

ANALISIS *WORK-RELATED MUSCULOSKELETAL DISORDERS* (WMSDs) PADA OPERATOR MANUFAKTUR ELEKTRONIK DENGAN PENDEKATAN *NORDIC BODY MAP* (NBM) & *QUICK EXPOSURE CHECKLIST* (QEC)

Nurha Vina Jingga¹, Ansarullah Lawi^{2*}, Yopy Mardiansyah³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam

^{1,2,3}The Vitka City Complex, Jl. Gajah Mada, Tiban, Sekupang, Batam, Kepulauan Riau

*email: ansarullahlawi@iteba.ac.id

Abstract

This study comprehensively evaluates the risk of Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs) among production operators at PT EMS, a company engaged in electronics manufacturing. Utilizing a mixed-methods ergonomic approach, the research employed the Nordic Body Map (NBM) to measure operators' subjective complaint levels and the Quick Exposure Checklist (QEC) to assess objective posture-related exposure risks. Analysis of NBM data revealed that the Printing station exhibited the lowest average complaint levels (5.6 total average complaints per operator), indicating better ergonomic conditions. Conversely, Wave Solder and Cutting Point operators reported the highest average total complaints (11.9 and 11.6, respectively), with the Wave Solder station registering the highest proportion of "Severe Pain" cases. The QEC analysis, which focused on the worst-case operator exposure, identified the Wave Solder station as the most critical, yielding the highest Exposure Score of 88% (Action Level 4), followed closely by Printing (78%) and Cutting Point (74%). The body parts most susceptible to injury across these high-risk stations were the Back (QEC score 44), Wrist (40), and Shoulder/Arm (36). The findings confirm that prolonged static posture, repetitive movements, and manual material handling are primary contributors to WMSDs prevalence. Immediate interventions are highly recommended, specifically the provision of push assistance tools, elbow supports, and footrests at the workstation to mitigate exposure risk and enhance occupational health.

Keywords: Musculoskeletal Disorder, Nordic Body Map, Quick Exposure Checklist, Ergonomic Intervention

1. Pendahuluan

Industri manufaktur elektronik merupakan sektor yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia, terutama di wilayah Batam (Suwarno, 2020). Perkembangan industri ini mendukung pertumbuhan ekonomi kota dan memberikan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) (Justyanita dkk., 2021). Namun, dengan semakin meningkatnya aktivitas produksi, seringkali terdapat masalah kesehatan yang dihadapi oleh pekerja, salah satunya adalah gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs) (A.R.A.Hamid & A.H.Hilmi, 2022; Hassani dkk., 2022; Sani & Widajati, 2021). Gangguan ini muncul akibat dari postur tubuh yang tidak ergonomis, pengulangan gerakan, dan beban fisik yang terlalu berat, yang dapat berdampak negatif terhadap produktivitas serta kesejahteraan pekerja (Adil, 2025; Kamijantono dkk., 2024).

PT EMS (*Electronics Manufacturing Service*), sebagai perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur elektronik di Batam, menghadapi tantangan terkait kesehatan pekerjaannya, khususnya operator di stasiun kerja produksi. Hasil survei yang dilakukan di PT EMS pada tahun 2022 menunjukkan bahwa mayoritas operator produksi mengalami keluhan terkait nyeri otot pada berbagai bagian tubuh, seperti leher, bahu, punggung, dan kaki. Keluhan-keluhan ini berpotensi menjadi masalah yang lebih besar jika tidak segera ditangani, karena dapat menyebabkan absensi pekerja yang tinggi dan penurunan kualitas produksi.

