

# PENGARUH ERGONOMI LINGKUNGAN KERJA TERHADAP KESELAMATAN OPERATOR MESIN DI PERUSAHAAN ELEKTRONIK XYZ

Rizki Maisyaroh\*, Hery Irawan

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan,  
Jalan Letjend Suprpto, Bukit Tempayan, Kepulauan Riau, 29425

## Abstrak

Keselamatan kerja operator mesin masih menjadi permasalahan penting dalam industri, khususnya terkait dengan kondisi ergonomi lingkungan kerja. Lingkungan kerja yang tidak ergonomis dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja dan keluhan kesehatan muskuloskeletal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aspek ergonomi lingkungan kerja terhadap keselamatan operator mesin, yang mencakup postur kerja, jarak pandang, kebisingan, getaran, dan penggunaan alat pelindung. Metode yang digunakan adalah observasional deskriptif dengan pendekatan kuantitatif, melalui kuesioner dan lembar observasi checklist penilaian ergonomi dan keselamatan pada 10 operator mesin selama periode observasi tertentu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ergonomi lingkungan kerja berpengaruh positif terhadap keselamatan operator mesin, sebagian besar aspek ergonomi berada pada kategori cukup baik, namun masih ditemukan aspek-aspek yang perlu ditingkatkan seperti tanda kelelahan otot dan kepatuhan prosedur. Penilaian keselamatan kerja juga menunjukkan adanya insiden ringan dan keluhan kesehatan ringan yang masih terjadi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa ergonomi lingkungan kerja memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat keselamatan operator mesin, sehingga perlu perhatian dan perbaikan secara berkelanjutan untuk meminimalkan risiko kecelakaan dan meningkatkan produktivitas.

**Kata kunci:** ergonomi; keselamatan kerja; operator mesin; lingkungan kerja; kecelakaan kerja

## Abstract

**[The Influence of Work Environmental Ergonomics on Machine Operator Safety In XYZ Electronics Company]**  
Machine operator safety remains a critical issue in industrial environments, especially regarding the ergonomics of the workplace. Poor ergonomic conditions can increase the risk of work-related accidents and musculoskeletal health complaints. This study aims to analyze the effect of workplace ergonomic aspects on the safety of machine operators, focusing on body posture, viewing distance, noise levels, vibration intensity, and the use of protective equipment. The method used is a descriptive observational approach with quantitative analysis, employing ergonomic and safety assessment checklists on 10 machine operators over a specific observation period. The results show that most ergonomic aspects are in a fairly good category; however, issues such as muscle fatigue symptoms and compliance with procedures still require improvement. Safety assessments also revealed minor incidents and mild health complaints among the workers. This study concludes that workplace ergonomics significantly affect operator safety, highlighting the need for continuous improvements to reduce accident risks and enhance productivity.

**Keywords:** ergonomics; occupational safety; machine operator; work environment; workplace accidents

## 1. Pendahuluan

Keselamatan kerja merupakan aspek krusial dalam dunia industri, khususnya pada sektor manufaktur yang melibatkan pengoperasian mesin secara intensif. Lingkungan kerja yang tidak ergonomis dapat meningkatkan risiko kecelakaan kerja dan gangguan kesehatan jangka panjang. Operator mesin sering terpapar postur kerja yang tidak ideal, kebisingan, getaran, serta tata letak stasiun kerja yang

kurang mendukung. Menurut *International Labour Organization* (ILO), lebih dari 2,78 juta pekerja meninggal setiap tahun akibat kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Hal ini menegaskan pentingnya perancangan lingkungan kerja yang tidak hanya efisien, tetapi juga aman dan nyaman bagi pekerja. Salah satu solusi yang efektif adalah penerapan prinsip ergonomi yang dapat menyesuaikan kondisi kerja dengan kebutuhan fisik manusia. Dengan lingkungan kerja

yang ergonomis, keselamatan dan produktivitas operator mesin dapat ditingkatkan secara simultan.

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek penting dalam operasional industri yang diatur secara resmi dalam perundang-undangan Indonesia. Pemerintah melalui Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja telah menegaskan pentingnya perlindungan tenaga kerja dari risiko kecelakaan yang timbul akibat aktivitas kerja. Regulasi ini menekankan bahwa setiap tempat kerja harus memenuhi syarat keselamatan yang mencakup tata ruang kerja, pencahayaan, ventilasi, hingga posisi dan alat kerja yang ergonomis. Selain itu, Permenaker No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan juga menegaskan bahwa pengusaha wajib menjaga parameter lingkungan kerja seperti kebisingan, suhu, dan getaran agar tidak membahayakan pekerja. Dalam praktiknya, operator mesin adalah salah satu kelompok pekerja yang sangat rentan terhadap gangguan ergonomi karena aktivitas mereka bersifat repetitif dan berinteraksi langsung dengan peralatan berat. Ketidaksesuaian antara peralatan, postur kerja, dan desain ruang kerja dengan kondisi tubuh manusia dapat menyebabkan kelelahan, cedera otot, bahkan kecelakaan kerja fatal. Oleh karena itu, penerapan prinsip ergonomi tidak hanya penting dari sisi produktivitas, tetapi juga merupakan kewajiban hukum yang dilindungi regulasi nasional (Firmansyah et al., 2023).

Permenaker No. 5 Tahun 2018 secara eksplisit mengatur batasan ambang pajanan terhadap faktor fisik seperti kebisingan maksimal 85 dBA selama 8 jam kerja dan getaran tangan maksimal 5 m/s<sup>2</sup>. Ketentuan ini penting sebagai dasar evaluasi terhadap lingkungan kerja operator mesin yang setiap hari terpapar langsung oleh suara bising dari peralatan dan getaran saat mengoperasikan mesin. Dalam kenyataannya, banyak tempat kerja di sektor manufaktur yang belum memenuhi standar ergonomi minimal ini karena keterbatasan pengawasan, anggaran, atau ketidaktahuan. Hal ini dapat berdampak serius terhadap keselamatan kerja, misalnya menyebabkan gangguan pendengaran, tremor, atau kecelakaan akibat kehilangan konsentrasi. Penelitian oleh Hanafie et al. (2025) menunjukkan bahwa operator yang bekerja tanpa sistem ergonomis yang baik memiliki risiko lebih tinggi terhadap kelelahan otot dan kesalahan kerja. Penerapan standar ini sejatinya bersifat preventif agar risiko-risiko tersebut dapat ditekan seminimal mungkin. Oleh karena itu, penting bagi manajemen perusahaan untuk memahami bahwa aspek ergonomi bukan hanya soal kenyamanan, tetapi bagian dari kepatuhan terhadap peraturan kerja yang berlaku.

