

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pengertian Ergonomi

Secara etimologis, istilah ergonomi berakar dari bahasa Yunani kuno, yakni *ergon* yang bermakna kerja atau usaha, dan *nomos* yang merujuk pada hukum alam atau ketentuan dasar kehidupan. Dalam pengertian terminologis, ergonomi merupakan disiplin ilmu yang mengkaji secara mendalam interaksi antara manusia dengan komponen-komponen sistem lainnya. Kajian ini memanfaatkan pengetahuan tentang karakteristik inheren manusia, potensi kemampuannya, serta keterbatasannya, guna merancang sistem kerja yang paling sesuai dan optimal. Penerapan prinsip-prinsip ergonomi ini pada hakikatnya bertujuan menyediakan lingkungan bagi pekerja agar dapat menjalankan aktivitasnya dalam suatu sistem dengan efektivitas tinggi, keamanan terjamin, serta kenyamanan yang menyeluruh semua demi mewujudkan target produktivitas yang diharapkan, tanpa pernah mengorbankan kesehatan fisik dan kesejahteraan mereka sebagai manusia utuh (Susanti et al., 2015).

Ergonomi pada dasarnya adalah perpaduan harmonis antara ilmu pengetahuan, kemajuan teknologi, dan sentuhan seni kreatif, yang semuanya bertujuan menyatukan peralatan, sistem kerja, serta lingkungan sekitar dengan keterbatasan alami manusia sebuah upaya penuh empati untuk menciptakan keseimbangan yang manusiawi. Prinsip pokok yang menjadi pegangan utamanya adalah *fitting the task to the man*, yakni menyesuaikan beban tugas serta sarana kerja sepenuhnya dengan kemampuan dan batas daya tahan manusia,

bukan memaksa manusia menyesuaikan diri pada tuntutan tugas yang kaku. Dengan pendekatan inilah, sistem kerja dirancang secara bijaksana dengan memahami kelebihan sekaligus kelemahan pengguna, sehingga setiap interaksi dalam ruang kerja tetap berada dalam genggam kemampuan manusiawi, dan risiko kelelahan berat maupun cedera dapat ditekan seminimal mungkin demi menjaga martabat serta kesehatan mereka (A. Taufik et al., 2026).

Dalam kenyataannya, penilaian semacam ini meliputi penyesuaian yang penuh perhatian terhadap intensitas tugas, durasi jam kerja, jeda istirahat yang layak, serta pengaturan faktor lingkungan fisik seperti cahaya yang ramah mata, kebisingan yang terkendali, dan suhu udara yang sejuk alami. Pengaturan elemen fisik serta biologis yang selaras dengan standar ergonomi kontemporer telah terbukti mampu mengoptimalkan potensi kerja manusia, sekaligus memberi dampak langsung pada peningkatan mutu dan volume hasil produksi (Wignjosoebroto, 2011).

2.1.2 Tujuan Ergonomi

Menghilangkan cedera dan kecacatan yang berhubungan dengan pekerjaan, penyalahgunaan otot, postur tubuh yang buruk berulang dan mengurangi masalah yang berhubungan dengan pekerjaan merupakan tujuan dari ergonomi. Menurut Susanti et al. (2015), ergonomi memiliki empat tujuan utama:

1. Meningkatkan perlindungan kesehatan dan keselamatan kerja.
2. Mengoptimalkan efisiensi dan performa karyawan.
3. Menciptakan bentuk kerjeta yang ergonomis dan meyakinkan.
4. Mendorong lingkungan kerja yang aman dan nyaman.

Dengan menerapkan tujuan ergonomi yang ingin dicapai, menurut Taufik et al (2026) yaitu:

1. Dengan meningkatkan kualitas kontrak sosial dan kesejahteraan sosial pada pekerja yang dapat meningkatkan jaminan sosial pekerja pada saat bekerja ataupun setelah bekerja.
2. Adanya cedera dan penyakit akibat bekerja yang dapat dicegah dengan adanya meningkatkan kesehatan mental, fisik serta dengan meningkatkan promosi dan kepuasan saat bekerja.

2.1.3 Hubungan Ergonomi dengan Produktivitas Kerja

Hubungan antara ergonomi dan produktivitas kerja dalam sistem industri bersifat linear dan saling memengaruhi secara signifikan. Produktivitas pada dasarnya merupakan rasio efisiensi antara *output* yang dihasilkan dengan *input* sumber daya yang digunakan, di mana tenaga kerja merupakan komponen *input* yang paling dinamis. Dalam hal ini, ergonomi berperan sebagai instrumen untuk mengoptimalkan kapasitas kerja manusia dengan cara meminimalisir segala bentuk hambatan fisik dan lingkungan yang dapat mengganggu performa. Ketika intervensi ergonomi diterapkan, terjadi penyelarasan antara tuntutan tugas (*task demands*) dengan kemampuan fungsional tubuh pekerja, yang secara tidak langsung akan menurunkan tingkat stres fisik maupun mental di rantai produksi (Susanti et al., 2015).

Mekanisme peningkatan produktivitas melalui pendekatan ergonomi dapat dijelaskan melalui pengendalian kelelahan (*fatigue management*). Postur kerja yang janggal serta kondisi lingkungan fisik yang tidak memenuhi standar seperti suhu panas atau pencahayaan yang redup merupakan beban tambahan (*additional load*) yang memaksa tubuh mengeluarkan energi ekstra di luar

kebutuhan tugas pokoknya (Wignjosoebroto, 2011). Penumpukan kelelahan ini mengakibatkan penurunan kecepatan motorik dan ketelitian visual, terutama pada pekerjaan yang membutuhkan presisi tinggi seperti menjahit.

Dengan memperbaiki postur kerja melalui evaluasi metode RULA dan menstandarisasi lingkungan fisik berdasarkan regulasi yang berlaku, energi pekerja dapat dialokasikan sepenuhnya untuk aktivitas produktif. Hal ini tidak hanya meningkatkan kuantitas *output* harian, tetapi juga menekan angka produk cacat (*reject*) akibat kesalahan manusia (*human error*). Dengan demikian, efisiensi sistem kerja secara keseluruhan dapat tercapai sesuai dengan prinsip perancangan kerja yang ergonomis (A. Taufik et al., 2026).

Produktivitas adalah perbandingan antara *output* (hasil) dengan *input* (masukan). Jika Produktivitas naik ini hanya dimungkinkan oleh adanya peningkatan efisiensi (waktu-bahan-tenaga) dan sistem kerja, teknik produksi dan adanya peningkatan keterampilan dari tenaga kerjanya.

Produktivitas kerja adalah kemampuan karyawan dalam memproduksi dibandingkan dengan input yang digunakan, seorang karyawan dapat dikatakan produktif apabila mampu menghasilkan barang atau jasa sesuai dengan diharapkan dalam waktu yang singkat atau tepat.

Kondisi ergonomi yang tidak sesuai dapat meningkatkan tuntutan fisik yang diterima operator selama melakukan pekerjaan. Postur kerja yang dipertahankan dalam waktu lama, gerakan berulang, fasilitas kerja yang kurang sesuai, serta kondisi lingkungan fisik yang kurang mendukung dapat meningkatkan ketidaknyamanan dan kelelahan (*fatigue*). Dalam konteks pekerjaan menjahit, operator dapat berada dalam posisi duduk dan melakukan gerakan berulang dalam periode kerja tertentu sehingga kondisi ergonomi menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan.

