

Meminimalkan Kelelahan dan Meningkatkan Produktivitas dengan Pendekatan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (Studi Kasus: PT. Kubota Indonesia)

Ahmad Karsim, Antoni Yohanes*

Program Studi Teknik Industri, Universitas Stikubank Semarang, Jawa Tengah

Koresponden email: antoni@edu.unisbank.ac.id

Diterima: 25 Juni 2025

Disetujui: 1 Juni 2025

Abstract

In the context of increasing globalisation and the implementation of the ASEAN Economic Community (AEC), Indonesian companies are under pressure to improve their collective productivity and efficiency. Although the integration of advanced technology is the main focus, human involvement still plays a crucial role in achieving optimal production. This research examines the factors contributing to worker fatigue during material handling activities, emphasising the importance of prioritising employee well-being, safety, and health. A proven effective approach is to take an ergonomic design approach to workstations to suit the physical characteristics of workers, thereby reducing fatigue levels and increasing productivity. Implementing the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method is proposed as a systematic way of identifying and addressing various operational challenges. A case study at PT Kubota Indonesia demonstrates that implementing this method can significantly enhance manufacturing productivity while maintaining stringent safety standards.

Keywords: *globalization, integration of advanced technology, increased productivity*

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya globalisasi dan implementasi Masyarakat Ekonomi ASEAN (AEC), perusahaan Indonesia menghadapi tekanan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi kolektif. Meskipun integrasi teknologi canggih menjadi fokus utama, keterlibatan manusia tetap memainkan peran krusial dalam proses produksi yang optimal. Penelitian ini mengkaji faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kelelahan pekerja selama aktivitas penanganan material, dengan menekankan pentingnya menjaga kesejahteraan, keselamatan, dan kesehatan karyawan sebagai prioritas utama. Pendekatan ergonomi terbukti efektif dalam mengurangi tingkat kelelahan dan meningkatkan produktivitas melalui perancangan stasiun kerja yang ergonomis dan sesuai dengan karakteristik fisik pekerja. Implementasi metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) diusulkan sebagai solusi sistematis untuk mengidentifikasi dan mengatasi berbagai tantangan operasional. Studi kasus di PT. Kubota Indonesia menunjukkan bahwa penerapan metode ini dapat secara signifikan meningkatkan produktivitas manufaktur sambil mempertahankan standar keselamatan kerja yang tinggi.

Kata Kunci: *globalisasi, integrasi teknologi canggih, peningkatan produktivitas*

1. Pendahuluan

Memasuki era globalisasi perusahaan diuntut untuk memiliki produktivitas dan kolektivitas yang tinggi, karena daya saing antar perusahaan yang sangat ketat ditambah dengan masuknya MEA (Masyarakat Ekonomi Asia), memaksa perusahaan harus siap menghadapi pasar global yang menerapkan Indonesia. Penggunaan teknologi maju tidak dapat dielakkan, terutama pada era industrialisasi yang ditandai adanya proses mekanisasi, elektrifikasi dan modernisasi serta transformasi globalisasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berbagai faktor yang mempengaruhi kelelahan pekerja saat material handling. Menurut Budiono (2018), bahwa kelelahan ditandai dengan melemahnya tenaga kerja dalam melakukan pekerjaan atau kegiatan sehingga akan meningkatkan kesalahan dalam melakukan pekerjaan dan akibat fatalnya yaitu terjadinya kecelakaan kerja. Kelelahan adalah proses menurunnya efisiensi, performansi kerja dan berkurangnya kekuatan atau ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan kegiatan yang harus dilakukan (Wignjosoebroto, 2017).

PT. Kubota Indonesia merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pembuatan mesin diesel, namun sebagian besar aktivitasnya masih memerlukan tenaga kerja manual dari operator dan pekerjaan yang berulang-ulang terutama pada saat material handling. Naiknya tingkat cedera atau

kecelakaan dapat menyebabkan sakit atau keluhan pada pekerja yang berujung pada menurunnya produktivitas pekerja dan Perusahaan.