Penelitian ini mengevaluasi tingkat gangguan musculoskeletal yang dialami oleh operator produksi menggunakan dua metode ergonomi yang sudah terbukti efektif, yaitu *Nordic Body Map* (NBM) dan *Quick Exposure Check* (QEC). Metode NBM memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi lokasi dan tingkat rasa sakit yang

dialami oleh pekerja (Masudha dkk., 2024), sedangkan QEC membantu dalam menilai tingkat paparan faktor risiko yang dapat menyebabkan cedera musculoskeletal (Rahmani dkk., 2020). Kedua metode ini digunakan untuk memperoleh data yang lebih komprehensif mengenai kondisi kesehatan pekerja serta faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keluhan MSDs pada operator produksi di PT EMS, mengetahui stasiun kerja dengan tingkat paparan risiko tertinggi, serta mengidentifikasi bagian tubuh yang paling sering mengalami keluhan. Dengan hasil penelitian ini, diharapkan perusahaan dapat merancang intervensi yang tepat untuk mengurangi risiko cedera musculoskeletal, serta meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan pekerja. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teori dan praktik terkait ergonomi di industri manufaktur.

2. Landasan Teori

a. Musculoskeletal Disorder (MSDs) dan Work-Related Musculoskeletal Disorder (WMSDs)

Sistem muskuloskeletal berfungsi menggerakkan, melindungi, dan mendukung tubuh, terdiri dari 206 tulang, otot, tendon, dan ligamen (Kumar dkk., 2022). MSDs didefinisikan sebagai rasa sakit pada otot, tendon, dan saraf, yang dapat mencakup kelelahan otot, kerusakan jaringan, dan ketidaknyamanan akibat aktivitas dengan tingkat pengulangan yang tinggi (Sufian dkk., 2023). Keluhan ini terjadi ketika otot menerima beban statis yang berulang dalam waktu lama, yang menyebabkan kerusakan pada sendi, ligamen, atau tendon. Tingkat kesakitan dapat dibagi menjadi keluhan sementara (*reversible*) yang hilang setelah pembebanan dihentikan, dan keluhan menetap (*persistent*) yang tidak hilang bahkan setelah pembebanan dihentikan.

Secara spesifik, WMSDs adalah gangguan yang terkait dengan pekerjaan (Popova dkk., 2025). Faktor-faktor yang dapat menyebabkan WMSDs meliputi sikap kerja yang tidak alami (statis, memutar, menunduk berulang), kekuatan berlebih, pengangkatan barang manual, dan gerakan cepat. Faktor internal individu seperti usia (keluhan meningkat pada usia 35–65 tahun), jenis kelamin (wanita cenderung lebih rentan karena kekuatan fisik rata-rata 2/3 dari pria), dan masa kerja yang lama juga berkontribusi pada risiko WMSDs.

b. Metode Evaluasi Ergonomi

Penanganan cepat diperlukan untuk mengobati gangguan muskuloskeletal. Metode evaluasi ergonomi yang umum digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah cedera lebih lanjut

adalah *Nordic Body Map* (NBM) dan *Quick Exposure Check* (QEC).

NBM adalah metode yang sederhana dan cepat, digunakan untuk mengukur rasa sakit otot karyawan melalui pengisian kuesioner bergambar peta tubuh, mengidentifikasi lokasi dan tingkat rasa sakit yang dirasakan (Tidak Sakit, Cukup Sakit, Sakit, Sangat Sakit) (Putri dkk., 2021). Hasil NBM diklasifikasikan ke dalam tingkat risiko menggunakan Skala Likert (Rendah hingga Sangat Tinggi) untuk menentukan tindakan perbaikan.

QEC adalah metode yang dikembangkan oleh Dr. Guan Ying Li dan Peter Buckley untuk mengukur beban postur pada empat area tubuh utama yang rentan terhadap WMSDs: punggung, bahu/lekan, pergelangan tangan, dan leher (Ispăsoiu dkk., 2021). QEC digunakan untuk mengevaluasi cedera sebelum dan sesudah penyesuaian ergonomis, membandingkan risiko cedera antar individu, dan meningkatkan kesadaran faktor risiko. Hasil perhitungan QEC menghasilkan *Exposure Level* (E) dalam persentase, yang kemudian menentukan *Action Level* (Level 1 hingga Level 4). Skor maksimum (X_{maks}) QEC adalah 162 untuk gerakan statis dan 176 untuk pekerjaan *manual handling*.