Fatigue dalam penelitian ini dipahami sebagai kondisi kelelahan atau penurunan kenyamanan yang dapat muncul akibat tuntutan pekerjaan dan kondisi kerja. Identifikasi *fatigue* tidak digunakan untuk mengetahui hubungan kausal secara langsung, tetapi digunakan sebagai bagian dari analisis kondisi operator berdasarkan hasil observasi dan evaluasi ergonomi.

Kelelahan yang dialami operator selama bekerja dapat berkaitan dengan kemampuan operator dalam mempertahankan kondisi kerja secara konsisten. Ketika tingkat kelelahan dan ketidaknyamanan meningkat, operator dapat membutuhkan waktu pemulihan atau jeda kerja untuk mempertahankan kondisi fisik selama melakukan aktivitas. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi kelancaran proses kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas.

Dalam penelitian ini, hubungan antara *fatigue* dan *performance* tidak dinyatakan sebagai hubungan kausal yang telah terbukti karena penelitian tidak melakukan eksperimen sebelum dan sesudah intervensi. Hubungan tersebut digunakan sebagai kerangka teoritis untuk membantu menjelaskan kemungkinan keterkaitan antara kondisi ergonomi operator dengan munculnya waktu tunggu pada proses produksi.

Dalam pendekatan *Lean*, *waiting* merupakan salah satu bentuk pemborosan yang terjadi ketika sumber daya atau proses harus menunggu dan tidak menghasilkan nilai tambah. Pada aktivitas produksi yang melibatkan tenaga manusia, kondisi operator dapat menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan ketika menganalisis waktu tunggu.

Kondisi ergonomi yang kurang sesuai dapat meningkatkan ketidaknyamanan dan berpotensi meningkatkan kebutuhan operator untuk melakukan jeda atau pemulihan selama bekerja. Apabila jeda tersebut terjadi pada waktu proses produksi, maka dapat muncul

waktu tidak bernilai tambah yang berpotensi meningkatkan *waiting time*. Namun, dalam penelitian ini hubungan tersebut diposisikan sebagai hubungan yang didukung oleh hasil observasi dan analisis sebab-akibat kualitatif, bukan sebagai hubungan kausal yang telah dibuktikan secara statistik.

Dengan demikian, kondisi ergonomi dipertimbangkan sebagai salah satu faktor yang berpotensi berkontribusi terhadap *waste of waiting*, bersama dengan faktor lain seperti kondisi fasilitas dan lingkungan kerja.

2.1.4 Lingkungan Fisik Kerja

Perkembangan industrialisasi saat ini selalu diiringi oleh implementasi teknologi tinggi serta penggunaan peralatan produksi yang semakin kompleks. Namun, kemajuan teknologi ini sering kali tidak berjalan selaras dengan kesiapan Sumber Daya Manusia (SDM). Keterbatasan manusia dalam berinteraksi dengan sistem yang rumit sering menjadi faktor pemicu terjadinya kecelakaan kerja, kebakaran, hingga munculnya penyakit akibat kerja (PAK). Fenomena ini tidak hanya mengakibatkan kerugian material bagi perusahaan, tetapi juga mengancam keselamatan jiwa tenaga kerja dan masyarakat sekitar. Oleh karena itu, diperlukan langkah preventif sejak tahap perencanaan agar tenaga kerja mampu mengendalikan dampak negatif dari proses produksi, sehingga tercipta lingkungan kerja yang sehat, aman, dan produktif (Wignjosoebroto, 2011).

Di lingkungan kerja, terdapat berbagai faktor yang secara langsung memengaruhi kondisi fisik dan psikis pekerja, yang meliputi faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi, dan psikologi. Seluruh faktor tersebut memiliki potensi untuk mengganggu suasana kerja serta berdampak buruk pada kesehatan dan keselamatan tenaga

kerja jika tidak dikelola dengan baik. Mengacu pada standar Permenaker No. 5 Tahun 2018, penciptaan lingkungan kerja yang higienis dan nyaman sangat fundamental bagi pekerja agar dapat memberikan performa yang optimal. Oleh karena itu, stasiun kerja harus didesain sedemikian rupa guna memastikan seluruh elemen lingkungan mendukung aktivitas pekerja dalam suasana yang kondusif (A. Taufik et al., 2026).

Pada bagian ini hanya akan dibahas tentang faktor fisik lingkungan kerja seperti suhu, kebisingan dan penerangan. Evaluasi lingkungan dilakukan dengan cara pengukuran kondisi tempat kerja dan mengetahui respon pekerja terhadap paparan lingkungan kerja.

1. Suhu

Secara fundamental, ergonomi merupakan studi tentang penyesuaian antara pekerja dan lingkungannya guna meningkatkan performansi serta melindungi kesehatan. Iklim kerja menjadi faktor krusial karena bertindak sebagai *stressor* yang dapat menyebabkan kelelahan fisik (*strain*) apabila tidak dikendalikan. Mengacu pada Permenaker No. 5 Tahun 2018, penilaian iklim kerja tidak hanya merujuk pada suhu udara kering, tetapi juga melibatkan kelembaban, panas radiasi, dan kecepatan gerakan udara yang diukur melalui Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB). Pengaturan suhu yang ideal di area konveksi sangat penting untuk menjaga keseimbangan termal tubuh pekerja agar produktivitas tetap terjaga (Wignjosoebroto, 2011).

Iklim kerja adalah suatu kombinasi dari suhu kerja, kelembaban udara, kecepatan gerakan udara dan suhu radiasi pada suatu lingkungan kerja (Sunaryo & Rhomadhoni, 2020). Ke empat faktor tersebut dapat menyebabkan *heat stress*. Faktor lingkungan penyebab adalah suhu dan pergerakan udara, tekanan uap air, serta radiasi panas (Seng et al., 2018).

Suhu udara yang panas dapat menyebabkan menurunnya prestasi kerja pikir mengurangi kelincahan, perpanjangan waktu reaksi & waktu pengambilan keputusan, mengganggu kecermatan kerja otak & mengganggu koordinasi syaraf sensoris. Suhu dingin dapat menyebabkan mengurangi efisiensi dengan keluhan kaku & kurangnya koordinasi otot. Di samping itu dapat menyebabkan *chilblains*, *trench foot*, dan *frostbite* (Lawi et al., 2023).

2. Kebisingan

Kebisingan didefinisikan sebagai semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat proses produksi atau alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran (Permenaker No. 5 Tahun 2018). Kualitas bunyi ditentukan oleh dua parameter utama, yaitu frekuensi dan intensitas suara. Frekuensi dinyatakan dalam satuan *Hertz* (Hz), sedangkan intensitas dinyatakan dalam desibel (dB). Karena skala desibel bersifat logaritmis, kenaikan intensitas yang kecil secara angka tetap memberikan dampak tekanan suara yang signifikan terhadap indra pendengaran. Paparan bising yang melampaui Nilai Ambang Batas (NAB) 85 dB untuk 8 jam kerja dapat memicu penurunan daya dengar permanen dan mengganggu konsentrasi operator jahit (A. Taufik et al., 2026).