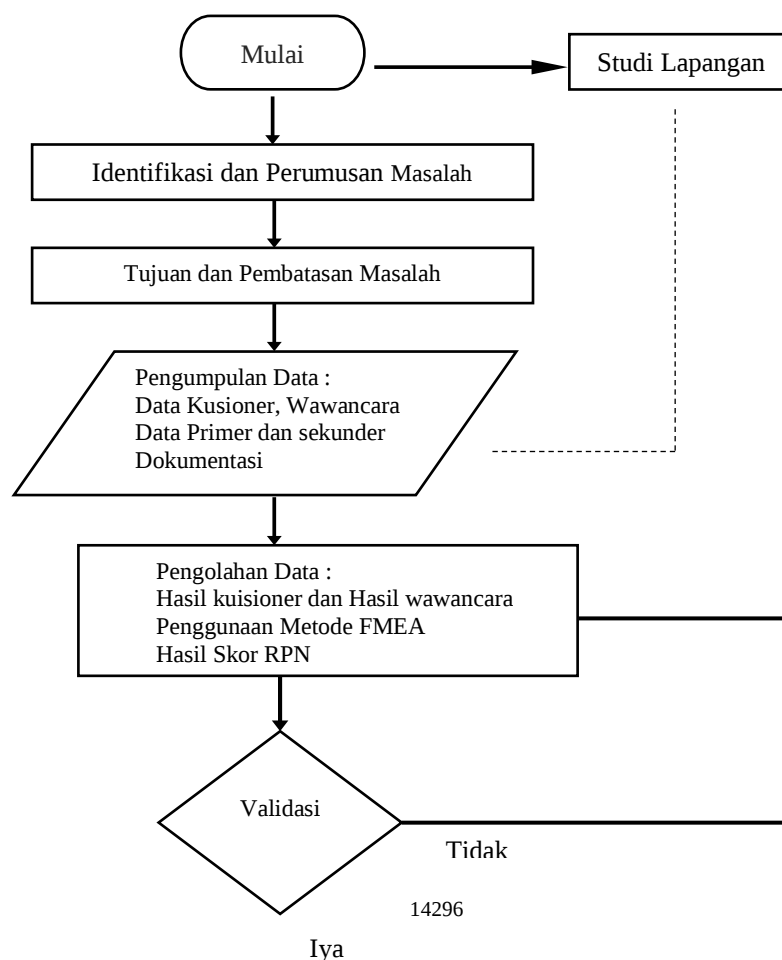
Pekerjaan yang dilakukan secara berulang atau repetitive dengan gerakan kerja yang monoton dan waktu kerja yang lama berpotensi menimbulkan kelelahan kerja. Rancangan stasiun kerja operator secara ergonomis bertujuan pekerja dapat bekerja dengan nyaman, aman dan sehat serta tidak mudah lelah sehingga produktivitas pekerja bisa meningkat, menghitung produktivitas hasil dari redesign ergonomi di stasiun kerja (Purwaningsih dkk, 2017).

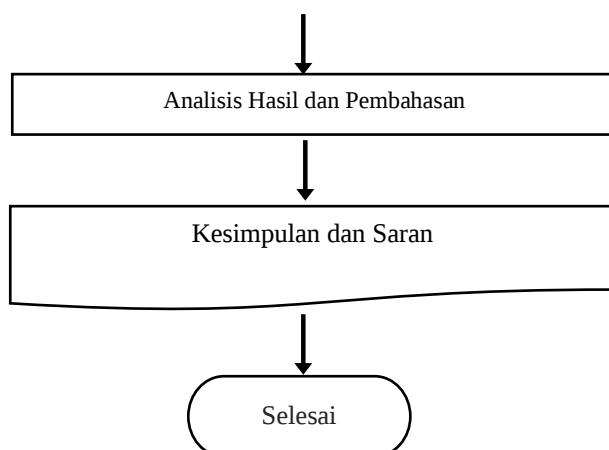
Produktivitas karyawan juga dapat menurun apabila karyawan tersebut kalah bersaing dengan karyawan lainnya, sering absen, bekerja asal - asalan, dan sering tidak masuk kerja. Untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi, maka faktor tersebut harus betul-betul serasi terhadap kemampuan, kebolehan dan batasan manusia pekerja hal tersebut dapat ditanggulangi dengan mencari prioritas penanganan dengan meminimalisir faktor kelelahan dalam bekerja, salah satunya dengan menggunakan metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