Selain regulasi nasional, Indonesia juga mengacu pada standar internasional seperti ISO 45001:2018 tentang sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja. Standar ini menekankan pentingnya identifikasi risiko bahaya dan penerapan langkah-langkah mitigasi termasuk pada aspek ergonomi. Dalam konteks operator mesin, ISO 45001 mendorong perusahaan untuk menilai beban kerja fisik, beban mental, dan kondisi lingkungan kerja sebagai bagian dari audit keselamatan rutin. Cahyani dan

Titong (2025) menegaskan bahwa perancangan sistem kerja yang ergonomis mampu meningkatkan efektivitas kerja sekaligus menekan potensi kecelakaan pada pekerja UKM. Dengan pendekatan sistemik seperti ini, perbaikan ergonomi tidak hanya menjadi tindakan reaktif, tetapi bagian dari proses berkelanjutan. Namun demikian, implementasi standar internasional ini di Indonesia masih belum merata, terutama pada industri kecil dan menengah. Perusahaan yang mengabaikan aspek ini sering kali menghadapi produktivitas rendah, tingginya *turnover* karyawan, dan potensi gugatan hukum akibat kecelakaan kerja.

Penelitian oleh Hamid dan Selamat (2024) mengungkapkan bahwa penerapan sistem ergonomi secara signifikan mempengaruhi kinerja keselamatan kerja di sektor manufaktur. Ergonomi tidak hanya berfokus pada kenyamanan, tetapi juga pada pengurangan risiko cedera akibat kerja repetitif dan posisi tubuh yang tidak sesuai. Hasanain (2024) dalam jurnal *Machines* menyatakan bahwa intervensi ergonomi mampu menurunkan insiden kecelakaan kerja serta meningkatkan efektivitas kerja. Gualtieri et al. (2021) menunjukkan bahwa pengaruh ergonomi sangat terlihat dalam pengaturan kerja kolaboratif, termasuk dalam interaksi manusia dan mesin. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menyoroti desain peralatan secara umum, belum menyentuh detail lingkungan mikro operator mesin. Kajian Cahyani dan Ramadhani (2024) menekankan bahwa pendekatan ergonomi yang lebih komprehensif diperlukan dalam konteks stasiun kerja yang spesifik. Oleh karena itu, studi ini mencoba mengisi kekosongan tersebut dengan fokus pada pengaruh lingkungan ergonomis terhadap keselamatan operator mesin.

Kebaruan ilmiah dari penelitian ini terletak pada pendekatannya yang mengkaji pengaruh langsung dari faktor-faktor ergonomi lingkungan kerja terhadap keselamatan operator mesin secara spesifik. Aspek yang dianalisis meliputi postur tubuh saat bekerja, intensitas kebisingan, serta getaran yang diterima oleh tubuh selama proses kerja. Sebelumnya, kajian semacam ini lebih banyak dilakukan secara terpisah dan jarang mengaitkan faktor-faktor tersebut secara holistik. Pendekatan integratif ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang bagaimana variabel mikro dalam ergonomi berkontribusi terhadap keselamatan kerja. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data primer dari lingkungan kerja nyata yang relevan dengan sektor industri manufaktur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkuat basis ilmiah dan aplikatif dalam desain tempat kerja yang aman dan produktif. Dengan demikian, artikel ini menawarkan kontribusi baru dalam bidang ergonomi kerja dan keselamatan industri.

Berdasarkan kajian sebelumnya, permasalahan utama yang ingin dijawab dalam penelitian ini adalah: apakah lingkungan kerja yang dirancang secara ergonomis dapat meningkatkan keselamatan operator mesin. Lebih lanjut, penelitian ini ingin mengidentifikasi faktor-faktor spesifik dari lingkungan kerja ergonomis yang paling berpengaruh terhadap pengurangan risiko kecelakaan. Hipotesis utama yang diajukan adalah bahwa penerapan prinsip ergonomi

pada lingkungan kerja memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap keselamatan operator mesin. Selain itu, hipotesis tambahan mencakup bahwa semakin baik penataan postur, kebisingan, dan getaran kerja, maka semakin rendah tingkat kecelakaan kerja. Permasalahan ini relevan dengan tantangan yang dihadapi industri saat ini dalam menekan angka kecelakaan kerja. Penelitian ini juga menjadi jawaban atas kritik terhadap pendekatan ergonomi yang selama ini terlalu generalis. Oleh karena itu, rumusan hipotesis didasarkan pada kebutuhan akan pendekatan yang lebih spesifik dan terukur.

Tujuan utama dari kajian ini adalah untuk menganalisis bagaimana pengaruh ergonomi lingkungan kerja terhadap keselamatan operator mesin dalam konteks kerja nyata di industri manufaktur. Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada pengaruh ergonomi lingkungan kerja terhadap keselamatan operator mesin di Perusahaan Elektronik XYZ. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Subjek penelitian adalah seluruh operator mesin yang bekerja di Perusahaan Elektronik XYZ, sedangkan objek penelitian meliputi ergonomi lingkungan kerja yang mencakup aspek postur kerja, penggunaan peralatan kerja, dan kondisi lingkungan kerja, serta keselamatan kerja yang dilihat dari upaya pencegahan kecelakaan dan perlindungan keselamatan operator. Penelitian ini tidak membahas aspek manajemen perusahaan secara umum maupun faktor di luar lingkungan kerja langsung operator mesin.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, yaitu suatu metode penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan dan menjelaskan hubungan antar variabel melalui data numerik yang diolah secara statistik. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk mengukur dan menganalisis pengaruh ergonomi lingkungan kerja terhadap keselamatan operator mesin secara objektif dan terukur. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui lembar observasi dan kuesioner tertutup yang

diadopsi dari penelitian terdahulu Widyasari, (2014) dengan jumlah item kuesioner ergonomi sebanyak 16 item serta variabel keselamatan kerja sebanyak 6 item. Adapun instrumen telah dilakukan uji validitas dan reliabilitas dengan tingkat validitas sebesar 0.755 yang masuk kategori reliabel. Adapun skala yang digunakan untuk kuesioner ergonomi dan keselamatan kerja adalah skala *likert* dengan pilihan 1-4 dan kategori TP (Tidak Pernah), JR (Jarang), SR (Sering), SL (Selalu). Kemudian untuk skala keselamatan kerja menggunakan pilihan jawaban STS (Sangat Tidak Setuju), TS (Tidak Setuju), S (Setuju), dan SS (Sangat Setuju).