Kebisingan adalah suara yang tidak diinginkan dan mengganggu, sering berasal dari alat produksi di tempat kerja, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti penurunan pendengaran. Suara terjadi akibat getaran sumber suara yang memengaruhi molekul udara, menciptakan gelombang energi mekanis. Paparan kebisingan bisa menyebabkan gangguan pendengaran yang bervariasi dari ringan hingga berat, tergantung pada kerusakan sel ditelinga.

Awalnya, efek ini bisa sementara, namun paparan terus-menerus dapat menyebabkan tuli permanen. Kebisingan juga dapat menyebabkan masalah kesehatan lainnya seperti gangguan jantung, perubahan pola pernapasan, tidak nyaman, gangguan tidur, serta mempengaruhi kesehatan fisik dan mental (Al Fatwah, 2026). Pemerintah telah menetapkan batas maksimal kebisingan di tempat kerja sebesar 85 desibel (dB) untuk melindungi telinga pekerja dari kerusakan akibat kebisingan. Jika pekerja terpapar kebisingan di atas batas ini selama 8 jam sehari, maka kesehatan telinganya bisa terancam.

3. Penerangan

Pencahayaan yang optimal adalah pencahayaan yang memungkinkan tenaga kerja dapat melihat objek yang dikerjakan secara jelas, cepat, dan tanpa upaya visual yang berlebihan (Susanti et al., 2015). Intensitas penerangan yang sesuai dengan jenis pekerjaan, terutama pada aktivitas yang membutuhkan ketelitian tinggi seperti menjahit, terbukti dapat meningkatkan hasil kerja secara signifikan. Sebaliknya, menurut Susanti et al (2015), pencahayaan yang redup dapat menyebabkan gangguan visibilitas dan kelelahan mata (*eyestrain*), sementara cahaya yang berlebihan dapat menimbulkan silau (*glare*) serta bayangan yang mengganggu. Selain mendukung kualitas produk, desain penerangan yang memadai juga berfungsi untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja dengan memastikan setiap area berbahaya dapat teramati dengan jelas.

Pencahayaan mempengaruhi peningkatan produktivitas tenaga kerja dan mempengaruhi kesehatan tenaga kerja. Pencahayaan yang kurang dapat mengurangi kemampuan penglihatan dan menyebabkan kecelakaan kerja, sedangkan pencahayaan berlebihan dapat menyebabkan kesilauan.

Pencahayaan yang baik adalah pencahayaan yang memungkinkan tenaga kerja dapat melihat obyek yang dikerjakan secara jelas, cepat dan tanpa upaya-upaya yang tidak perlu serta membantu menciptakan lingkungan kerja yang nyaman dan menyenangkan (Lawi et al., 2023).

2.1.5 Nilai Ambang Batas Berdasarkan Permenaker No. 05 Tahun 2018

Sesuai dengan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan No. 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, terdapat batasan faktor fisika yang diperbolehkan agar tenaga kerja dapat bekerja dengan aman tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan. Berikut adalah standar nilai ambang batas berdasarkan Permenaker No. 05 Tahun 2018.

1. Standar Pencahayaan

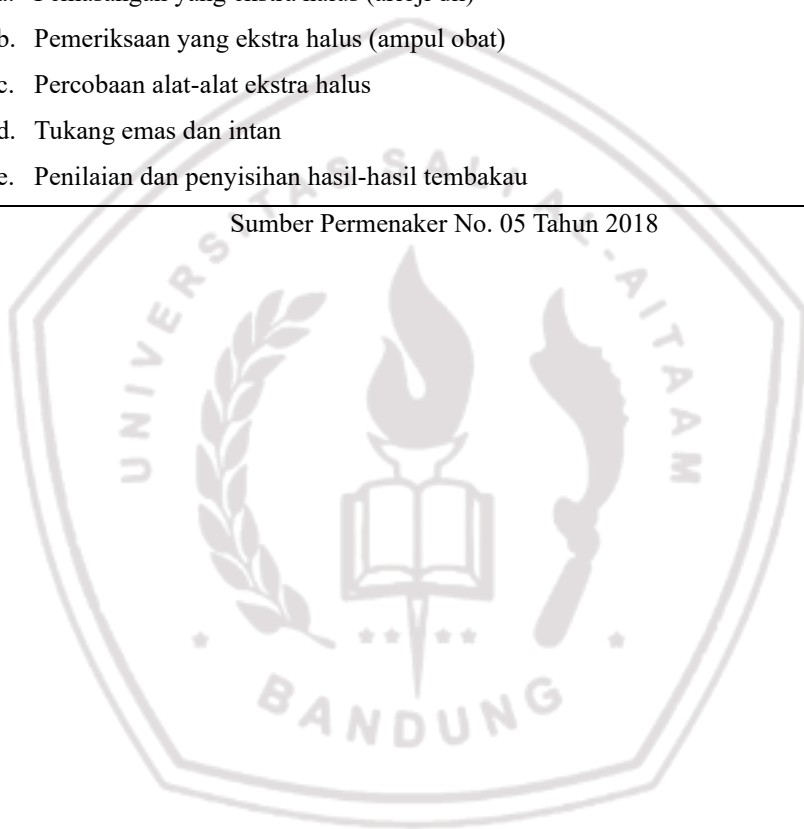
Tabel 2. 1 Standar Pencahayaan

No	KETERANGAN	INTENSITAS (Lux)
1	Penerangan Darurat	5
2	Halaman dan Jalan	20
3	Pekerjaan membedakan barang kasar seperti: a. Mengerjakan bahan-bahan yang kasar b. Mengerjakan arang atau abu c. Menyisihkan barang-barang yang besar d. Mengerjakan bahan tanah atau batu e. Gang-gang, tangga didalam gedung yang selalu dipakai f. Gudang-gudang untuk menyimpan barang-barang besar dan kasar	50
4	Pekerjaan yang membedakan barang-barang kecil secara sepiintas lalu seperti: a. Mengerjakan barang-barang besi dan baja yang setengah selesai (<i>semi-finished</i>) b. Pemasangan yang kasar	100

No	KETERANGAN	INTENSITAS (Lux)
	c. Penggilingan padi d. Pengupasan/pengambilan dan penyisihan bahan kapas e. Pengerjakan bahan-bahan pertanian lain yang kira-kira setingkat dengan d f. Kamar mesin dan uap g. Alat pengangkut orang dan barang h. Ruang-ruang penerimaan dan pengiriman dengan kapal i. Tempat penyimpanan barang-barang sedang dan kecil j. Toilet dan tempat mandi	
5	Pekerjaan membeda-bedakan barang-barang kecil yang agak teliti seperti: a. Pemasangan alat-alat yang sedang (tidak besar) b. Pekerjaan mesin dan bubut yang kasar c. Pemeriksaan atau percobaan kasar terhadap barang-barang d. Menjahit textile atau kulit yang berwarna muda e. Memasukkan dan pengawetan bahan-bahan makanan dalam kaleng f. Pembungkusan daging g. Mengerjakan kayu h. Melapis perabot	200
6	Pekerjaan pembedaan yang teliti daripada barang-barang kecil dan halus seperti: a. Pekerjaan mesin yang teliti b. Pemeriksaan yang teliti c. Percobaan-percobaan yang teliti dan halus d. Pembuatan tepung e. Penyelesaian kulit dan penurunan bahan-bahan katun dan wol berwarna muda f. Pekerjaan kantor yang berganti-ganti menulis dan membaca, pekerjaan arsip dan seleksi surat-menyurat	300
7	Pekerjaan membeda-bedakan barang-barang halus dengan kontras yang sedang dan dalam waktu yang lama seperti: a. Pemasangan yang halus b. Pekerjaan-pekerjaan mesin yang halus c. Pemeriksaan yang halus d. Penyemiran yang halus dan pomotongan gelas kaca	500-1.000