2. Metode Penelitian

Dalam bagian ini, proses riset akan diuraikan secara mendetail, meliputi perumusan masalah, tinjauan literatur, pengumpulan data, pemrosesan data, analisis, dan kesimpulan. Tahap awal penelitian ini dimulai dengan merumuskan permasalahan yang dihadapi oleh bagian gudang (*warehouse*) PT. Kubota Indonesia dengan fokus pada aktivitas material handling yang berpotensi menyebabkan kelelahan pekerja dan penurunan produktivitas. Aktivitas material handling di gudang yang melibatkan angkat, bawa, dan dorong barang, terutama jika dilakukan secara manual, dapat menyebabkan kelelahan pekerja dan penurunan produktivitas. Ini karena pekerjaan berat dan repetitif dapat menimbulkan stres fisik pada pekerja, sehingga mengurangi efisiensi dan peningkatan risiko cedera.

Kurangnya perhatian terhadap faktor ergonomis dalam material handling, seperti penggunaan alat yang tidak tepat, posisi kerja yang tidak nyaman, dan gerakan yang tidak efisien, dapat meningkatkan risiko kelelahan dan cedera pada pekerja. Penggunaan alat yang tepat dan teknik yang ergonomis, seperti forklift, kereta dorong yang mudah digerakkan, dan pelatihan tentang teknik mengangkat yang benar, dapat membantu mengurangi risiko kelelahan dan meningkatkan produktivitas. Penerapan prinsip-prinsip ergonomi di gudang, seperti penggunaan alat bantu yang sesuai, pengaturan area kerja yang nyaman, dan pelatihan yang tepat, dapat membantu mengurangi risiko kelelahan dan cedera pada pekerja.





Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan Data Profile Perusahaan

PT. Kubota Indonesia merupakan perusahaan yang memproduksi mesin diesel, didirikan pada tanggal 10 Juli 1972. Namun baru mulai melakukan produksi pada bulan Juli 1973. PT. Kubota Indonesia didirikan oleh konsorsium atau gabungan dari 2 perusahaan swasta nasional dan 2 perusahaan Jepang, yaitu Garuda Diesel, Jakarta, CV Karya Hidup Sentosa (KHS), Yogyakarta, Kubota Corporation, Jepang, dan Kinsho Maitaichi Corporation, Jepang. PT. Kubota Indonesia adalah pelopor dari perusahaan mesin diesel yang bermutu tinggi di Indonesia yang telah dan terus mendukung pengembangan industri pertanian nasional. Proses tersebut perlu waktu yang lama dan pengalaman produk yang dapat dipercaya oleh Kubota Corp. Japan, dimana mesin diesel merupakan keunggulan bisnis. PT. Kubota Indonesia telah mendapat sertifikat ISO 9001 dan ISO 14001 dari Lloyd (UK) sejak tahun 2006.

Hasil Analisis Metode FMEA

Pengukuran Kegagalan (failure mode) mengangkat beban berulang dan postur bungkuk dalam penanganan manual (manual handling) dapat mengarah pada cedera muskuloskeletal seperti nyeri punggung, terkilir, cedera jaringan lunak, dan cedera tangan. Dalam mengangkat beban secara manual (manual handling) terutama melibatkan cedera muskuloskeletal, seperti cedera punggung, dan cedera jaringan lunak.