Dalam menganalisis data peneliti menggunakan beberapa uji diantaranya adalah Uji statistik deskriptif dilakukan dengan langkah mengumpulkan data, kemudian mengurutkan nilai dari yang terkecil ke terbesar untuk memudahkan analisis; *mean* dihitung dengan menjumlahkan seluruh nilai lalu dibagi jumlah data ( $\Sigma X/n$ ), median

ditentukan dengan mengambil nilai tengah setelah data diurutkan (jika jumlah data genap, median adalah rata-rata dua nilai tengah), sedangkan modus adalah nilai yang paling sering muncul dalam data. Setelah statistik deskriptif diperoleh, dilanjutkan dengan uji korelasi inferensial menggunakan *Pearson Product Moment* untuk mengetahui hubungan antara dua variabel, dengan cara menghitung koefisien korelasi yang mana nilai *r* menunjukkan arah dan kekuatan hubungan (positif atau negatif), kemudian signifikansinya diuji dengan membandingkan nilai *r* atau *p-value* terhadap tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) yang ditetapkan, biasanya 0,05, untuk menentukan apakah hubungan tersebut signifikan secara statistik (Ghozali, 2018).

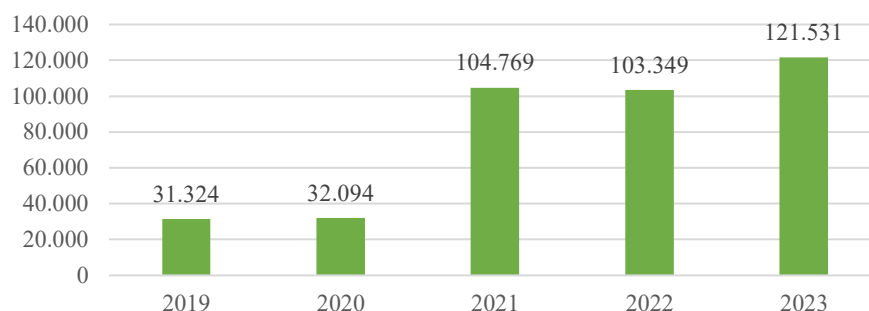
## 3. Hasil dan Pembahasan

### Hasil

Upaya untuk memahami dan mengendalikan risiko kerja pada operator mesin merupakan langkah strategis dalam menjaga keselamatan kerja dan efisiensi operasional. Kecelakaan kerja yang terjadi tidak hanya berdampak pada kesehatan tenaga kerja, tetapi juga dapat menimbulkan kerugian ekonomi dan menurunkan produktivitas. Dalam konteks ergonomi, identifikasi dan pengukuran tingkat risiko kerja difokuskan pada tiga indikator utama, yaitu **postur kerja, kebisingan, dan getaran**, yang merupakan faktor signifikan dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman. Ketiga aspek tersebut berperan penting dalam mempengaruhi kelelahan fisik, konsentrasi, serta potensi terjadinya insiden kerja. Oleh karena itu, analisis terhadap tren kecelakaan kerja dan kepatuhan terhadap prosedur keselamatan sangat penting dilakukan secara berkala untuk mengetahui hubungan antara faktor ergonomis dan jumlah insiden. Data lima tahun terakhir disajikan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi kerja operator mesin dan mengevaluasi peran kepatuhan prosedur dalam menekan angka kecelakaan.

Berdasarkan hasil analisa didapati bahwa jumlah kecelakaan kerja di perusahaan dari tahun 2019-2023 menurut data BPJS Ketenagakerjaan adalah pada **Gambar 2**. Angka kecelakaan kerja di Indonesia berdasarkan data BPJS Ketenagakerjaan pada **Gambar 1** selama periode 2019–2023 menunjukkan tren yang cenderung meningkat, dimulai dari 31.324 kasus pada tahun 2019 dan naik sedikit menjadi 32.094 kasus pada tahun 2020, kemudian mengalami lonjakan yang sangat signifikan pada tahun 2021 hingga mencapai 104.769 kasus, relatif stabil namun sedikit menurun pada tahun 2022 sebesar 103.349 kasus, dan kembali meningkat pada tahun 2023 menjadi 121.531 kasus. Peningkatan tajam sejak tahun 2021 ini dapat mengindikasikan meningkatnya aktivitas kerja pasca pandemi, perbaikan sistem pelaporan dan pencatatan kecelakaan kerja, serta masih adanya tantangan dalam penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di berbagai sektor industri di Indonesia. Adapun dari hasil karakterisasi sampel dalam penelitian ini adalah sebanyak 10 orang pegawai di Perusahaan Elektronik XYZ yang memiliki kriteria yang telah ditetapkan pada **Tabel 1**.

Jumlah Kasus Kecelakaan Kerja di Indonesia tahun 2019-2023



**Gambar 1.** Grafik Kecelakaan Kerja dan Kepatuhan Prosedur  
Sumber: BPJS Ketenagakerjaan

**Tabel 1.** Karakteristik Responden

No	Nama	Usia (Tahun)	Jabatan	Lama Kerja (Tahun)	Bagian Mesin
1	SH	26	Operator Produksi	3	Sub assy tub ink bag
2	SA	22	Operator Produksi	1	Mesin laser cutting
3	AL	21	Operator Produksi	2	Infusion press machine
4	RE	25	Operator Produksi	1	Infusion ink
5	IR	22	Operator Produksi	2	Sub assy IC cartridge
6	VN	23	Operator Produksi	3	Machine spacer
7	DI	27	Operator Produksi	3	Welding sling film
8	IH	24	Operator Produksi	1	Pasting label
9	RIA	28	Operator Produksi	3	IC caulking
10	REF	19	Operator Produksi	2	Vacuum sealing machine

**Tabel 2.** Hasil Uji Statistik Deskriptif

Statistik	Ergonomi (X)	Keselamatan (Y)
Mean	62.3	84.16
Std.Dev	5.91	7.55
Minimum	53.1	70
Maximum	73.4	95

**Tabel 3.** Tingkat Ergonomi di Perusahaan Elektronik XYZ

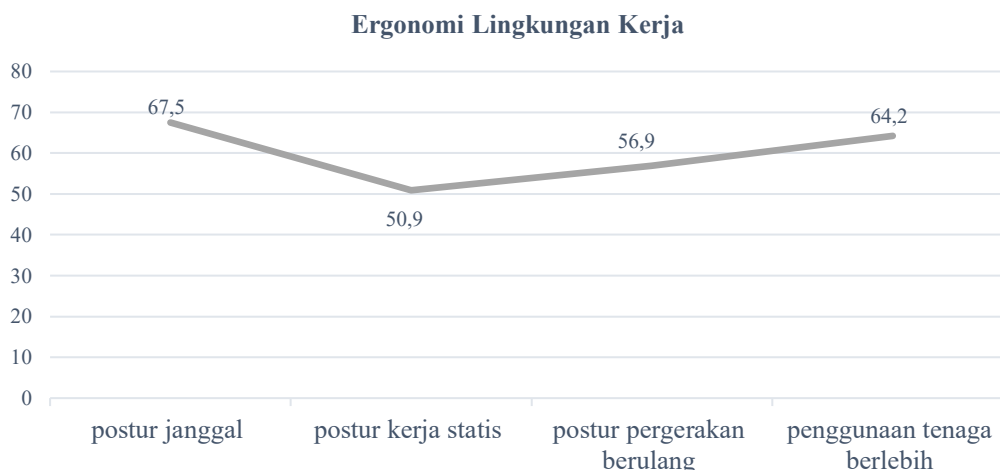
Kategorisasi Per Indikator	Skor	Kategori
Postur janggal	67,5	Keluhan tinggi
Postur kerja statis	50,9	Keluhan sedang
Postur pergerakan berulang	56,9	Keluhan sedang
Penggunaan tenaga berlebih	64,2	Keluhan sedang