3. Metode Penelitian

a. Populasi dan Sampel

Populasi yang diteliti dalam penelitian ini adalah seluruh karyawan operator produksi di PT EMS. Pemilihan sampel didasarkan pada fokus penelitian yang mengukur keluhan pada stasiun kerja tertentu yang diidentifikasi memiliki risiko tinggi. Sampel penelitian ini terdiri dari 40 karyawan operator. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik non-random sampling jenis kuota sampling. Sampel dibagi secara merata (10 karyawan per stasiun kerja) di empat stasiun kerja yang diamati: *wave solder*, *cutting point*, *visual inspection*, dan *printing*, dengan pembatasan jumlah karyawan per *shift* (10 karyawan per *shift* di setiap stasiun kerja) yang telah dikonfirmasi oleh perusahaan.

b. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik:

- 1) Observasi: Peneliti melakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian untuk memahami proses kerja dan postur operator.
- 2) Kuesioner: Data dikumpulkan dengan memberikan lembar kuesioner kepada responden (operator produksi) untuk diisi, termasuk kuesioner NBM dan kuesioner QEC (lembar operator).
- 3) Wawancara: Wawancara dilakukan untuk mengisi lembar kuesioner QEC yang

membutuhkan penilaian tingkat paparan dan skor paparan dari pengamat.

- 4) Dokumen: Peneliti memperoleh dokumen berupa rekaman data keluhan operator yang telah dikumpulkan oleh Surveyor K3 PT EMS sebelumnya, yang mencakup rincian keluhan anggota tubuh berdasarkan stasiun kerja dan tingkat.

c. Metode Analisis Data

- 1) Pengolahan Data NBM dilakukan dengan cara menghitung *scoring* hasil kuesioner, di mana jawaban dari kuesioner masing-masing stasiun kerja dihitung nilai skor individunya. Hasil ini kemudian digunakan untuk mengidentifikasi bagian tubuh yang mengalami keluhan serta tingkat keluhan (Tidak Sakit, Cukup Sakit, Sakit, Sangat Sakit).
- 2) Pengolahan data QEC dilakukan dengan langkah-langkah:
 - i. Menghitung *Exposure Score*: Menggunakan jawaban dari kuesioner operator dan pengamat untuk menghitung skor paparan pada empat bagian tubuh (punggung, bahu/leher, pergelangan tangan, dan leher).
 - ii. Menghitung Total Skor QEC: Total skor merupakan penjumlahan skor dari punggung, bahu/leher, pergelangan tangan, leher, kebisingan, kecepatan kerja, dan stres.
 - iii. Menentukan *Exposure Level* (E): Tingkat paparan dihitung menggunakan rumus persentase:

$$E(\%) = \frac{X}{X_{maks}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan X adalah skor total (aktual) dan X_{maks} adalah skor maksimum (162 untuk gerakan statis, 176 untuk *manual handling*).

- vi. Menentukan *Action Level*: Hasil persentase *Exposure Level* digunakan untuk menentukan tindakan yang harus diambil (Level 1: Aman hingga Level 4: Perubahan harus dilakukan segera).