Tabel 1. Analisis Failure Mode

No	Kategori Kegagalan	Failure Mode (Mode Kegagalan)	Penyebab Potensial	Dampak yang Mungkin Terjadi
1	Teknik Pengangkatan	Postur tubuh salah (punggung bungkuk)	Kurang pelatihan, kebiasaan buruk	Nyeri punggung bawah, cedera otot (strain)
		Gerakan memutar (twisting) saat mengangkat	Ruang kerja sempit, beban tidak sejajar	Cedera tulang belakang, hernia
		Pegangan tidak stabil pada beban	Beban licin, tidak ada handle	Beban jatuh, cedera tangan/kaki
2	Perencanaan Beban	Beban berat	Tidak ada penilaian kapasitas angkat	Kelelahan otot, cedera sendi
		Beban tidak seimbang	Kemasan buruk, distribusi berat tidak merata	Jatuhnya beban, ketegangan otot
		Ukuran beban terlalu besar	Desain kemasan tidak ergonomis	Obstruksi pandangan, postur tidak alami
3	Faktor Lingkungan	Lantai licin/tidak rata	Tidak ada permukaan anti-slip	Tergelincir, jatuh bersama beban

No	Kategori Kegagalan	Failure Mode (Mode Kegagalan)	Penyebab Potensial	Dampak yang Mungkin Terjadi
4	Faktor Manusia	Jarak angkat berlebihan (lantai ke bahu)	Tempat penyimpanan tidak ergonomis	Kelelahan, cedera bahu/punggung
		Suhu ekstrem (panas/dingin)	Ventilasi buruk, lingkungan tidak terkontrol	Penurunan daya cengkeram, dehidrasi
		Kelelahan otot akibat repetisi	Tidak ada istirahat, beban kerja tinggi	Penurunan performa, cedera kumulatif
		Kurangnya pelatihan manual handling	Sistem pelatihan tidak memadai	Kesalahan teknik, peningkatan risiko cedera
		Mengabaikan alat bantu (contoh: trolley)	Tekanan waktu, malas	Beban berlebih pada tubuh
5	Faktor Organisasi	Frekuensi lifting terlalu tinggi	Tidak ada rotasi pekerja/otomasi	Cedera repetitif (MSDs)
		Tidak ada penilaian risiko (risk assessment)	Manajemen keselamatan lemah	Peningkatan insiden kecelakaan
		Alat bantu tidak tersedia (forklift, conveyor)	Budget terbatas, perencanaan buruk	Ketergantungan pada tenaga manual

Sumber : Data primer yang diolah, tahun 2025

Analisa Usulan Perbaikan Berdasarkan FMEA

Pada proses manual handling crankshaft, pekerja melakukan pemindahan dengan manual dari karton box ke polybox. Kondisi ini mengharuskan pekerja untuk melakukan berbagai gerakan repetitif dan postur yang kurang ergonomis, seperti membungkuk, meregangkan tangan, dan posisi kerja yang tidak optimal. Ketika tubuh atau pikiran pekerja terlalu lelah, kemampuan untuk fokus, mengambil keputusan yang baik, dan menyelesaikan tugas dengan efisien bisa berkurang sehingga membuat pekerja sulit untuk bekerja secara efektif.

Tabel 2. Data waktu manual handling crankshaft dan produktivitas

Parameter	Waktu Rata-rata
Waktu Siklus Manual handling Crankshaft	2340 Sec/ pallet
Jumlah Shift	1
Waktu Istirahat (menit)	80 Menit
Jumlah operator	1

Sumber : Data primer yang diolah, tahun 2025

Wawancara kerja penting dalam analisis masalah karena membantu mengumpulkan informasi mendalam dan beragam dari berbagai sumber tentang masalah yang sedang dihadapi. Wawancara memungkinkan untuk menggali lebih jauh tentang latar belakang masalah, dampak yang dirasakan, dan perspektif individu terkait masalah material handling.