No	KETERANGAN	INTENSITAS (Lux)
	e. Pekerjaan kayu yang halus (ukir-ukiran) f. Menjahit bahan-bahan wol yang berwarna tua g. Akuntan, pemegang buku, pekerjaan steno, mengetik atau pekerjaan kantor yang lama	
8	Pekerjaan membedakan barang-barang yang sangat halus dengan kontras yang sangat kurang untuk waktu yang lama seperti: a. Pemasangan yang ekstra halus (arloji dll) b. Pemeriksaan yang ekstra halus (ampul obat) c. Percobaan alat-alat ekstra halus d. Tukang emas dan intan e. Penilaian dan penyisihan hasil-hasil tembakau	1.000

Sumber Permenaker No. 05 Tahun 2018



2. Nilai Ambang Batas Kebisingan

Tabel 2. 2 Nilai Ambang Batas Kebisingan

Waktu paparan per hari		Intensitas Kebisingan dalam dBA
8	Jam	85
4		88
2		91
1		94
30	Menit	97
15		100
7,5		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12	Detik	115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

Sumber Permenaker No. 05 Tahun 2018

3. Nilai Ambang Batas Iklim Kerja Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) yang Diperkenankan

Tabel 2. 3 Nilai Ambang Batas Iklim Kerja

Pengaturan Waktu Kerja Setiap Jam	ISBB (C)			
	Beban Kerja			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75 % - 100 %	31,0	28,0	-	-
50 % - 75 %	31,0	29,0	27,5	-
25 % - 50 %	32,0	30,0	29,0	28,0
0 % - 25 %	32,5	31,5	30,5	30,0

Sumber Permenaker No. 05 Tahun 2018

Dalam penelitian ini, konsep ISBB digunakan sebagai dasar pemahaman mengenai penilaian iklim kerja. Namun, pengukuran lapangan yang dilakukan hanya mencakup suhu udara menggunakan digital hygrometer. Oleh karena itu, penelitian ini tidak menghitung nilai ISBB dan tidak menggunakan hasil pengukuran suhu udara sebagai pengganti nilai ISBB. Data suhu udara digunakan untuk menggambarkan kondisi termal lingkungan kerja secara deskriptif dan sebagai salah satu pertimbangan dalam penyusunan usulan perbaikan ergonomi.

2.1.6 Musculoskeletal Disorder (MSDs)

World Health Organization (WHO) menyampaikan bahwa *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) merupakan penyakit yang dapat terjadi secara tiba-tiba bertahap pada persendian, tulang belakang, otot, sistem pembuluh darah dan saraf tepi (Wiguna & Adiatmika, 2019). Gangguan muskuloskeletal merupakan cedera atau kelainan yang mempengaruhi jaringan lunak, antara lain otot, tendon, persendian, ligamen, tulang rawan, dan sistem saraf. Gangguan muskuloskeletal merupakan penyakit akibat cedera muskuloskeletal

atau cedera ringan akibat trauma berulang yang menumpuk dan tidak pernah pulih sepenuhnya, sehingga menimbulkan gangguan yang serius (Prawira et al., 2017).

Musculoskeletal Disorders atau yang dikenal dengan istilah MSDs merupakan serangkaian gangguan pada bagian otot skeletal yang disebabkan oleh adanya kerusakan pada otot, tendon, ligamen, sendi, hingga sistem saraf. Aktivitas pekerjaan dengan tingkat pengulangan (*repetitive*) yang tinggi serta durasi yang lama dapat memicu akumulasi kelelahan pada otot dan kerusakan jaringan fungsional. Kondisi ini sering kali menimbulkan rasa sakit serta ketidaknyamanan pada pekerja, meskipun gaya atau beban yang dikeluarkan relatif ringan dan postur kerja dianggap memuaskan (Wignjosoebroto, 2011).

Sistem muskuloskeletal adalah sistem yang terdiri dari otot, jaringan ikat, saraf, serta tulang dan persendian. Sistem ini memainkan peran penting dalam pergerakan tubuh. Oleh karena itu, ketika sistem muskuloskeletal terganggu, kemampuan untuk bergerak dan melakukan aktivitas juga dapat terganggu.

Dengan sistem muskuloskeletal, tubuh dapat bergerak dan melakukan berbagai aktivitas, seperti berjalan, berlari, berenang, hingga sesederhana mengambil suatu benda. Sistem muskuloskeletal juga berperan dalam membentuk postur dan bentuk tubuh serta melindungi berbagai organ penting, seperti otak, jantung, paru-paru, ginjal, dan hati.

Keluhan musculoskeletal adalah keluhan pada bagian-bagian otot yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon. Keluhan dan kerusakan inilah yang dinamakan dengan keluhan musculoskeletal

disorder (MDSs) atau keluhan pada sistem muskulosletal. Secara garis besar keluhan otot dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. *Reversible* (Keluhan sementara)

Ketidaknyamanan yang dibebani secara statis, tetapi ketidaknyamanan ini hilang segera setelah beban dihentikan.

2. *Persistent* (Keluhan menetap)

Otot yang terjadi ketidaknyamanan. Nyeri otot berlanjut bahkan ketika beban kerja berhenti.

Tanda-tanda yang sering muncul pada gangguan muskuloskeletal meliputi sensasi nyeri, kelelahan otot, rasa tidak nyaman, kekakuan, serta tegang pada otot, yang dapat berujung pada gangguan fungsi karena kerusakan pada saraf dan sistem sirkulasi. Area yang biasanya terpengaruh termasuk pergelangan tangan, bahu, bagian bawah kaki, lutut, lengan, leher, dan punggung bawah (Salcha & Arni Juliani, 2021).

Menurut Pratama (2017), gejala *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) yang sering dialami seseorang sebagai berikut.

1. Punggung, bahu, dan leher, terasa nyeri dan kaku.
2. Kaki dan tangan nyeri seperti tertusuk-tusuk.
3. Pergelangan kaki dan siku terasa pegal, bengkak, nyeri dan kaku.
4. Tangan hingga pergelangan tangan terasa nyeri disertai bengkak, mati rasa, dan lemas.
5. Jari-jari tangan kehilangan mobilitas, menjadi kehilangan kekuatan dan kepekaan serta terasa kaku.
6. Tumit hingga kaki terasa dingin, kesemutan, kaku atau panas.

Metode yang digunakan dalam pengukuran terkait *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) yaitu menggunakan penilaian *Nordic Body Map* (NBM). *Nordic Body Map* (NBM) adalah metode pembuatan penilaian ergonomis dalam bentuk kuesioner dengan menggunakan tabel berupa peta tubuh (*body map*). Kuisisioner ini

dapat membantu untuk mengidentifikasi bagian otot yang mengalami keluhan. Metode NBM merupakan cara mudah dipahami, sederhana, tidak banyak biaya, dan hanya membutuhkan waktu yang singkat per orang. Dalam kuesioner ini menggunakan gambar tubuh manusia. Ada 9 bagian utama tubuh manusia, yaitu mulai dari leher, bahu, punggung atas, siku, punggung bawah, pergelangan tangan dan tangan, pinggang dan bokong, serta lutut sampai kaki. Responden mengisi kuesioner *Nordic Body Map* (NBM) untuk menunjukkan apakah ada keluhan atau kelaian pada 28 titik area tubuh yang tergambar pada *Nordic Body Map* (Maulidatul Masudha et al., 2024).