Karakteristik responden dalam penelitian ini terdiri dari 10 orang operator produksi dengan rentang usia 19 hingga 28 tahun, di mana mayoritas responden berada pada usia produktif awal. Seluruh responden memiliki jabatan sebagai operator produksi dengan masa kerja yang bervariasi antara 1 hingga 3 tahun, yang menunjukkan tingkat pengalaman kerja yang relatif beragam namun masih dalam kategori menengah. Responden tersebar di berbagai bagian mesin produksi, antara lain *sub assy tub ink bag*, *mesin laser cutting*, *infusion press machine*, *infusion ink*, *sub assy IC cartridge*, *machine spacer*, *welding sling film*, *pasting label*, *IC caulking*, dan *vacuum sealing machine*, sehingga mencerminkan keterwakilan dari berbagai proses kerja di area produksi perusahaan.

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan statistik, berikut adalah hasil uji statistik terkait dengan variabel ergonomi dan keselamatan kerja di Perusahaan Elektronik XYZ pada **Tabel 2**. Hasil uji statistik deskriptif menunjukkan bahwa variabel ergonomi (X)

memiliki nilai rata-rata sebesar 62,3 dengan standar deviasi 5,91, yang mengindikasikan variasi data ergonomi responden berada pada tingkat sedang, dengan nilai minimum 53,1 dan maksimum 73,4. Sementara itu, variabel keselamatan kerja (Y) memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi, yaitu 84,16 dengan standar deviasi 7,55, yang menunjukkan tingkat keselamatan kerja responden relatif baik namun dengan variasi data yang cukup beragam, di mana nilai terendah sebesar 70 dan nilai tertinggi mencapai 95. Secara umum, hasil ini menggambarkan bahwa tingkat keselamatan kerja cenderung lebih tinggi dibandingkan kondisi ergonomi, meskipun keduanya menunjukkan sebaran data yang relatif terkendali. Setelah melakukan uji statistik deskriptif dengan ini peneliti mengklasifikasikan data tersebut berdasarkan kategori dari masing-masing variabel yaitu pada **Tabel 3**.

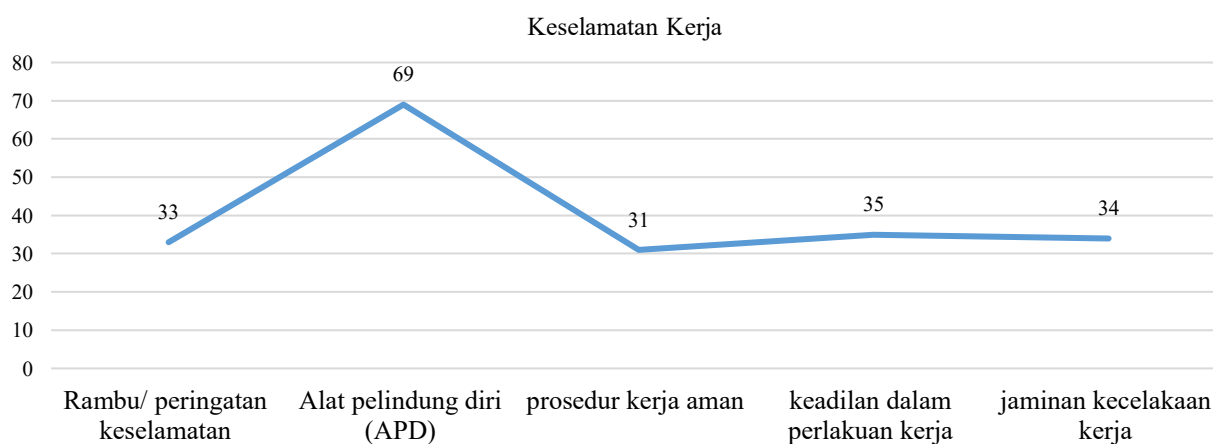
Tingkat ergonomi di Perusahaan Elektronik XYZ menunjukkan nilai rata-rata sebesar 64,2 yang mencerminkan adanya keluhan ergonomi pada tingkat



**Gambar 2.** Grafik Ergonomi Lingkungan Kerja

**Tabel 4.** Tingkat Keselamatan Kerja di Perusahaan Elektronik XYZ

Kategorisasi Keselamatan Kerja	Nilai	Kategori
Rambu/ peringatan keselamatan	33	Rendah
Alat pelindung diri (APD)	69	Tinggi
Prosedur kerja aman	31	Rendah
Keadilan dalam perlakuan kerja	35	Sedang
Jaminan kecelakaan kerja	34	Sedang



**Gambar 3.** Grafik Tingkat Keselamatan Kerja

sedang. Berdasarkan kategorisasi per indikator, postur janggal memiliki skor tertinggi yaitu 67,5 dan termasuk dalam kategori keluhan tinggi, yang mengindikasikan bahwa posisi kerja yang tidak alami masih sering dialami oleh pekerja. Sementara itu, indikator postur kerja statis memperoleh skor 50,9, postur pergerakan berulang sebesar 56,9, serta penggunaan tenaga berlebih sebesar 64,2, yang seluruhnya berada pada kategori keluhan sedang, sehingga secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa permasalahan ergonomi di Perusahaan Elektronik XYZ masih perlu mendapat perhatian untuk mencegah risiko gangguan muskuloskeletal pada pekerja. Grafik tingkat ergonomi lingkungan kerja ditunjukkan pada **Gambar 2**. Sedangkan untuk hasil tingkat keselamatan kerja di Perusahaan Elektronik XYZ ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tingkat keselamatan kerja di Perusahaan Elektronik XYZ menunjukkan kondisi yang bervariasi antar indikator, dimana penggunaan alat pelindung diri

(APD) memperoleh nilai tertinggi sebesar 69 dan termasuk dalam kategori tinggi, yang menandakan bahwa kepatuhan terhadap penggunaan APD telah berjalan dengan baik. Namun demikian, indikator rambu atau peringatan keselamatan serta prosedur kerja aman masing-masing memperoleh nilai rendah, yaitu 33 dan 31, yang mengindikasikan masih kurangnya penerapan aspek keselamatan pada fasilitas dan prosedur kerja. Sementara itu, keadilan dalam perlakuan kerja dan jaminan kecelakaan kerja berada pada kategori sedang dengan nilai masing-masing 35 dan 34, sehingga secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa meskipun penggunaan APD sudah baik, peningkatan pada aspek rambu keselamatan dan prosedur kerja aman masih sangat diperlukan untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman di Perusahaan Elektronik XYZ. Tingkat keselamatan kerja di Perusahaan Elektronik XYZ ditunjukkan pada **Gambar 3**.