Tabel 3. Data wawancara pekerja warehouse

No	Pertanyaan	Jawaban	Kategori	Tujuan	Auditee
1	Aktivitas apa yang paling melelahkan dalam sehari	Proses pemindahan crankshaft	Analisis Kelelahan	Mengidentifikasi bagian pekerjaan yang menimbulkan kelelahan fisik terbesar pada pekerja.	Member Warehouse
2	Apakah pernah mengalami nyeri otot setelah	Ya, Dibagian punggung.	Aspek Ergonomi	Mengevaluasi dampak postur kerja dan beban fisik terhadap kesehatan muskuloskeletal pekerja.	Member Warehouse

No	Pertanyaan	Jawaban	Kategori	Tujuan	Auditee
	bekerja? Di bagian tubuh mana?				
3	Seberapa sering istirahat diberikan?	80 menit / hari	Pola Kerja	Memahami jadwal istirahat dan waktu pemulihan yang diberikan selama proses produksi.	Member Warehouse
4	Apakah alat bantu yang tersedia cukup membantu?	Ya, sangat membantu	Efektivitas Alat	Menilai sejauh mana alat bantu mengurangi beban kerja dan meningkatkan kenyamanan kerja.	Member Warehouse
5	Apa kendala utama dalam bekerja cepat dan efisien?	Kalau tidak di imbangi dengan alat bantu yang sesuai, sangat capek sekali setelah bekerja .	Efisiensi Kerja	Mengidentifikasi hambatan yang mengurangi kecepatan dan efisiensi kerja pekerja.	Member Warehouse

Sumber : Data primer yang diolah, tahun 2025

Pembahasan

Kelelahan sangat memengaruhi produktivitas kerja. Jika pekerja merasa lelah secara fisik atau mental, efisiensi mereka dapat menurun. Kualitas pekerjaan juga bisa berkurang, dan risiko kesalahan meningkat. Selain itu, kelelahan dapat menyebabkan masalah kesehatan jangka panjang. Maka, mengurangi kelelahan adalah langkah penting untuk meningkatkan produktivitas di tempat kerja. FMEA adalah metode analisis risiko yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam suatu proses, penyebabnya, serta dampaknya. Jika diterapkan dalam konteks kesehatan dan keselamatan kerja (K3),

Tabel 4. Data FMEA Sebelum Improvement

Mode Kegagalan	Dampak Kegagalan	Penyebab	Kontrol Saat Ini	Severity (S)	Kejadi an (O)	Deteksi (D)	RPN (SxOxD)	Tindakan Perbaikan
Lifting berulang	Kelelahan otot bahu pekerja, Produktivitas menurun	Posisi Lifting berulang yang tidak ergonomis, Mengangkat crankshaft dari keranjang box.	Pengawasan manual oleh supervisor	8	7	4	224	Penggantian pallet crankshaft dari karton box menjadi steel pallet (returnable pallet)
Postur Bungkuk	Kelelahan otot, nyeri punggung, menurunnya produktivitas	Posisi manual handling yang tidak ergonomis, kurangnya kesadaran ergonomi	Pengawasan manual oleh supervisor	7	6	5	210	Pelatihan postur kerja yang benar, penggunaan alat bantu ergonomis

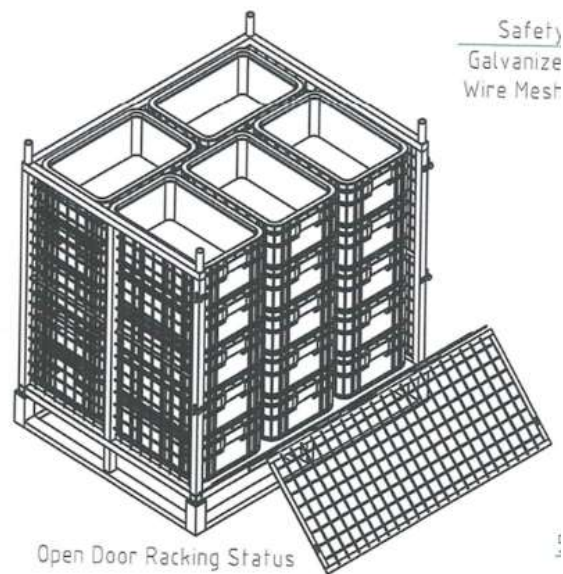
Sumber : Data primer yang diolah, tahun 2025

Berdasarkan **Tabel 4** di atas kontrol yang ada saat ini hanya berupa pengawasan manual oleh supervisor, yang dinilai kurang efektif dalam mencegah masalah ini. Nilai Detection 4 menunjukkan bahwa pengawasan saat ini cukup mampu mendeteksi masalah, namun belum optimal. Dengan demikian, RPN sebesar 224 menandakan risiko yang cukup tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan segera.