4. Hasil Dan Pembahasan

a. Karakteristik Umum dan Faktor Risiko

Analisis awal mengidentifikasi faktor-faktor internal utama yang berpotensi memicu WMSDs pada operator produksi:

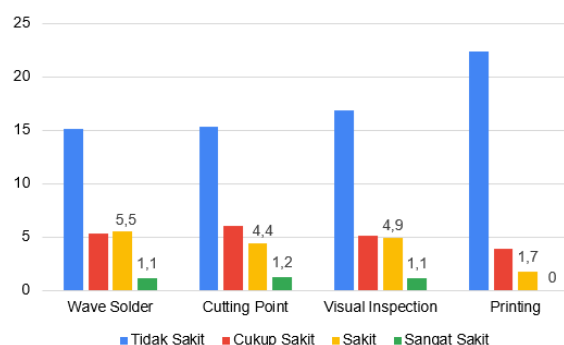
1. *Usia*: Rata-rata usia operator adalah 28,25 tahun, yang berada dalam rentang usia kerja di mana keluhan muskuloskeletal pertama kali dirasakan.
2. *Jenis Kelamin*: Rata-rata operator adalah perempuan. Secara umum, kekuatan fisik

wanita rata-rata dari laki-laki, yang dapat meningkatkan kerentanan terhadap WMSDs dibandingkan laki-laki.

3. *Masa Kerja*: Rata-rata masa kerja adalah 11 tahun 4 bulan, termasuk dalam kategori masa kerja lama. Masa kerja yang lama memiliki dampak signifikan dan dapat meningkatkan risiko keluhan muskuloskeletal.
4. *Sikap Kerja/Postur Kerja*: Operator di empat stasiun kerja cenderung memiliki postur yang kurang ergonomis, seperti berdiri tegak dalam waktu lama, leher menunduk, lengan/siku tertekuk, dan punggung membungkuk secara berulang-ulang.
5. *Pekerjaan Monoton*: Pekerjaan yang dilakukan operator bersifat monoton (memotong, mengangkat, menarik, mendorong komponen material) secara berulang-ulang dalam waktu yang lama (07.00 WIB - 15.00 WIB).

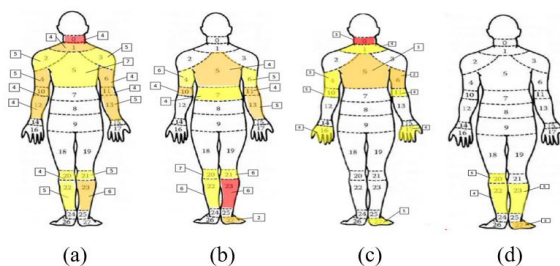
b. Analisis Nordic Body Map (NBM)

Hasil evaluasi NBM yang dilakukan pada 40 operator (10 per stasiun kerja) menunjukkan variasi signifikan dalam tingkat keluhan subjektif di empat stasiun kerja (**Gambar 1**). Secara rata-rata per operator, stasiun *Printing* memiliki kondisi terbaik dengan rata-rata keluhan "Tidak Sakit" tertinggi (22,4) dan nihil kasus "Sangat Sakit" (0,0), menunjukkan tingkat ergonomi yang paling memadai, kemungkinan besar karena otomatisasi mesin. Sebaliknya, stasiun *Wave Solder* dan *Cutting Point* menunjukkan tingkat keluhan paling tinggi: operator *Wave Solder* memiliki rata-rata kasus "Sakit" tertinggi (5,5) dan rata-rata total keluhan tertinggi per operator (11,9 jenis keluhan), sedangkan *Cutting Point* melaporkan rata-rata kasus "Cukup Sakit" tertinggi (6,0) dan rata-rata "Sangat Sakit" tertinggi (1,2). Distribusi keluhan yang tinggi pada ketiga kategori sakit di *Wave Solder* dan *Cutting Point* mengindikasikan bahwa operator yang terlibat dalam pekerjaan manual dan repetitif memiliki risiko MSDS yang signifikan.