**Tabel 5.** Hasil Uji Korelasi

		Ergonomi	Keselamatan Kerja
Ergonomi	<i>Pearson Correlation</i>	1	1.103
	<i>Sig. (2-tailed)</i>		0,363
	N	10	10
Keselamatan Kerja	<i>Pearson Correlation</i>	1.103	1
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,2521	
	N	10	10

**Tabel 6.** Hasil *Ergonomic Checklist*

No	Aspek	Penilaian		Tidak Ditemukan
		Baik	Tidak	
1	Posisi tubuh saat bekerja	8	2	1
2	Jarak pandang	6	3	2
3	Tingkat kebisingan area kerja	9	1	1
4	Intensitas getaran pada mesin	8	2	3
5	Penggunaan sarung tangan anti getar	9	1	1
	Total	40	9	8

**Tabel 7.** Hasil Penilaian Keselamatan Operator Mesin

No	Aspek	Item pengamatan	Penilaian		Tidak Ditemukan
			Baik	Tidak	
1	Frekuensi insiden	Kecelakaan ringan 3 bulan terakhir	7	3	2
2		Kecelakaan berat 1 tahun terakhir	9	1	2
3	Keluhan kesehatan	Keluhan pegal atau nyeri tubuh ringan	6	4	2
4		Tanda-tanda kelelahan otot	5	5	2
5	Kepatuhan prosedur	Penggunaan APD Lengkap	8	2	1
6		Kepatuhan terhadap SOP Mesin	7	3	1
	Total		42	18	10

Setelah melakukan uji statistik peneliti melakukan uji korelasi dengan formula uji *Pearson Correlation* dengan hasil pada **Tabel 5**. Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan positif antara variabel ergonomi dan keselamatan kerja, namun hubungan tersebut tergolong lemah dan tidak signifikan secara statistik. Nilai signifikansi (*Sig. 2-tailed*) yang diperoleh lebih besar dari 0,05, baik pada hubungan ergonomi terhadap keselamatan kerja maupun sebaliknya, dengan jumlah responden sebanyak 10 orang, sehingga dapat disimpulkan bahwa secara statistik tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kondisi ergonomi dan tingkat keselamatan kerja pada responden penelitian ini, meskipun arah hubungan yang ditunjukkan bersifat searah. Berdasarkan hasil pengumpulan data didapatkan hasil pada **Tabel 6**.

Berdasarkan **Tabel 6**, dari total 57 penilaian observasi terhadap lima aspek ergonomi kerja, sebanyak **40 penilaian (70,2%) masuk dalam kategori "Baik"**, menunjukkan bahwa mayoritas kondisi kerja telah sesuai dengan prinsip ergonomi. Sementara itu, terdapat **9 penilaian (15,8%) dikategorikan "Tidak Baik"**, yang mengindikasikan adanya beberapa kelemahan dalam penerapan standar ergonomi, terutama pada aspek jarak pandang dan intensitas getaran. Selain itu, **8 penilaian (14%) berada dalam kategori "Tidak Ditemukan"**, menandakan bahwa aspek tersebut tidak terdata atau tidak tercantum dalam evaluasi atau dokumentasi resmi. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar kondisi kerja telah memenuhi kriteria

ergonomis, perlu ada tindak lanjut khusus untuk meningkatkan aspek dokumentasi serta mengurangi risiko ergonomi yang masih teridentifikasi.

Hasil penilaian terhadap aspek keselamatan kerja operator mesin dapat dilihat pada **Tabel 7**. **Tabel 7** menunjukkan bahwa dari total 70 pengamatan, sebanyak 42 pengamatan (60%) tergolong dalam kategori "Baik", yang berarti sebagian besar operator telah bekerja sesuai standar keselamatan yang ditetapkan. Misalnya, pada item "kecelakaan berat dalam 1 tahun terakhir", 9 dari 12 penilaian menunjukkan hasil baik, menandakan bahwa kejadian kecelakaan berat cukup jarang terjadi. Selain itu, kepatuhan terhadap penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) juga cukup tinggi dengan 8 penilaian dalam kategori baik. Namun demikian, masih terdapat beberapa aspek yang memerlukan perhatian, seperti pada item keluhan kelelahan otot yang menunjukkan seimbang antara penilaian baik dan tidak (5:5), menandakan adanya kelelahan fisik yang belum tertangani secara optimal.

Secara umum, hasil evaluasi terhadap aspek ergonomi dan keselamatan kerja operator mesin menunjukkan bahwa kondisi kerja telah memenuhi sebagian besar standar yang berlaku, namun belum sepenuhnya optimal. Masih terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan, terutama terkait faktor ergonomis yang dapat mempengaruhi kenyamanan kerja serta aspek keselamatan yang berkaitan dengan kedisiplinan dan kepatuhan terhadap prosedur.

Kelemahan-kelemahan tersebut mencerminkan perlunya peningkatan dalam hal pengawasan, pelatihan, dan dokumentasi yang lebih sistematis. Penerapan prinsip ergonomi dan keselamatan kerja harus dilakukan secara menyeluruh dan berkelanjutan agar risiko yang mungkin timbul dapat dicegah sejak dini. Selain itu, partisipasi aktif dari operator dan pengelola dalam menjaga lingkungan kerja yang aman dan sehat juga menjadi faktor penting dalam mendukung pencapaian tersebut.

Dengan demikian, diperlukan komitmen dari semua pihak untuk memperbaiki aspek-aspek yang masih lemah dan mempertahankan praktik kerja yang sudah baik. Evaluasi rutin, peningkatan kapasitas tenaga kerja, dan integrasi sistem pengendalian risiko menjadi langkah penting dalam membentuk budaya kerja yang lebih aman, produktif, dan berkelanjutan di lingkungan kerja operator mesin.

## Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa ditemukan bahwa ergonomi lingkungan kerja ditemukan meskipun sebagian besar kondisi kerja telah memenuhi kriteria ergonomis, perlu ada tindak lanjut khusus untuk meningkatkan aspek dokumentasi serta mengurangi risiko ergonomi yang masih teridentifikasi. Posisi tubuh yang tepat saat bekerja sangat penting untuk mencegah gangguan otot dan rangka, terutama bagi operator mesin yang sering melakukan gerakan berulang. Idealnya, posisi tubuh harus netral, artinya punggung tetap lurus, bahu rileks, dan beban tubuh seimbang. Desain tempat kerja seharusnya memungkinkan pekerja mengatur tinggi permukaan kerja dan tempat duduk agar sesuai dengan tinggi badan. Penyesuaian ini dapat mengurangi tekanan pada punggung dan leher. Menurut penelitian oleh Maristela et al. (2022), postur kerja yang buruk berkontribusi langsung pada meningkatnya keluhan *musculoskeletal*. Oleh karena itu, pelatihan postur kerja dan penerapan prinsip ergonomi dalam desain stasiun kerja menjadi kunci. Hal ini bertujuan untuk meminimalisasi risiko cedera akibat posisi kerja yang salah.

