. XX. Hal ini sejalan dengan tujuan utama ergonomi, yaitu menciptakan sistem kerja yang aman, nyaman, dan efisien bagi pekerja (Jin et al., 2025; Krishnanmoorthy et al., 2025; Lee et al., 2021).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kondisi kerja dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa aktivitas MMH yang dilakukan oleh pekerja di TB. XX memiliki tingkat risiko ergonomi yang cukup tinggi. Pekerjaan angkat-angkut bahan bangunan dilakukan secara manual tanpa bantuan alat dan tanpa memperhatikan batas aman pengangkatan beban serta postur kerja yang ergonomis. Keluhan muskuloskeletal yang dialami pekerja, seperti nyeri pada bahu, leher, punggung, pinggang, serta rasa berat pada kaki, menunjukkan adanya beban kerja fisik yang berlebih dan bersifat repetitif. Kondisi ini berpotensi menimbulkan cedera jangka panjang serta meningkatkan risiko kecelakaan kerja apabila tidak dilakukan upaya perbaikan. Selain berdampak pada kesehatan pekerja, permasalahan ini juga berpengaruh terhadap produktivitas kerja dan keberlanjutan usaha UMKM. Melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat, identifikasi risiko kerja dan peningkatan pemahaman pekerja mengenai prinsip ergonomi menjadi langkah penting dalam upaya pencegahan gangguan muskuloskeletal serta peningkatan keselamatan dan kenyamanan kerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Acquah, A. A., D'Souza, C., Martin, B., Arko-Mensah, J., Asabea Nti, A., Kwarteng, L., Takyi, S., Botwe, P. K., Tettey, P., Dwomoh, D., Quakyi, I. A., Robins, T. G., & Fobil, J. N. (2020). Development of An Observation-Based Tool for Ergonomic Exposure Assessment in Informal Electronic Waste Recycling and Other Unregulated Non-Repetitive Work. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 64(1), 905–909. <https://doi.org/10.1177/1071181320641216>
- Adiyanto, O., Prasetyo, F. A., & Ramadhani, M. F. K. (2019). Manual Material Handling in the 'Karung' Lifting Process Using Biomechanic and Physiologi Approach. *Jurnal Penelitian Saintek*, 24(1), 32–38. <https://doi.org/10.21831/jps.v24i1.23611>
- Ağar, A. (2025). Comparison of Reba, Rula And Owas Ergonomic Risk Assessment Methods: An Example of A Car Tire Business. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 13(1), 250–262. <https://doi.org/10.21923/jesd.1471082>
- Álvarez, L. A. M., Iglesias, A. M. G., Galindo, S. L. J., Fernández, M. L. R., Montoya, M. P., & Oropesa, C. M. (2025). Ergonomic Interventions and Their Effects on Worker Performance: A Systematic Review. *Journal of Human University (Natural Sciences)*, 52(10). <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.52.10.3>

- CCOHS. (2024). *Work-related Musculoskeletal Disorders (WMSDs)*. Canadian Centre for Occupational Health and Safety.
- Chandra, H. (2023). Manual material Handling Analysis Using Biomechanics at Repair Department Workers. *JENIUS : Jurnal Terapan Teknik Industri*, 4(1), 108–115. <https://doi.org/10.37373/jenius.v4i1.498>
- Danida, D. I., Nurrizka, R. H., Agustina, & Iswanto, A. H. (2020). Hubungan Postur Kerja Dengan Keluhan Muskuloskeletal Pada Pekerja Hotel Di Jakarta. *JPH RECODE*, 3(2), 79–87. <http://e-journal.unair.ac.id/JPHRECODE>
- Diwan, A. D., & Melrose, J. (2023). Intervertebral Disc Degeneration and How it Leads to Low Back Pain. *JOR SPINE*, 6(1). <https://doi.org/10.1002/jsp2.1231>
- Graziosi, F., Bonfiglioli, R., Decataldo, F., & Violante, F. S. (2024). Criteria for Assessing Exposure to Biomechanical Risk Factors: A Research-to-Practice Guide—Part 1: General Issues and Manual Material Handling. *Life*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/life14111398>
- 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>
- Hazemi, S. A., Abdul Majid, N. D., Widia, M., & Abdul Aziz, H. (2025). OSH Management in Small and Medium Enterprises: A Bibliometric Review. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 24(1), 121–139. <https://doi.org/10.25077/josi.v24.n1.p121-139.2025>
- Henning, R., Warren, N., Robertson, M., Faghri, P., & Cherniack, M. (2009). Workplace Health Protection and Promotion through Participatory Ergonomics: An Integrated Approach. *Public Health Reports®*, 124(4), 26–35. <https://doi.org/10.1177/00333549091244S104>
- Ikhsan, M. N. (2025). Identifikasi dan Pengendalian Risiko Pada Pekerjaan Lifting Manual Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC). *Journal of Industrial Engineering and Technology*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.36277/jietech.v1i1.24>
- Isa, I. L. M., Teoh, S. L., Nor, N. H. M., & Mokhtar, S. A. (2022). Discogenic Low Back Pain: Anatomy, Pathophysiology and Treatments of Intervertebral Disc Degeneration. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1). <https://doi.org/10.3390/ijms24010208>
- Jari, A., Niazmand-Aghdam, N., Mazhin, S. A., Poursadeghiyan, M., & Sahlabadi, A. S. (2022). Effectiveness of Training Program in Manual Material Handling: A Health Promotion Approach. *Journal of Education and Health Promotion*, 11(1). [https://doi.org/10.4103/jehp.jehp\\_492\\_21](https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_492_21)
- Jin, X., Dong, Y., Yang, L., Huang, W., Cao, L., Zhang, Z., & He, L. (2025). Ergonomic Interventions to Improve Musculoskeletal Disorders Among Vehicle Assembly Workers: A One-Year Longitudinal Study. *BMC Public Health*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-025-21798-1>
- Kee, D. (2022). Systematic Comparison of OWAS, RULA, and REBA Based on a Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19.