Gambar 1. Rekapitulasi Rata-rata Keluhan NBM per Stasiun Kerja

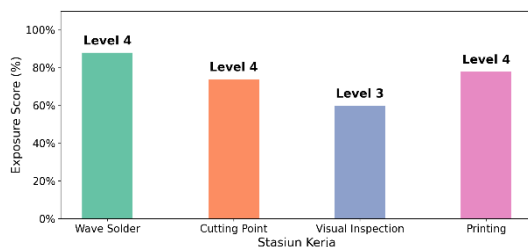
Gambar 2 menampilkan visual area tubuh yang paling sering dikeluhkan operator. Pada stasiun kerja *Wave Solder*, area leher atas, punggung, bahu, siku, dan pergelangan tangan teridentifikasi sebagai zona keluhan yang dominan. Hal ini konsisten dengan karakteristik pekerjaan di stasiun *Wave Solder* yang melibatkan postur tubuh tegap, leher menunduk, serta gerakan repetitif pada siku dan pergelangan tangan selama periode kerja yang lama. Pola serupa, meski dengan intensitas berbeda, juga terlihat pada *Cutting Point* dan *Visual Inspection*, memperkuat dugaan bahwa postur kerja yang tidak ergonomis pada bagian tubuh atas dan punggung merupakan penyebab utama WMSDs di lingkungan manufaktur ini. Sementara itu, stasiun kerja *Printing* menunjukkan area keluhan yang jauh lebih sedikit, utamanya pada bagian kaki dan lutut, menguatkan bahwa tingkat otomatisasi yang lebih tinggi berkorelasi dengan risiko MSDS yang lebih rendah pada area tubuh bagian atas.



Gambar 2. Peta keluhan sakit berdasarkan NBM: (a) *Wave Solder*, (b) *Cutting Point*, (c) *Visual Inspection*, (d) *Printing*

c. Analisis *Quick Exposure Check* (QEC)

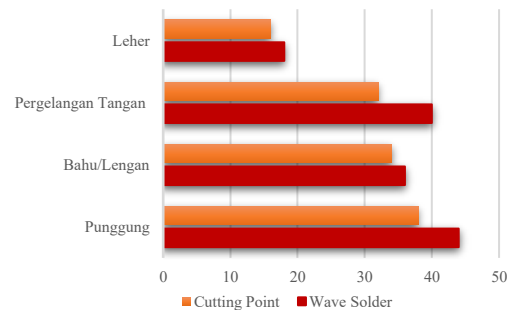
Perbandingan jumlah skor akhir individu QEC tertinggi per stasiun kerja menentukan prioritas intervensi.



Gambar 3. Hasil Perhitungan untuk Operator yang Memiliki *Exposure Level* (E) di Masing-masing Stasiun Kerja

Hasil QEC mengungkapkan tingkat paparan risiko *Musculoskeletal Disorder* (MSD) yang bervariasi secara signifikan antar stasiun kerja, dengan **Gambar 3** merepresentasikan nilai *Exposure Score* tertinggi yang dicapai oleh salah satu operator di masing-masing stasiun kerja.

Stasiun *Wave Solder* menunjukkan *Exposure Score* tertinggi sebesar 88%, menempatkannya pada Level 4, di mana tindakan perubahan harus dilakukan segera. Tingkat paparan tinggi serupa juga ditemukan di stasiun *Printing* (78%) dan *Cutting Point* (74%), yang keduanya juga berada pada Level 4 dan memerlukan intervensi mendesak. Faktor-faktor seperti postur kerja yang tidak ergonomis (misalnya, berdiri tegak, leher menunduk, siku menekuk), gerakan repetitif, dan beban kerja fisik, yang dievaluasi oleh QEC, secara akumulatif meningkatkan risiko cedera pada operator dengan paparan tertinggi ini. Berbeda dengan ketiga stasiun tersebut, stasiun *Visual Inspection* memiliki *Exposure Score* tertinggi sebesar 60%, yang menempatkannya pada Level 3, menyiratkan perlunya observasi lebih mendalam serta tindakan perubahan yang sesuai, meskipun risikonya sedikit lebih rendah dibandingkan kasus terburuk di stasiun lainnya.