Mode kegagalan kedua adalah postur bungkuk yang menyebabkan risiko cedera, dan memperpanjang waktu kerja. Nilai Severity 7 menunjukkan dampak yang signifikan, Occurrence 6 menunjukkan frekuensi sedang, dan Detection 5 menunjukkan tingkat deteksi yang masih kurang optimal. RPN sebesar 140 juga menunjukkan risiko yang tinggi dan perlu ditangani dengan serius. RPN memberikan prioritas risiko berdasarkan besarnya potensi kerugian (Severity), kemungkinan kejadian (Occurrence), dan seberapa mudah kegagalan terdeteksi (Detection).

Perancangan dan penggantian tempat crankshaft dari yang sebelumnya dipacking dalam karton box menjadi steel rack crankshaft yang dirancang secara ergonomis dapat memberikan berbagai efek positif terkait ergonomi dan kelelahan kerja. Steel rack ergonomis, dengan desain yang memperhatikan kenyamanan tubuh, membantu mengurangi risiko cedera tersebut dengan menyediakan cara yang lebih aman dan efisien untuk bekerja. Penggunaan alat seperti handlift elektrik dan forklift yang ergonomis sangat

penting untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam penanganan material di gudang dan tempat kerja lainnya.



Gambar 2. Steel Rack Crankshaft



Gambar 3. Penggunaan Forklift dan handlift elektrik

Tabel 5. Data FMEA Setelah Improvement

Mode Kegagalan	Dampak Kegagalan	Penyebab	Kontrol Saat Ini	Severity (S)	Kejadian (O)	Deteksi (D)	RPN (SxOxD)	Tindakan Perbaikan
Penggunaan steel rack crankshaft	Mengurangi kelelahan otot baik pinggang dan bahu pekerja,	Implementasi steel rack yang ergonomis yang sesuai dengan postur kerja	Monitoring penggunaan dan pelatihan rutin	4	3	5	60	Pelatihan penggunaan steel pallet cranksaft berkala dan evaluasi efektivitas
Penggunaan Peralatan ergonomis	Meningkatkan produktivitas dalam bekerja	Posisi manual handling dapat diminimalisir dengan penggunaan peralatan yang ergonomis	Monitoring penggunaan dan pelatihan rutin	3	4	4	48	Pelatihan postur kerja yang benar, penggunaan alat bantu ergonomis

Sumber : Data primer yang diolah, tahun 2025

Perubahan nilai pada **Tabel 5** di atas menunjukkan dampak positif dari penggunaan steel rack crankshaft dan penggunaan peralatan yang ergonomis. Severity (S) menurun dari nilai yang sebelumnya tinggi menjadi lebih rendah, yang mengindikasikan bahwa dampak kegagalan terhadap kesehatan dan produktivitas operator telah berkurang secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh penggunaan Steel rack yang dirancang khusus untuk mengurangi beban fisik dan postur kerja yang lebih baik, sehingga risiko kelelahan dan cedera menurun. Hal ini dapat dikaitkan dengan pelatihan yang lebih baik untuk mengakomodasi kebutuhan ergonomis pekerja.

Dengan adanya monitoring dan evaluasi rutin, potensi kegagalan dapat diantisipasi lebih awal sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya masalah berulang. Sementara itu, nilai Detection (D) meningkat, yang menunjukkan bahwa kemampuan untuk mendeteksi potensi kegagalan sebelum berdampak negatif menjadi lebih baik. Penurunan RPN ini mencerminkan keberhasilan implementasi steel rack yang ergonomis dan penggunaan peralatan kerja dalam mengurangi risiko kelelahan dan meningkatkan produktivitas operator material handling di PT. Kubota Indonesia.