- Khairani, N. (2021). Pengaruh Manual Handling Terhadap Keluhan Musculoskeletal Disorders Pada Pekerja Angkut Angkut Di CV. Amanah Transport. *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(2), 969–974. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v5i2.2383>
- Krishnanmoorthy, G., Rampal, S., Karuthan, S. R., Baharudin, F., & Krishna, R. (2025). Effectiveness of Participatory Ergonomic Interventions on Work-Related Musculoskeletal Disorders, Sick Absenteeism, and Work Performance Among Nurses: Systematic Review. *JMIR Human Factors*, 12, e68522–e68522. <https://doi.org/10.2196/68522>
- Latib, N. L. M., Salim, M. S., Bakar, S. A., Salleh, A. F., Omar, N., Hamid, H. A., Awang, S. A., & Kamaruddin, A. (2023). *Biomechanical and Ergonomics Study of Manual Material Handling During Team Lifting Activity*. <https://doi.org/10.1063/5.0113906>
- Lee, S., De Barros, F. C., De Castro, C. S. M., & De Oliveira Sato, T. (2021). Effect of An Ergonomic Intervention Involving Workstation Adjustments on Musculoskeletal Pain in Office Workers—A Randomized Controlled Clinical Trial. *Industrial Health*, 59(2), 78–85. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2020-0188>
- Li, W., Gong, Y., Liu, J., Guo, Y., Tang, H., Qin, S., Zhao, Y., Wang, S., Xu, Z., & Chen, B. (2021). Peripheral and Central Pathological Mechanisms of Chronic Low Back Pain: A Narrative Review. *Journal of Pain Research*, 14, 1483–1494. <https://doi.org/10.2147/JPR.S306280>
- Napitupulu, H. L., & Syahputra, M. A. (2019). Analisis Manual Material Handling Menggunakan Pada Pekerja Warehouse KRA PT Pamapersada Nusantara Menggunakan Metode Biomekanika. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 2(3). <https://doi.org/10.32734/ee.v2i3.773>
- Nastasia, I., & Rives, R. (2025). Successful Strategies for Occupational Health and Safety in Small and Medium Enterprises: Insights for a Sustainable Return to Work. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 35(4), 767–782. <https://doi.org/10.1007/s10926-024-10255-2>

- Okezue, O. C., Anamezie, T. H., Nene, J. J., & Okwudili, J. D. (2020). Work-Related Musculoskeletal Disorders among Office Workers in Higher Education Institutions: A Cross-Sectional Study. *Ethiopian Journal of Health Sciences*, 30(5). <https://doi.org/10.4314/ejhs.v30i5.10>
- Rahmadhan, D. D., & Putra, B. I. (2023). Risk Analysis of Manual Material Handling Using Recommended Weight Limit, Job Strain Index and Job Safety Analysis Method. *UMSIDA Preprints Server*. <https://doi.org/10.21070/ups.3327>
- Robertson, M. M., Henning, R. A., Warren, N., Nobrega, S., Steinkamp, M. D., Tibiriçá, L., & Bizarro, A. (2015). Participatory Design of Integrated Safety and Health Interventions in the Workplace: a Case Study Using the Intervention Design and Analysis Scorecard (IDEAS) Tool. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 3(3–4), 303–326. <https://doi.org/10.1504/IJHFE.2015.073008>
- Rusli, N. T., & Santoso, H. (2025). Implementation of Occupational Health and Ergonomics in Hospital Workers: A Case Study of Charitas Hospital Palembang. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 3(7), 3249–3255. <https://doi.org/10.59837/jpmba.v3i7.2982>
- Salguero-Caparrós, F. M., Sánchez-Teba, E. M., Bermúdez-González, G., & Rubio-Romero, J. C. (2025). Where is Occupational Health and Safety Management Research in Small and Medium-Sized Enterprises Headed? A Thematic Evolution and Bibliometric Analysis. *Cogent Business & Management*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2025.2482021>
- Suryoputro, M. R., Wildani, K., & Sari, A. D. (2018). Analysis of Manual Material Handling Activity to Increase Work Productivity (Case study: Manufacturing Company). *MATEC Web of Conferences*, 154. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401085>
- Tasik, S. A., Maulidya, R., Utami, I. W., Safitri, D. M., Rahmawati, N., & Habyba, A. N. (2025). Integrating Ergonomic Intervention and Digital Human Modelling for Posture Improvement in Welding Tasks. *Journal Industrial Serviss*, 11(2). <https://doi.org/10.62870/jiss.v11i2.31507>
- Tjahayuningtyas, A. (2019). Faktor Yang Mempengaruhi Keluhan Musculoskeletal Disorders (MSDs) Pada Pekerja Informal. *Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 8(1), 1–10. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v8i1.2019.1-10>
- Tolera, S. T., Gobena, T., Geremew, A., Toseva, E., & Assefa, N. (2025). Work-Related Musculoskeletal Disorders and Associated Factors Among Hospital Sanitary Workers in Public Hospitals of Eastern Ethiopia. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 26(1), 640. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08873-9>
- Varghese, A., Panicker, V. V., & George, J. (2025). Posture Assessment of Rubber Tappers: A Comparative Analysis of OWAS, REBA, RULA, and PERA Methods. *La Medicina Del Lavoro*, 116(3). <https://doi.org/10.23749/mdl.v116i3.15875>