Gambar 4. Perbandingan QEC tertinggi pada empat bagian tubuh kritis antara stasiun kerja *Wave Solder* dan *Cutting Point*

Gambar 4 menyajikan perbandingan skor QEC tertinggi pada empat bagian tubuh kritis (punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher) antara stasiun kerja *Wave Solder* dan *Cutting Point*, yang merupakan dua stasiun kerja dengan tingkat paparan risiko WMSDs tertinggi. Terlihat jelas bahwa stasiun kerja *Wave Solder* secara konsisten menunjukkan skor QEC tertinggi pada semua bagian tubuh yang dievaluasi. Hasil ini menguatkan bahwa postur kerja operator di stasiun *Wave Solder*, yang mungkin melibatkan membungkuk, mengangkat, serta gerakan repetitif pada lengan dan pergelangan tangan dalam durasi yang panjang, menjadi faktor utama penyebab keluhan pada bagian-bagian tubuh tersebut. Oleh karena itu, intervensi ergonomis harus diprioritaskan pada stasiun kerja *Wave Solder* dengan fokus utama pada perbaikan postur

punggung, pergelangan tangan, bahu/lengan, dan leher.

d. Rekomendasi Intervensi Ergonomi

Berdasarkan temuan komprehensif dari analisis NBM yang mengidentifikasi lokasi dan intensitas keluhan subjektif, serta hasil QEC yang mengukur tingkat paparan risiko objektif, intervensi ergonomi sangat krusial. Studi ini secara jelas mengidentifikasi stasiun kerja *Wave Solder* sebagai prioritas utama karena memiliki *Exposure Score* QEC tertinggi dan rata-rata keluhan sakit NBM yang signifikan. Secara spesifik, bagian tubuh seperti punggung, pergelangan tangan, bahu/lengan, dan leher memerlukan perhatian khusus, mengingat tingginya skor QEC pada area-area tersebut di stasiun *Wave Solder*. Area-area ini menjadi fokus karena postur kerja yang tidak alami, gerakan repetitif, dan beban statis yang terus-menerus. Oleh karena itu, rekomendasi intervensi harus dirancang untuk secara langsung mengatasi faktor-faktor risiko ergonomi pada stasiun kerja dan bagian tubuh yang teridentifikasi paling rentan.

Rekomendasi tindakan perbaikan spesifik yang diusulkan mencakup:

i. Alat bantu dorong

Untuk mengurangi beban dan frekuensi pengangkatan manual, terutama saat memindahkan material atau produk yang berat. Pekerjaan yang melibatkan *manual handling* secara berulang telah terbukti meningkatkan risiko WMSDs pada punggung dan bahu. Penelitian oleh Sarmiento-Ortiz dkk. (2024) juga merekomendasikan penggunaan alat bantu mekanis untuk mengurangi beban manual dalam upaya mencegah cedera pada operator logistik. Implementasi alat bantu dorong dapat mengurangi gaya yang dibutuhkan operator, sehingga meminimalkan risiko cedera punggung dan bahu yang merupakan area keluhan tinggi di studi ini.

ii. Alat bantu penyangga siku

Dirancang khusus untuk mengatasi postur siku yang menekuk dalam waktu lama dan gerakan repetitif pada lengan dan pergelangan tangan. Keluhan pada bahu/lengan dan pergelangan tangan sangat umum dalam pekerjaan perakitan elektronik yang presisi. Studi oleh Missiroli dkk. (2022) menekankan pentingnya *arm support* atau penyangga siku untuk mengurangi ketegangan otot pada lengan dan

bahu pada pekerja yang melakukan tugas repetitif di meja kerja. Dengan menyangga siku, beban statis pada otot lengan dan bahu dapat dikurangi, sehingga mencegah kelelahan dan cedera jangka panjang.