Peningkatan Produktivitas

Peningkatan produktivitas dengan meminimalisir kelelahan dapat dicapai dengan menciptakan lingkungan kerja yang lebih nyaman dan efisien, serta mengurangi risiko cedera dan gangguan kesehatan. Ergonomi melibatkan penyesuaian pekerjaan dengan kemampuan fisik dan mental pekerja, sehingga mereka dapat bekerja dengan lebih efisien dan nyaman.

Tabel 6. Data produktivitas

Parameter	Sebelum Improvement	Sesudah Improvement	Produktivitas
Waktu Siklus Manual handling Crankshaft	2340 Sec/ pallet	1680 Sec/ pallet	UP 39%

Sumber : Data primer yang diolah, tahun 2025

$$\text{Peningkatan} = \frac{\text{Waktu awal} - \text{Waktu baru}}{\text{Waktu awal}} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan} = \frac{2340 - 1680}{2340} \times 100$$

$$= 28.2\% \text{ (waktu berkurang)}$$

$$\text{Produktivitas} = \frac{1}{1680} / \frac{1}{2340} = 1.39 \text{ atau } 39\% \text{ lebih output}$$

Penelitian ini menunjukkan bahwa peralatan yang ergonomis dalam proses manual handling crankshaft di PT. Kubota Indonesia memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pengurangan kelelahan dan peningkatan produktivitas. Pelatihan postur kerja yang benar dan penggunaan peralatan kerja yang ergonomi saat material handling di warehouse memberikan banyak manfaat, termasuk mengurangi risiko cedera, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan kepuasan kerja. Ergonomi yang baik dapat mencegah cedera seperti nyeri punggung dan gangguan otot, meningkatkan kenyamanan karyawan, dan mengurangi stres.

Berikut adalah manfaat lebih detail:

1. Mengurangi Risiko Cedera dan Gangguan Muskuloskeletal (WMSD):
Pelatihan ergonomi mengajarkan pekerja dan manajemen cara mencegah cedera yang disebabkan oleh postur kerja yang buruk, gerakan berulang, atau penggunaan peralatan yang tidak tepat. Penerapan ergonomi dapat mengurangi cedera seperti nyeri punggung, cedera otot, carpal tunnel syndrome, dan tendonitis.
2. Meningkatkan Produktivitas dan Kinerja:
Kenyamanan yang lebih tinggi akibat ergonomi dapat meningkatkan produktivitas karena pekerja dapat bekerja lebih efisien dan fokus tanpa rasa sakit atau ketidaknyamanan. Peningkatan produktivitas dapat berdampak pada peningkatan kinerja secara keseluruhan.

3. Meningkatkan Kepuasan Kerja dan Kesejahteraan:
Perusahaan yang menerapkan ergonomi menunjukkan bahwa mereka peduli dengan kesehatan dan kesejahteraan karyawan, yang dapat meningkatkan kepuasan kerja. Lingkungan kerja yang ergonomis dapat mengurangi stres dan meningkatkan kesejahteraan mental karyawan.
4. Mengurangi Biaya Kesehatan dan Absensi:
Pencegahan cedera melalui ergonomi dapat mengurangi biaya terkait klaim asuransi kesehatan dan pengobatan. Karyawan yang lebih nyaman dan sehat cenderung memiliki tingkat absensi yang lebih rendah.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan di PT. Kubota Indonesia pada proses material handling dibagian warehouse, dapat disimpulkan bahwa penggunaan steel rack crankshaft yang didesain secara ergonomis mampu mengurangi risiko cedera pada pekerja, khususnya pada bagian punggung dan bahu akibat pengangkatan beban berat secara manual. desain steel rack yang ergonomis meningkatkan efisiensi dalam penyimpanan dan pengambilan crankshaft, sehingga mempersingkat waktu kerja dan meningkatkan alur produksi. Pelatihan ergonomi dan teknik manual handling yang tepat memberikan pemahaman menyeluruh kepada karyawan tentang cara bekerja yang aman dan efisien. Kombinasi antara desain alat yang ergonomis dan pelatihan yang tepat terbukti mampu meningkatkan produktivitas kerja, mengurangi downtime, serta memperpanjang umur peralatan dan fasilitas produksi.