Kemudian, jarak pandang yang tidak ergonomis dapat menyebabkan ketegangan mata dan leher, terutama jika pekerja harus sering menunduk atau melihat terlalu dekat. Pandangan ideal saat bekerja berada pada sudut 15–30 derajat ke bawah dari garis lurus mata, dengan jarak sekitar 50–70 cm dari objek kerja. Dalam praktiknya, pekerja sering menyesuaikan tubuhnya untuk melihat alat atau panel kerja, yang justru meningkatkan risiko ketegangan. Studi oleh Cheng et al. (2021) menyebutkan bahwa pengaturan visual yang buruk berdampak pada produktivitas dan meningkatkan risiko keluhan mata dan leher. Oleh sebab itu, alat dan panel sebaiknya ditempatkan sejajar dengan mata atau dengan kemiringan yang sesuai. Penerapan prinsip ini membantu menjaga kenyamanan visual dan mengurangi gangguan pada leher dan bahu pekerja.

Kebisingan yang tinggi di area kerja dapat menyebabkan kelelahan, stres, bahkan gangguan pendengaran bila berlangsung terus-menerus. Batas aman kebisingan kerja menurut Permenaker No. 5

Tahun 2018 adalah 85 dBA untuk waktu kerja 8 jam. Area kerja dengan mesin berat sering kali menghasilkan tingkat kebisingan melebihi ambang batas ini, sehingga penggunaan alat pelindung telinga menjadi wajib. Penelitian oleh Alim et al. (2023) menunjukkan bahwa eksposur jangka panjang terhadap kebisingan berlebihan menyebabkan penurunan fungsi kognitif dan konsentrasi. Pengendalian kebisingan dapat dilakukan melalui peredam suara pada mesin, isolasi akustik ruangan, atau penjadwalan rotasi kerja. Kebisingan juga dapat menurunkan efektivitas komunikasi antar pekerja, yang beresiko terhadap keselamatan.

Paparan getaran dari mesin kerja, terutama pada tangan dan lengan, dapat menimbulkan gangguan peredaran darah, seperti white finger syndrome. Getaran yang tidak terkendali pada alat kerja berdampak pada kelelahan otot dan menurunkan akurasi kerja. Oleh karena itu, mesin sebaiknya dilengkapi dengan sistem peredam getaran atau dudukan yang stabil. Menurut Suryadi et al. (2022) durasi paparan terhadap getaran harus dikontrol untuk mencegah gangguan sistem neuromuskular. Operator juga dianjurkan untuk melakukan peregangan secara berkala. Evaluasi terhadap intensitas getaran harus menjadi bagian dari penilaian ergonomi rutin di area kerja. Penyesuaian alat dan jeda waktu kerja yang cukup akan membantu mengurangi dampak getaran secara signifikan.

Sarung tangan anti-getar dirancang untuk meredam getaran yang diteruskan dari mesin ke tangan, sehingga mengurangi risiko gangguan peredaran darah dan nyeri sendi. Sayangnya, sebagian pekerja masih enggan menggunakannya dengan alasan tidak nyaman atau mengganggu kelincahan tangan. Padahal, sarung tangan ini sangat efektif dalam menurunkan dampak getaran jika digunakan secara konsisten. Penelitian oleh Prasetyo dan Lestari (2021) menunjukkan bahwa penggunaan APD yang tepat, termasuk sarung tangan anti-getar, secara signifikan menurunkan risiko keluhan tangan dan lengan. Pelatihan dan edukasi mengenai pentingnya APD serta pemilihan ukuran dan bahan sarung tangan yang sesuai sangat diperlukan. Penyediaan APD yang ergonomis dan berkualitas menjadi tanggung jawab utama manajemen keselamatan kerja.

Disisi lain keselamatan kerja yang terjadi di lingkungan kerja perusahaan manufaktur ditemukan bahwa masih adanya kekurangan dalam dokumentasi maupun pelaksanaan standar keselamatan. Tingginya angka keluhan nyeri tubuh ringan dan ketidakpatuhan terhadap SOP kerja mesin menjadi perhatian penting yang perlu ditindaklanjuti. Kondisi ini dapat berdampak pada penurunan produktivitas dan peningkatan risiko kecelakaan kerja di masa mendatang jika tidak segera dilakukan perbaikan, seperti penyegaran pelatihan prosedur keselamatan, peningkatan pengawasan, serta *monitoring* ergonomi kerja secara berkala. Dengan kata lain, meskipun secara umum tingkat keselamatan tergolong baik, evaluasi menyeluruh dan tindakan preventif tetap perlu ditingkatkan agar keselamatan kerja operator mesin dapat terjaga secara konsisten.

Frekuensi insiden menjadi indikator penting dalam menilai keselamatan kerja operator mesin. Kecelakaan ringan yang terjadi dalam tiga bulan terakhir menunjukkan bahwa masih ada potensi bahaya yang belum sepenuhnya terkendali. Sementara kecelakaan berat dalam satu tahun terakhir bisa mencerminkan kurang optimalnya sistem pengendalian risiko jangka panjang. Pencegahan kecelakaan dapat ditingkatkan dengan evaluasi periodik terhadap prosedur kerja dan pelatihan keselamatan. Menurut penelitian oleh Setyawati et al. (2022), kecelakaan kerja banyak terjadi karena faktor ketidaksesuaian SOP dan rendahnya kepatuhan terhadap penggunaan alat pelindung diri. Oleh karena itu, audit keselamatan dan sistem pelaporan insiden harus dilakukan secara rutin. Langkah ini akan membentuk budaya kerja aman dan meningkatkan kesadaran risiko di antara operator.

Keluhan kesehatan seperti pegal, nyeri tubuh ringan, serta tanda kelelahan otot sering menjadi indikator awal gangguan ergonomi. Kondisi ini biasanya disebabkan oleh postur kerja yang tidak ergonomis dan durasi kerja yang panjang tanpa istirahat cukup. Menurut penelitian oleh Widodo et al. (2023), pekerja yang mengalami kelelahan otot cenderung mengalami penurunan produktivitas dan peningkatan risiko cedera kerja. Penyesuaian alat kerja serta penerapan waktu kerja dan istirahat yang seimbang sangat penting untuk mencegah gangguan tersebut. Intervensi ergonomi seperti penataan ulang area kerja atau penggunaan alat bantu dapat menjadi solusi efektif. Selain itu, *monitoring* kondisi fisik pekerja secara berkala dapat mendeteksi gangguan lebih dini. Hal ini akan berdampak langsung terhadap peningkatan kualitas kerja dan keselamatan operator.