iii. Pijakan pada meja kerja

Disarankan untuk mendukung postur tubuh yang lebih netral saat operator berdiri tegak dalam waktu lama dan mengurangi tekanan pada punggung serta kaki. Postur berdiri yang statis dapat menyebabkan nyeri punggung bawah dan kelelahan kaki. Penelitian oleh Setyaningsih dkk. (2017) pada industri elektronik/komponen coil menunjukkan bahwa penyediaan *footrest* atau pijakan kaki dapat memperbaiki postur tubuh bagian bawah dan mengurangi keluhan pada punggung dan kaki pekerja yang berdiri. Pijakan ini memungkinkan variasi postur dan distribusi berat badan yang lebih baik, sehingga mengurangi tekanan pada tulang belakang dan sendi lutut/kaki.

5. Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi secara komprehensif risiko WMSDs pada operator produksi di PT EMS menggunakan pendekatan terpadu NBM dan QEC. Analisis NBM mengidentifikasi bahwa stasiun kerja *Printing* memiliki tingkat keluhan subjektif terendah, sementara *Wave Solder* dan *Visual Inspection* menunjukkan keluhan sakit dan sangat sakit yang paling tinggi. Temuan QEC lebih lanjut menguatkan bahwa stasiun *Wave Solder* adalah yang paling kritis, dengan *Exposure Score* tertinggi mencapai 88% (Level 4), mengindikasikan kebutuhan mendesak akan intervensi ergonomi. Bagian tubuh yang paling rentan dan memerlukan perhatian prioritas adalah punggung (skor QEC 44), pergelangan tangan (skor 40), dan bahu/lengan (skor 36), yang secara dominan terkait dengan postur kerja tidak ergonomis dan gerakan repetitif di stasiun kerja berisiko tinggi. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa faktor-faktor seperti masa kerja yang lama, usia, jenis kelamin, dan terutama postur kerja yang tidak sesuai serta pekerjaan monoton, berkontribusi signifikan terhadap prevalensi WMSDs di fasilitas manufaktur elektronik.

Berdasarkan identifikasi risiko yang jelas ini, penelitian merekomendasikan tiga intervensi ergonomi utama yang spesifik dan terukur untuk PT EMS. Rekomendasi ini diharapkan tidak hanya memitigasi risiko WMSDs yang ada tetapi juga menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman dan sehat, sejalan dengan prinsip ergonomi dan penelitian sebelumnya di industri serupa. Penerapan solusi ergonomi ini memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas hidup operator dan produktivitas perusahaan secara keseluruhan.