NBM (NORDIC BODY MAP)					Nama :					
					Usia :					
					Masa Kerja :					
Sistem Muskuloskeletal	Skoring				NBM	Sistem Muskuloskeletal	Skoring			
	0	1	2	3			0	1	2	3
0 Leher atas						1 Tengukuk				
2 Bahu kiri						3 Bahu kanan				
4 Lengan atas kiri						5 Punggung				
6 Lengan atas kanan						7 Pinggang				
8 Pinggul						9 Pantat				
10 Siku kiri						11 Siku kanan				
12 Lengan bawah kiri						13 Lengan bawah kanan				
14 Pergelangan tangan kiri						15 Pergelangan tangan kanan				
16 Tangan kiri						17 Tangan kanan				
18 Paha kiri						19 Paha kanan				
20 Lutut kiri						21 Lutut kanan				
22 Betis kiri						23 Betis kanan				
24 Pergelangan kaki kiri						25 Pergelangan kaki kanan				
26 Telapak kaki kiri						27 Telapak kaki kanan				
TOTAL SKOR KIRI						TOTAL SKOR KANAN				
TOTAL SKORING (SKOR KANAN + SKOR KIRI)										
Keterangan Skoring					Keterangan Tingkat Resiko Berdasarkan Skor Akhir					
Skor 0 = Tidak sakit					0 - 20 = Rendah (belum dilakukan perbaikan)					
Skor 1 = Agak sakit					21 - 41 = Sedang (mungkin diperlukan perbaikan)					
Skor 2 = Sakit					42 - 62 = Tinggi (diperlukan tindakan segera)					
Skor 3 = Sangat sakit					63 - 84 = Sangat Tinggi (diperlukan tindakan sesegera mungkin)					

Gambar 2. 1 Kuesioner *Nordic Body Map* (NBM)

Sumber Muhammad Razardi Bhawika

Dalam kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), terdapat empat skala Likert yang telah ditetapkan. Skala Likert merupakan metode psikometri yang umumnya digunakan dalam kuesioner dan seringkali muncul dalam penelitian seperti survei (Dewi, 2020).

Skala ini merinci tingkat ketidaknyamanan pada gambar *Nordic Body Map* (NBM), dengan kategori tidak sakit memiliki skor 0, agak sakit dengan skor 1, sakit dengan skor 2, dan sangat sakit dengan skor 3. Setelah itu, skor total untuk setiap responden dihitung untuk menentukan tingkat risiko gangguan *muskuloskeletal disorders* (MSDs). Evaluasi risiko dan langkah-langkah perbaikan dapat ditentukan berdasarkan skor total individu.

Tabel 2. 4 Klasifikasi dan Interpretasi *Nordic Body Map* (NBM)

Skala Likert	Total Skor Individu	Tingkat Risiko	Tindakan Perbaikan
1	0 – 20	Rendah	Belum ditemukan adanya tindakan perbaikan
2	21 – 41	Sedang	Mungkin diperlukan tindakan dikemudian hari
3	42 – 62	Tinggi	Diperlukan tindakan segera
4	63 – 84	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan menyeluruh sesegera mungkin

Sumber Taufik et al (2026)

2.1.7 *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

University of Nottingham (Institute of Occupational Ergonomics, University of Nottingham) pertama kali metode RULA yang dikembangkan oleh Dr. Lynn Makatamney dan Dr. Nigel Coalette. Dalam bidang ergonomi dikembangkan untuk mengkaji dan mengevaluasi postur kerja tubuh bagian atas merupakan penjelasan evaluasi ekstremitas. Dalam proses penilaian membutuhkan waktu untuk membuat penilaian umum dengan daftar kegiatan yang menunjukkan perlunya pengurangan risiko melalui pengangkatan fisik oleh operator.

Dalam penilaian yang dapat menyebabkan cedera regangan berulang yang menilai postur, kekuatan dan aktivitas otot, dalam menilai hasil suatu pendekatan berupa penilaian risiko 1-7. Nilai 7

Free Assessment Worksheet Task Name: _____ Date: _____

Combinatorial Action Level PUA

Menurut Susanti et al (2015), RULA sangat efektif digunakan untuk menganalisis pekerjaan dengan aktivitas berulang (*repetitive task*), baik dalam posisi kerja duduk maupun berdiri, guna menentukan level tindakan perbaikan yang diperlukan pada stasiun kerja.

Prosedur penilaian RULA terdiri dari dua tahap: pertama, observasi untuk menentukan postur kerja yang dinilai, dan kedua, *skoring* untuk menilai kekuatan otot, anggota tubuh bagian atas, beban, dan gaya, dengan menggunakan lembar kerja RULA.

Penilaian skor RULA melibatkan evaluasi berbagai postur tubuh. Untuk penilaian lengan atas, skor ditentukan berdasarkan posisi bahu dan aduksi lengan, dengan tambahan skor jika bahu diangkat, lengan atas berada dalam aduksi, atau jika orang bersandar. Penilaian punggung mengukur sudut punggung dan memberikan skor berdasarkan posisi sudut tersebut, dengan tambahan skor jika punggung diputar. *Action* level dalam RULA dibagi menjadi beberapa kategori: skor 1-2 dianggap minimal dan terkendali, skor 3-4 kecil dan memerlukan waktu untuk penanganan, skor 5-6 sedang dan memerlukan tindakan segera, dan skor 7 tinggi memerlukan perbaikan segera.

2.1.8 Pengukuran Beban Kerja Mental dengan NASA-TLX

Pengukuran beban kerja mental diperlukan untuk mengetahui tingkat tuntutan mental yang dialami operator selama melaksanakan aktivitas kerja, yang dalam penelitian ini dilakukan menggunakan metode NASA-TLX.

1. Beban Kerja Mental

Beban kerja mental merupakan selisih atau kesenjangan antara tuntutan tugas kognitif yang diberikan dengan kapasitas mental yang dimiliki oleh seorang pekerja dalam menyelesaikan tugas tersebut. Menurut Susanti et al (2015), beban kerja mental tidak hanya ditentukan oleh intensitas aktivitas fisik, melainkan sangat dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi, kompleksitas tugas, serta batasan waktu (*temporal demand*) yang tersedia. Kapasitas mental setiap

individu bersifat terbatas, sehingga apabila tuntutan tugas melampaui kemampuan kognitif pekerja, maka akan terjadi penurunan performa dan peningkatan risiko kesalahan kerja.

2. Metode NASA *Task Load Index* (NASA-TLX)

Metode NASA *Task Load Index* (NASA-TLX) merupakan prosedur penilaian subjektif multidimensional yang dikembangkan oleh Sandra Hart dari NASA Ames *Research Center* untuk mengukur beban kerja mental pekerja secara komprehensif. Penggunaan metode ini bertujuan untuk mengevaluasi beban kerja dari hasil persepsi langsung dari pekerja terhadap tugas yang mereka jalankan (Hart & Staveland dalam Susanti (2015). Menurut Wignjosoebroto (2011), metode subjektif seperti NASA *Task Load Index* (NASA-TLX) sangat efektif dalam mengidentifikasi sumber tekanan kerja yang tidak terlihat melalui pengamatan fisik semata.