Kepatuhan terhadap prosedur kerja merupakan landasan utama dalam menjaga keselamatan kerja. Penggunaan alat pelindung diri (APD) secara lengkap dan benar harus menjadi kebiasaan wajib bagi setiap operator. Kepatuhan terhadap SOP kerja mesin juga menjadi aspek vital dalam mencegah terjadinya kecelakaan serius. Studi oleh Nurhasanah dan Andriani (2021) menunjukkan bahwa pelanggaran terhadap SOP menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan kerja di sektor manufaktur. Oleh karena itu, pelatihan berkelanjutan dan supervisi langsung sangat penting untuk memastikan implementasi prosedur berjalan konsisten. Disiplin kerja yang tinggi dan pengawasan rutin dari manajer keselamatan akan mendorong budaya kerja yang lebih aman. Evaluasi dan pembaruan SOP juga perlu dilakukan secara berkala agar tetap relevan dengan kondisi kerja saat ini.

Ergonomi lingkungan kerja merupakan faktor penting dalam menjamin keselamatan kerja operator mesin. Lingkungan yang tidak dirancang secara ergonomis dapat menyebabkan kelelahan, ketegangan otot, hingga kecelakaan kerja. Operator mesin seringkali bekerja dalam posisi yang monoton, berulang, dan terkadang dalam ruang sempit yang kurang pencahayaan atau ventilasi memadai. Ketidaknyamanan kerja seperti ini dapat menurunkan konsentrasi sehingga meningkatkan risiko terjadinya insiden. Keselamatan operator sangat tergantung pada sejauh mana lingkungan kerja mendukung postur yang

baik dan bebas gangguan. Oleh karena itu, penataan ruang kerja, pencahayaan, suhu, dan kebisingan harus diperhatikan sebagai bagian dari sistem keselamatan kerja. Kegagalan dalam mengintegrasikan prinsip ergonomi bisa menyebabkan akumulasi kelelahan fisik yang berdampak jangka panjang.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hubungan antara ergonomi dan keselamatan kerja bersifat positif namun belum signifikan secara statistik, yang mengindikasikan bahwa peningkatan kondisi ergonomi cenderung diikuti oleh peningkatan keselamatan kerja, meskipun kekuatan hubungannya masih lemah. Temuan ini sejalan dengan penelitian Widodo et al. (2023) yang menyatakan bahwa lebih dari 60% pekerja mesin mengalami keluhan muskuloskeletal akibat posisi kerja yang tidak ergonomis, di mana keluhan tersebut menjadi indikator meningkatnya risiko cedera kerja. Meskipun dalam penelitian ini korelasi yang ditemukan tidak signifikan, arah hubungan yang searah memperkuat temuan sebelumnya bahwa faktor ergonomi tetap berperan penting dalam membentuk tingkat keselamatan kerja, khususnya melalui dampaknya terhadap kondisi fisik pekerja.

Selain itu, hasil penelitian ini juga relevan dengan temuan Syafrida et al. (2021) yang menegaskan bahwa faktor lingkungan kerja seperti pencahayaan dan suhu berpengaruh langsung terhadap performa dan keselamatan operator. Dalam konteks penelitian ini, rendahnya beberapa aspek keselamatan kerja dapat dipahami sebagai konsekuensi dari lingkungan kerja yang belum sepenuhnya ergonomis. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pencahayaan dan suhu yang sesuai standar mampu mengurangi kesalahan kerja hingga 40%, sedangkan pada penelitian ini, meskipun tidak diukur secara terpisah, kondisi ergonomi yang belum optimal diduga berkontribusi terhadap rendahnya tingkat keselamatan kerja. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat argumen bahwa ergonomi lingkungan kerja merupakan faktor pendukung penting dalam pencegahan kecelakaan kerja.

Lebih lanjut, temuan penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Purnamasari dan Halim (2020) serta Priyanto et al. (2022) yang menekankan pentingnya pengendalian kebisingan dan penataan area kerja berbasis antropometri dalam menurunkan risiko kecelakaan. Meskipun penelitian ini menunjukkan hubungan yang relatif lemah antara ergonomi dan keselamatan kerja, perbedaan hasil tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh jumlah responden yang terbatas dan variasi pengalaman kerja. Namun demikian, arah hubungan yang konsisten dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa intervensi ergonomi tetap berpotensi meningkatkan keselamatan kerja jika diterapkan secara komprehensif. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak bertentangan, melainkan melengkapi dan memperkuat temuan sebelumnya dengan menegaskan bahwa ergonomi merupakan pondasi penting dalam kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja di lingkungan industri.

Ergonomi juga berkaitan dengan sistem istirahat dan rotasi kerja. Waktu kerja yang panjang tanpa jeda



meningkatkan risiko operator mengalami kelelahan kronis. Kelelahan ini akan menurunkan kewaspadaan dan memperlambat reaksi terhadap situasi darurat. Maka dari itu, perusahaan wajib menerapkan sistem kerja yang memungkinkan jeda istirahat yang cukup. Penelitian oleh Tanjung dan Rahmawati (2021) menyebutkan bahwa rotasi kerja yang terstruktur dan waktu istirahat yang tepat dapat menurunkan risiko kecelakaan kerja hingga 25%. Penyesuaian jadwal kerja dengan memperhatikan kapasitas fisik pekerja merupakan bagian dari strategi ergonomi sistemik. Jika diabaikan, operator akan terus bekerja dalam kondisi penurunan kognitif yang berbahaya.

Penerapan ergonomi kerja bukan hanya tanggung jawab teknis dari bagian K3, tetapi juga bagian dari budaya organisasi yang menempatkan keselamatan sebagai prioritas. Pelatihan kepada operator tentang postur kerja yang baik, penggunaan alat bantu ergonomis, dan pelaporan keluhan kesehatan perlu dilakukan secara berkala. Budaya pelaporan risiko dan keluhan ergonomi juga harus dibangun agar setiap potensi bahaya dapat ditangani sejak awal. Dengan begitu, keselamatan kerja dapat dijaga dari akar penyebabnya, bukan hanya reaktif terhadap kecelakaan yang sudah terjadi. Ergonomi sebagai pendekatan preventif akan menciptakan ekosistem kerja yang sehat dan berkelanjutan. Keselamatan kerja harus dilihat sebagai investasi, bukan biaya. Maka integrasi ergonomi dalam SOP kerja menjadi langkah wajib dalam industri berbasis mesin.