Daftar Referensi

- Adil, A. S. (2025). The Effect of Work Posture and Body Mass Index on Work Productivity through Musculoskeletal Disorders Complaints in Operators. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10(37s), 589–602. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i37s.6496>
- A.R.A.Hamid, & A.H.Hilmi. (2022). Review on Current Issues related to Work Related Musculoskeletal Disorders. *Malaysian Journal of Ergonomics (MJEr)*, 4, 59–71. <https://doi.org/10.58915/mjer.v4.2022.740>
- Hassani, M., Hesampour, R., Bartnicka, J., Monjezi, N., & Ezbarami, S. M. (2022). Evaluation of working conditions, work postures, musculoskeletal disorders and low back pain among sugar production workers. *WORK*, 73(1), 273–289. <https://doi.org/10.3233/WOR-210873>
- Ispăsoiu, A., Milosan, I., Senchetru, D., Machedon-Pisu, T., Ispăsoiu, A. M. F., & Meîță, C. (2021). Study on the application of the QEC (Quick Exposure Check) on the ergonomic risks assessment in the industrial field. *MATEC Web of Conferences*, 343, 10023. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202134310023>
- Justyanita, J., Septiana, S., Septiawant, B., & Thai, M. (2021). Analisis Pendapat Kota Batam Tahun 2018—2020 Melalui APBD dan PDRB. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(5), 428–436. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v1i5.101>
- Kamijantono, H., Sebayang, M. M., & Lesmana, A. (2024). Risk Factors and Ergonomic Influence on Musculoskeletal Disorders in the Work Environment. *Journal La Medihealthico*, 5(3), 660–670. <https://doi.org/10.37899/journallamedihealthico.v5i3.1413>
- Kumar, L., Bisen, M., Khan, A., Kumar, P., & Patel, S. K. S. (2022). Role of Matrix Metalloproteinases in Musculoskeletal Diseases. *Biomedicine*, 10(10), 2477. <https://doi.org/10.3390/biomedicine10102477>
- Masudha, M., Enik, S., & Rizky, S. (2024). Identifikasi Ergonomi Postur Kerja dengan Metode Nordyc Body Map (NBM) dan Rapid Entire Body Assessment (Reba) di UMKM Mandiri Furnitur Pasuruan: *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Sistem Industri*, 3(2), 114–128. <https://doi.org/10.56071/jtmsi.v3i2.1038>
- Missiroli, F., Lotti, N., Tricomi, E., Bokranz, C., Alicea, R., Xiloyannis, M., Krzywinski, J., Crea, S., Vitiello, N., & Masia, L. (2022). Rigid, Soft, Passive, and Active: A Hybrid Occupational Exoskeleton for Bimanual Multijoint Assistance. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 7(2), 2557–2564. <https://doi.org/10.1109/LRA.2022.3142447>
- Popova, M. S., Nikolova, S. P., & Filkova, S. I. (2025). Demographic and Occupational Determinants of Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Cross-Sectional Study. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 137. <https://doi.org/10.3390/jfmk10020137>
- Putri, R. O., Jayanti, S., & Kurniawan, B. (2021). HUBUNGAN POSTUR KERJA DAN DURASI KERJA DENGAN KELUHAN NYERI OTOT PADA PEKERJA PABRIK TAHU X DI KOTA SEMARANG. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 9(6), 733–740. <https://doi.org/10.14710/jkm.v9i6.31300>
- Rahmani, R., Shahnavazi, S., Fazli, B., & Ghasemi, F. (2020). Ergonomic Risk Assessment of Musculoskeletal Disorders in a Cement Factory Workers Using QEC Technique. *Pajouhan*

- Scientific Journal*, 18(2), 64–72.
<https://doi.org/10.52547/psj.18.2.64>
- Sani, N. T., & Widajati, N. (2021). Factors Affecting Risk of Musculoskeletal Disorders (MSDs) Complaints in Spring Production Workers. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 15(2), 3152–3161.
<https://doi.org/10.37506/ijfimt.v15i2.14854>
- Sarmiento-Ortiz, F., Topón-Visarrea, B., Iza, C., Morales, J., & León, V. (2024). Design of a load elevator as a measure to reduce ergonomic risks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1370(1), 012011.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1370/1/012011>
- Setyaningsih, L., Anna, B., & Purbasari, A. (2017). PERANCANGAN FOOTREST UNTUK MENGURANGI KELELAHAN OPERATOR PADA BAGIAN KAKI DI CELL S/A COIL XS156 DI PT.ABC. *Jurnal PASTI (Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri)*, 10(2), 126–137.
- Sufian, A., Rashid, H. O., Ahmed, M. F., Barai, G., & Hossain, M. M. (2023). Musculoskeletal Pain Disorder Patients' Adherence to Physiotherapy Treatment: A Cross Sectional Study. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy - An International Journal*, 17(4), 7–12.
<https://doi.org/10.37506/ijpot.v17i4.19998>
- Suwarno, S. (2020). ANALISA PENGARUH PEMILIHAN TEKNOLOGI TERHADAP STRATEGI KOMPETITIF PADA SEJUMLAH PERUSAHAAN INDUSTRI KOMPONEN ELEKTRONIKA DI BATAM. *Computer Based Information System Journal*, 8(1), 35–42.
<https://doi.org/10.33884/cbis.v8i1.1873>