5. Daftar Pustaka

- [1] Adi, R. P., & Suryoputro, M. R. (2021). Analisis Risiko Kelelahan Kerja pada Pekerja Industri dengan Metode FMEA untuk Meningkatkan Produktivitas. *Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 145-156.
- [2] Anwar, C., & Santoso, P. B. (2020). *Penerapan FMEA dalam Mengurangi Kelelahan Kerja dan Meningkatkan Efisiensi di Lini Produksi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri, 5(1), 78-89.
- [3] Dewi, S. K., & Utami, W. (2019). *Optimasi Produktivitas Tenaga Kerja melalui Penurunan Risiko Kelelahan dengan Pendekatan FMEA*. *Jurnal Manajemen Kualitas*, 7(3), 201-215.
- [4] Firdaus, M., & Nugroho, A. (2022). *Analisis Faktor Kelelahan Kerja dan Dampaknya terhadap Produktivitas Menggunakan Metode FMEA (Studi Kasus: Industri Manufaktur)*. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, 8(1), 32-45.
- [5] Hasanah, N., & Wijaya, T. (2018). *Pengaruh Kelelahan Kerja terhadap Kinerja Karyawan dan Solusinya dengan Metode FMEA*. *Jurnal Ilmu Kesehatan dan Keselamatan Kerja*, 4(2), 90-102.
- [6] Kurniawan, D., & Prasetyo, E. (2023). *Minimasi Kelelahan Kerja untuk Meningkatkan Produktivitas dengan FMEA di Industri 4.0*. *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri*, 10(1), 55-67.
- [7] Putra, A. R., & Hidayat, R. (2017). *Aplikasi FMEA untuk Mengidentifikasi Penyebab Kelelahan Kerja dan Rekomendasi Perbaikan*. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sistem*, 3(2), 112-124
- [8] Rahmawati, F., & Setiawan, B. (2021). *Studi Kasus Penerapan FMEA dalam Menurunkan Tingkat Kelelahan Kerja pada Operator Mesin*. *Jurnal Kesehatan, Keselamatan, dan Lingkungan Kerja*, 6(1), 45-58.
- [9] Sari, M. P., & Handoyo, S. (2020). *Peran FMEA dalam Mengurangi Kelelahan Kerja untuk Meningkatkan Efektivitas Produksi*. *Jurnal Manajemen Operasional dan Produksi*, 11(3), 210-223.
- [10] Wijayanti, R., & Darmawan, A. (2019). *Analisis FMEA untuk Meminimalkan Kelelahan Kerja dan Meningkatkan Produktivitas di Sektor Manufaktur*. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 8(2), 134-147.
- [11] Zulkarnaini. (2019). Analisis Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). *Sekolah Tinggi Teknologi Industri (STTIND)*.
- [12] Stamatis D.H. (2018). *Failure Effect and Analysis*. Dalam *FMEA from Theory to Execution*. Milwaukee: ASQC Quality.
- [13] Kapantow. 2020. Hubungan Antara Beban Kerja Fisik Dengan Kelelahan Kerja Pada Pekerja Bagian Operator Boiler dan Turbin di PJBS Pembangkit Listrik Tenaga Uap Amurang. 9:143-149.
- [14] Abiseno, P. dan Salami, I.R.S. Pengaruh Faktor Lingkungan Kerja dan Beban Kerja Terhadap Faktor Kelelahan Kerja Pada Pekerja Full-Machinery Manufaktur Ban di Cikarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 23:73-82.
- [15] Tarwaka. 2004. *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Edisi. Cet 1. Uniba Press, Surakarta.
- [16] Nurmianto, E. 2004. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Prima Printing. Surabaya.