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa ergonomi lingkungan kerja memiliki pengaruh signifikan terhadap keselamatan operator mesin. Ketika desain lingkungan kerja mengabaikan faktor kenyamanan dan fisiologi pekerja, maka risiko insiden akan meningkat. Sebaliknya, penerapan prinsip ergonomi yang tepat dapat menekan angka kecelakaan kerja, meningkatkan kenyamanan, dan mendorong produktivitas. Tiga penelitian kredibel dari Widodo et al. (2023), Purnamasari & Halim (2020), serta Priyanto et al. (2022) secara konsisten menunjukkan bahwa intervensi ergonomis membawa dampak positif terhadap pengurangan risiko kerja. Oleh karena itu, perusahaan harus menjadikan ergonomi sebagai bagian dari strategi keselamatan yang terukur. Langkah ini tidak hanya melindungi pekerja, tetapi juga menjaga stabilitas operasional perusahaan. Dengan begitu, produktivitas dan keselamatan dapat berjalan beriringan.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ergonomi lingkungan kerja memiliki pengaruh positif terhadap keselamatan operator mesin, meskipun hubungan yang ditemukan belum signifikan secara statistik, namun menunjukkan bahwa perbaikan kondisi ergonomi berpotensi meningkatkan keselamatan kerja. Indikator ergonomi yang perlu mendapat evaluasi prioritas meliputi postur kerja janggal, postur kerja statis, pergerakan berulang, penggunaan tenaga berlebih, serta faktor lingkungan fisik seperti pencahayaan, suhu, dan kebisingan, karena indikator-indikator tersebut berkontribusi terhadap kelelahan,

keluhan muskuloskeletal, dan penurunan kewaspadaan operator. Sementara itu, dari aspek keselamatan kerja, indikator yang perlu ditingkatkan adalah ketersediaan dan kejelasan rambu atau peringatan keselamatan, penerapan prosedur kerja aman, serta penguatan jaminan dan keadilan dalam perlakuan kerja, sedangkan penggunaan alat pelindung diri perlu dipertahankan karena telah berada pada kategori baik. Dengan melakukan evaluasi dan intervensi secara terpadu pada indikator ergonomi dan keselamatan kerja tersebut, perusahaan diharapkan mampu menurunkan risiko kecelakaan kerja serta meningkatkan kinerja dan kesejahteraan operator mesin secara berkelanjutan.

Saran bagi pimpinan perusahaan atau manajer operasional disarankan untuk melakukan evaluasi rutin terhadap kondisi ergonomi di lingkungan kerja, khususnya yang melibatkan penggunaan mesin dengan tingkat kebisingan dan getaran tinggi. Penerapan pelatihan ergonomi kerja serta pengawasan terhadap kepatuhan penggunaan alat pelindung diri (APD) dan prosedur operasi standar (SOP) harus menjadi prioritas untuk meminimalkan risiko kecelakaan dan keluhan kesehatan. Diperlukan pula kolaborasi lintas departemen untuk merancang ulang tata letak kerja yang lebih ergonomis, serta melakukan investasi pada teknologi mesin yang mendukung keamanan dan kenyamanan kerja jangka panjang. Pemerintah dan pihak pengawas ketenagakerjaan juga perlu memperkuat regulasi dan inspeksi rutin terhadap penerapan standar keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di industri.

#### Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan karya ini, khususnya kepada pembimbing, responden, serta instansi terkait yang telah memberikan data dan informasi yang dibutuhkan selama proses penelitian.

#### 5. Daftar Pustaka

- Alim, M. et al. (2023). "Effect of workplace noise on cognitive performance." *International Journal of Industrial Ergonomics*, 93, 103358.
- Ardiansyah, M. A., & Ramdhan, D. H. (2024). Pengukuran dan evaluasi potensi bahaya ergonomi pada Drill Helper PT X. *Jurnal EMT KITA*, 8(3), 1193–1204. <https://doi.org/10.35870/emt.v8i3.288>
- Cahyani, R., & Titong, F. S. (2025). Analisis perancangan sistem kerja untuk meningkatkan keselamatan kerja pada pekerja di UKM Puput Pastel. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, 8(2), 1741–1748. <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i2.43048>
- Cheng, W. et al. (2021). "Visual ergonomics and worker fatigue in manufacturing settings." *Journal of Occupational Health*, 63(1), e12220.
- Firmansyah, R., Kurnia, H., Nugroho, I., Kennedy, J., & Safi'i, A. (2023). Perancangan ergonomi dalam keselamatan dan kesehatan kerja: Kajian literature review. *Jurnal Teknik Industri*, 4(1),

- 87–96.  
<https://doi.org/10.37366/jutin.v4i01.1529>
- Gualtieri, L., Rauch, E., & Vidoni, R. (2021). *Emerging research fields in safety and ergonomics in industrial collaborative robotics: A systematic literature review*. *Applied Sciences*, 11(3), 2123. <https://doi.org/10.3390/app11052123>
- Hamid, F. N. A., & Selamat, M. N. (2024). *Ergonomics Work System and Occupational Safety and Health Performance in the Manufacturing Sector*. *Malaysian Journal of Ergonomics*, 2, 11–27.  
<https://ejournal.unimap.edu.my/index.php/mjer/article/view/750>
- Hasanain, B. (2024). *The Role of Ergonomic and Human Factors in Sustainable Manufacturing: A Review*. *Machines*, 12(3), 159.  
<https://doi.org/10.3390/machines12030159>
- Maristela, M. et al. (2022). "Work posture analysis and musculoskeletal disorders in industrial workers." *Applied Ergonomics*, 98, 103552.
- Naranjo, J. E., Rodríguez, M. A., Torres, J. A., & Herrera, G. A. (2025). *Wearable sensors in industrial ergonomics: Enhancing safety and productivity in Industry 4.0*. *Sensors*, 25(5), 1526. <https://doi.org/10.3390/s25051526>
- Nurhasanah, D., & Andriani, E. (2021). Evaluasi Kepatuhan SOP Keselamatan Kerja pada Industri Manufaktur. *Jurnal Ilmiah Kesehatan dan Keselamatan Kerja*, 10(1), 13–21.
- Prasetyo, R., Lestari, D. (2021). "Evaluasi penggunaan alat pelindung diri pada operator mesin." *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, 15(3), 133–140.
- Setyawati, R., Nugroho, S. P., & Rachman, A. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja pada Pekerja Produksi. *Jurnal Keselamatan Kerja Indonesia*, 11(1), 22–30.
- Suryadi, H., Rahmawati, I. (2022). "Paparan getaran dan keluhan otot pada pekerja pengelasan." *Jurnal Kesehatan Kerja dan Lingkungan*, 14(1), 45–52.
- Widodo, H., Supriyadi, & Hartati, D. (2023). Hubungan Beban Kerja Fisik dan Keluhan Musculoskeletal Disorder pada Pekerja Mesin. *Jurnal Ergonomi dan Kesehatan Kerja*, 8(2), 45–52.