3. Indikator Pengukuran NASA *Task Load Index* (NASA-TLX)

Dalam metode NASA *Task Load Index* (NASA-TLX), terdapat enam indikator utama yang digunakan untuk mengukur beban kerja mental, yaitu:

- a. *Mental Demand* (MD): Seberapa besar aktivitas mental dan persepsi yang dibutuhkan (misal: berpikir, memutuskan, menghitung, mengingat, atau melihat detail pola).
- b. *Physical Demand* (PD): Seberapa besar aktivitas fisik yang dibutuhkan (misal: mengendalikan pedal mesin jahit, menarik, atau menggeser kain).
- c. *Temporal Demand* (TD): Seberapa besar tekanan waktu yang dirasakan selama menyelesaikan siklus pekerjaan.

- d. *Performance* (P): Seberapa besar tingkat keberhasilan dan kepuasan pekerja dalam mencapai target yang telah ditentukan.
 - e. *Effort* (EF): Seberapa besar kerja keras secara fisik maupun mental yang dikeluarkan untuk mencapai tingkat performa saat ini.
 - f. *Frustration Level* (FR): Seberapa besar rasa tidak aman, tertekan, atau putus asa yang dirasakan selama menjalankan pekerjaan.
4. Tahapan Perhitungan dan Interpretasi Skor

Pengukuran menggunakan *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) dilakukan melalui dua tahap, yaitu pembobotan (*Weighting*) melalui perbandingan berpasangan tiap indikator, dan pemberian peringkat (*Rating*) dengan skala 0-100. Hasil akhir dari perhitungan ini disebut sebagai *Weighted Workload* (WWL). Untuk menentukan tingkat beban kerja mental, skor WWL dikategorikan ke dalam beberapa tingkatan mengacu pada standar yang berlaku.

Tabel 2. 5 Skor *Weighted Workload*

Skor WWL	Kategori Beban Kerja
0 – 20	Rendah
21 - 40	Sedang
41 – 60	Agak Tinggi
61 – 80	Tinggi
81 – 100	Sangat Tinggi

Sumber Hart & Staveland (1988) dalam Susanti (2015)

Metode *NASA Task Load Index* (NASA-TLX) ini memuat enam indikator yang mampu mengukur tingkat beban kerja yang dialami pegawai antara lain kebutuhan mental, kebutuhan fisik, kebutuhan waktu, performansi, usaha dan tingkat frustrasi (Alfianto & Azizah, 2024). Setiap pekerja diminta untuk memberikan

pendapat atas pekerjaan yang dilakukan. Dengan tujuan untuk mengetahui beban kerja yang dialami.

2.1.9 Pemetaan Aliran Nilai (*Value Stream Mapping* - VSM)

Value Stream Mapping (VSM) merupakan salah satu alat utama dalam konsep *lean manufacturing* yang digunakan untuk memetakan secara visual aliran material dan aliran informasi dari seluruh rangkaian proses produksi (A. Taufik et al., 2026). Melalui VSM, sistem kerja dipisahkan menjadi aktivitas yang memberikan nilai tambah (*value-added*) dan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added/waste*).

Value Stream Mapping (VSM) digunakan untuk menggambarkan aliran material dan informasi serta mengidentifikasi aktivitas yang memberikan nilai tambah dan tidak memberikan nilai tambah dalam suatu proses. VSM membantu menunjukkan kondisi proses secara menyeluruh sehingga pemborosan seperti waiting dapat diidentifikasi berdasarkan aliran waktu proses.

Dalam penelitian ini, VSM digunakan untuk menggambarkan kondisi *current state* pada proses produksi, mengidentifikasi *Value Added Time*, *Non Value Added Time*, dan *Manufacturing Lead Time*, serta menentukan besarnya *waste of waiting*. Hasil *current state* VSM selanjutnya menjadi dasar untuk mengidentifikasi permasalahan yang perlu diperbaiki dan menyusun *future state* VSM berdasarkan usulan perbaikan.

Dengan demikian, VSM berperan sebagai metode utama untuk mengevaluasi efisiensi aliran proses, sedangkan metode ergonomi digunakan untuk memberikan informasi mengenai kondisi operator dan lingkungan kerja yang berpotensi berkaitan dengan pemborosan yang ditemukan.

Menurut Susanti et al (2015), integrasi antara ergonomi dan VSM sangat krusial dalam rekayasa sistem kerja, karena tingginya waktu tunggu (*lead time*) atau kemacetan aliran (*bottleneck*) dalam suatu proses produksi sering kali berakar dari kelelahan fisik (*fatigue*) dan keterbatasan kapasitas kerja manusia akibat stasiun kerja yang tidak ergonomis. Keberhasilan eliminasi pemborosan waktu dihitung secara matematis menggunakan rumus efisiensi siklus proses atau *Process Cycle Efficiency* (PCE).

Process Cycle Efficiency (PCE) merupakan indikator yang digunakan untuk mengetahui proporsi waktu yang memberikan nilai tambah dibandingkan dengan keseluruhan waktu yang dibutuhkan dalam suatu proses. PCE dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat efisiensi suatu aliran proses dengan membandingkan *Value Added Time* (VAT) terhadap *Manufacturing Lead Time* (MLT).

PCE dihitung menggunakan persamaan:

$$PCE = (Value\ Added\ Time / Manufacturing\ Lead\ Time) \times 100\%$$

Semakin besar nilai PCE, semakin besar proporsi waktu proses yang memberikan nilai tambah terhadap keseluruhan waktu proses. Sebaliknya, nilai PCE yang rendah menunjukkan bahwa terdapat proporsi waktu tidak bernilai tambah yang relatif besar. Dalam penelitian ini, PCE digunakan sebagai indikator efisiensi proses untuk mengevaluasi kondisi *current state* dan membandingkannya dengan kondisi *future state* setelah usulan perbaikan.

PCE dalam penelitian ini tidak digunakan sebagai indikator produktivitas secara langsung. Hal tersebut karena produktivitas memerlukan pengukuran hubungan antara *output* dan *input*, sedangkan penelitian ini berfokus pada efisiensi waktu dalam aliran proses.

Value Stream Mapping (VSM) adalah sebuah alat visualisasi yang digunakan untuk menganalisis dan memetakan aliran nilai dari

awal hingga akhir dalam suatu proses bisnis. Dengan menggunakan diagram alur yang jelas, VSM membantu organisasi dalam memahami secara menyeluruh bagaimana nilai ditambahkan dan bagaimana aliran materi dan informasi mengalir melalui proses tersebut.

Sejarah dan perkembangan VSM bermula dari prinsip-prinsip *lean manufacturing* yang dikembangkan oleh Toyota pada tahun 1940-an. VSM menjadi populer di kalangan industri karena kesuksesannya dalam meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan dalam produksi. Seiring waktu, konsep VSM berkembang dari sektor manufaktur ke berbagai industri lainnya, termasuk layanan dan administrasi.

Tujuan utama dari VSM adalah untuk mengidentifikasi pemborosan dalam proses bisnis dan menghilangkannya, sehingga meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas. Manfaat VSM termasuk pemahaman yang lebih baik tentang aliran nilai, peningkatan kolaborasi antar tim, pengurangan waktu siklus, penghematan biaya, dan peningkatan kepuasan pelanggan. Dengan memahami dan menerapkan VSM dengan baik, organisasi dapat mencapai keunggulan kompetitif dan menjadi lebih responsif terhadap perubahan pasar.

VSM memiliki berbagai manfaat yang signifikan bagi perusahaan dalam meningkatkan kinerja dan mencapai keunggulan kompetitif, yakni sebagai berikut:

1. Meningkatkan efisiensi dan produktivitas

VSM membantu perusahaan mengidentifikasi langkah-langkah yang tidak efisien dalam proses bisnis mereka. Dengan pemetaan alur nilai, perusahaan dapat menemukan cara untuk mengoptimalkan proses dan meningkatkan penggunaan sumber daya yang ada, sehingga meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

2. Mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan

VSM membantu perusahaan mengidentifikasi segala jenis pemborosan dalam proses bisnis, seperti waktu menunggu, persediaan berlebihan, dan proses yang tidak perlu. Dengan menghilangkan pemborosan ini, perusahaan dapat menghemat waktu, biaya, dan sumber daya, serta meningkatkan throughput dan kualitas.

3. Meningkatkan kualitas produk dan layanan

Dengan memahami alur nilai secara menyeluruh, perusahaan dapat mengidentifikasi potensi masalah atau cacat dalam produk atau layanan mereka. Melalui VSM, perusahaan dapat menemukan cara untuk meningkatkan kontrol kualitas dan memastikan bahwa produk atau layanan yang dihasilkan memenuhi atau bahkan melebihi harapan pelanggan.

4. Memperpendek waktu siklus

Dengan memetakan alur nilai dan mengidentifikasi pemborosan, perusahaan dapat memperpendek waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proses. Dengan mempercepat waktu siklus, perusahaan dapat menjadi lebih responsif terhadap permintaan pasar dan menghasilkan produk atau layanan dengan lebih cepat, sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan.

5. Meningkatkan komunikasi dan kolaborasi

VSM membantu memperjelas bagaimana setiap departemen atau tim saling terkait dalam menciptakan nilai bagi pelanggan. Dengan memvisualisasikan alur nilai secara jelas, VSM membantu meningkatkan pemahaman dan komunikasi antar tim, serta mendorong kolaborasi yang lebih baik dalam mencari solusi dan memperbaiki proses bisnis.

6. Meningkatkan kepuasan pelanggan

Dengan meningkatkan efisiensi, menghilangkan pemborosan, dan memperpendek waktu siklus, perusahaan dapat memberikan produk atau layanan dengan lebih cepat, lebih efisien, dan lebih sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Dengan demikian, VSM membantu meningkatkan kepuasan pelanggan, memperkuat hubungan bisnis, dan meningkatkan loyalitas pelanggan jangka panjang.

Berikut adalah simbol-simbol yang umum digunakan dalam VSM:

1. Simbol untuk mewakili langkah-langkah dalam alur nilai

Kotak persegi panjang mewakili aktivitas atau langkah-langkah dalam proses. Setiap kotak akan memiliki deskripsi singkat dari aktivitas yang dilakukan dalam langkah tersebut. Misalnya, pengolahan barang atau informasi tertentu.

2. Simbol untuk mewakili pemborosan

Lingkaran dengan huruf yang mewakili jenis pemborosan tertentu, seperti W untuk waktu menunggu, T untuk transportasi, I untuk inventarisasi berlebihan, dan lain sebagainya. Simbol-simbol ini digunakan untuk menandai tempat di mana pemborosan terjadi dalam alur nilai.

3. Simbol untuk mewakili informasi dan data

Panah dengan label yang mewakili aliran informasi atau material antara langkah-langkah dalam proses. Ini menunjukkan bagaimana informasi atau bahan mentah mengalir dari satu langkah ke langkah berikutnya. Selain itu, kadang-kadang simbol tambahan seperti tanda tanya (?) digunakan untuk menandai di mana informasi atau data tambahan diperlukan untuk memperjelas proses atau pengambilan keputusan.

2.1.10 *Fishbone Diagram*

Fishbone diagram menggambarkan hubungan antara suatu hasil atau masalah tertentu dengan faktor-faktor yang mungkin menjadi penyebabnya. Diagram ini mengambil bentuk seperti tulang ikan, dengan “tulang” sebagai garis utama yang mewakili hasil atau masalah, dan “tulang cabang” yang mewakili faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya.

Istilah “tulang ikan” merujuk pada struktur diagram yang menyerupai bentuk tulang ikan, di mana garis utama yang menyerupai tulang ikan merupakan masalah atau hasil yang ingin dianalisis, sedangkan “tulang cabang” merupakan faktor-faktor yang mungkin menjadi penyebab masalah tersebut.

Diagram ini membantu dalam memvisualisasikan berbagai faktor yang terlibat dalam suatu masalah atau hasil, sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi penyebab-penyebab potensial dan merancang strategi perbaikan yang tepat.

Fishbone diagram pertama kali dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa, seorang ahli manajemen kualitas dari Jepang, pada tahun 1960-an. Sejak itu, diagram ini telah menjadi salah satu alat yang populer dalam manajemen kualitas dan analisis penyebab akar, digunakan di berbagai industri dan bidang untuk menganalisis masalah dan meningkatkan kinerja.

Dalam implementasinya, *Fishbone Diagram* memiliki sejumlah prinsip-prinsip utama atau juga dikenal sebagai diagram Ishikawa, berikut penjelasannya.

1. Identifikasi Masalah Utama

Fishbone diagram dimulai dengan identifikasi masalah atau hasil utama yang ingin dianalisis yang ditempatkan di ujung kepala “tulang ikan”.

2. Pengelompokan Penyebab Potensial

Setelah masalah utama diidentifikasi, penyebab-penyebab potensial yang mungkin mempengaruhi masalah tersebut dikelompokkan ke dalam kategori-kategori tertentu. Kategori umum yang sering digunakan termasuk Manusia, Metode, Bahan, Peralatan, Lingkungan, dan Pengukuran (dikenal sebagai kategori 6M).

3. Penentuan Faktor Penyebab

Setiap kategori dianalisis lebih lanjut untuk menentukan faktor-faktor spesifik yang mungkin menjadi penyebab masalah yang melibatkan diskusi tim dan pengumpulan data untuk mengidentifikasi kemungkinan penyebab.

4. Penggunaan Pertanyaan “Why?”

Proses analisis fishbone diagram sering kali melibatkan penggunaan pertanyaan “Why?” berulang kali untuk membantu menggali lebih dalam penyebab-penyebab yang mungkin tersembunyi di balik faktor-faktor yang lebih jelas.

5. Representasi Grafis

Setelah faktor-faktor penyebab diidentifikasi, mereka direpresentasikan dalam bentuk cabang-cabang atau “tulang” yang terhubung ke garis utama, menciptakan gambaran visual yang memudahkan pemahaman tentang hubungan antara faktor-faktor tersebut.

6. Kolaborasi Tim

Fishbone diagram merupakan alat kolaboratif yang memungkinkan anggota tim dari berbagai departemen atau tingkatan organisasi untuk berpartisipasi dalam proses analisis dengan memfasilitasi pemahaman yang lebih komprehensif tentang masalah dan penyebabnya.

7. Prioritaskan Penyebab

Setelah semua faktor penyebab teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah untuk memprioritaskan mereka berdasarkan dampak dan kepentingan relatif. Hal ini membantu dalam merumuskan strategi perbaikan yang lebih efektif.

8. Pengembangan Solusi

Fishbone diagram tidak hanya bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab masalah, tetapi juga untuk membantu dalam merancang solusi yang tepat sasaran dengan memahami akar permasalahan.

Fishbone diagram menawarkan berbagai manfaat dalam analisis masalah dan peningkatan kualitas. Berikut beberapa manfaat-manfaat tersebut.

1. Meningkatkan Pemahaman tentang Suatu Masalah

Fishbone diagram membantu dalam memvisualisasikan semua faktor yang mungkin mempengaruhi suatu masalah. Dengan memetakan hubungan antara masalah utama dan penyebab-penyebab potensial, diagram ini memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kompleksitas dan sifat masalah tersebut. Hal ini memungkinkan tim untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam dan menyeluruh tentang masalah yang sedang dihadapi.

2. Mengidentifikasi Berbagai Faktor Penyebab Masalah

Fishbone diagram memungkinkan identifikasi berbagai penyebab potensial dari suatu masalah dalam kategori yang terstruktur. Dengan membagi penyebab ke dalam kelompok-kelompok seperti Manusia, Metode, Bahan, Peralatan, Lingkungan, dan Pengukuran, diagram ini membantu tim untuk mempertimbangkan semua kemungkinan faktor yang mungkin berkontribusi terhadap masalah tersebut.

3. Menganalisis Akar Masalah secara Sistematis

Dengan menggunakan pendekatan yang terstruktur dan sistematis, fishbone diagram memfasilitasi analisis mendalam tentang akar masalah. Proses ini sering kali melibatkan penggunaan teknik seperti pertanyaan “*Why?*” berulang kali untuk menggali lebih dalam dan menemukan penyebab mendasar yang mungkin tidak langsung terlihat. Analisis yang sistematis ini membantu dalam mengidentifikasi akar masalah yang sebenarnya, bukan hanya gejala atau manifestasi permukaan dari masalah tersebut.

4. Meningkatkan Komunikasi dan Kolaborasi Tim

Fishbone diagram merupakan alat yang kolaboratif, yang mengundang partisipasi dari anggota tim yang beragam. Proses pembuatan diagram ini memerlukan diskusi, brainstorming, dan berbagi perspektif antara anggota tim. Hal ini tidak hanya meningkatkan komunikasi antar anggota tim, tetapi juga memfasilitasi kolaborasi yang lebih baik, karena setiap orang dapat berkontribusi dengan wawasan dan pengalaman mereka sendiri.

5. Mendorong Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik

Dengan menyediakan pandangan yang jelas dan terstruktur tentang penyebab masalah, fishbone diagram membantu dalam proses pengambilan keputusan. Informasi yang diperoleh dari diagram ini memungkinkan tim untuk mengidentifikasi area yang paling memerlukan perhatian dan intervensi.

Fishbone diagram memiliki berbagai tujuan yang menjadikannya alat yang efektif dalam manajemen kualitas dan pemecahan masalah. Berikut beberapa tujuan dari *Fishbone Diagram*:

1. Mengidentifikasi Penyebab Utama Suatu Masalah

Fishbone diagram bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengorganisir penyebab potensial dari suatu masalah secara sistematis. Dengan memetakan hubungan antara masalah utama dan faktor-faktor penyebabnya, diagram ini membantu tim untuk mengidentifikasi penyebab utama yang berkontribusi terhadap masalah tersebut. Proses ini memastikan bahwa analisis tidak hanya berfokus pada gejala, tetapi juga pada akar penyebab yang mendasarinya.

2. Menentukan Solusi yang Tepat untuk Mengatasi Masalah

Setelah penyebab utama diidentifikasi, *fishbone diagram* membantu dalam menentukan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor yang menyebabkan masalah, tim dapat merancang tindakan korektif yang lebih spesifik dan efektif. Hal ini memungkinkan organisasi untuk menyelesaikan masalah dengan pendekatan yang tepat sasaran dan mengurangi kemungkinan terjadinya masalah yang sama di masa depan.

3. Mencegah Masalah Serupa Terulang Kembali

Fishbone diagram juga bertujuan untuk mencegah masalah serupa terulang kembali. Dengan mengidentifikasi dan mengatasi akar penyebab dari masalah, organisasi dapat menerapkan langkah-langkah pencegahan yang efektif. Hal ini membantu dalam menciptakan sistem dan proses yang lebih tangguh, yang mampu menangani dan mengeliminasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan masalah di kemudian hari.

4. Meningkatkan Kualitas Produk atau Layanan

Salah satu tujuan utama *fishbone diagram* adalah meningkatkan kualitas produk atau layanan. Dengan menganalisis penyebab masalah kualitas dan menentukan

solusi yang tepat, organisasi dapat mengurangi cacat, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan memenuhi standar kualitas yang lebih tinggi. Penggunaan fishbone diagram dalam peningkatan kualitas berkontribusi pada produk dan layanan yang lebih andal dan konsisten.

5. Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas Proses Kerja

Fishbone diagram membantu dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses kerja dengan mengidentifikasi hambatan dan ketidakefisienan dalam sistem. Dengan menghilangkan penyebab masalah dan mengoptimalkan proses, organisasi dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya, dan mempercepat waktu respons. Hal ini tidak hanya meningkatkan kinerja operasional, tetapi juga memberikan keuntungan kompetitif di pasar.

2.1.11 5 *Whys Analysis*

Metode 5 *Whys* atau *Why-Why Analysis* adalah salah satu metode yang efektif untuk mengidentifikasi akar penyebab (*root cause*) dari sebuah masalah. Pertama kali diperkenalkan oleh Sakichi Toyoda sekitar tahun 1930-an, metode ini kemudian disempurnakan dan menjadi bagian integral dari *Toyota Production System* pada era 1970-an. Tujuan utamanya adalah untuk memandu tim agar mampu berpikir secara kritis dan menemukan sumber permasalahan yang sesungguhnya.

Filosofi di balik Metode 5 *Whys* atau *Why-Why Analysis* adalah untuk mencegah tim merasa cepat puas dengan jawaban pertama yang seringkali hanya berupa gejala. Metode ini bekerja dengan cara menggali setiap lapisan masalah secara mendalam, sehingga solusi yang dihasilkan tidak hanya bersifat sementara di permukaan, tetapi benar-benar mampu memperbaiki masalah untuk jangka panjang.

Strategi untuk menjalankan *Why-Why Analysis* sangatlah sederhana namun sistematis. Dimulai dari masalah yang teridentifikasi, kita mengajukan pertanyaan “Mengapa?” yang pertama. Jawaban dari pertanyaan tersebut kemudian menjadi dasar untuk pertanyaan “Mengapa?” yang kedua. Proses bertanya secara berulang ini terus dilanjutkan hingga tim mencapai sebuah kesimpulan yang merupakan akar penyebab masalah, yang umumnya ditemukan dalam lima kali iterasi pertanyaan.

Ketika terjadi suatu masalah, maka lakukan pertanyaan berulang dengan “mengapa” terus mengulang pertanyaan tersebut hingga ditemukan akar permasalahan yang terjadi. Menerapkan strategi 5 *Whys* merupakan salah satu metode yang sangat sederhana dan sangat membantu Anda untuk menemukan akar permasalahan dengan cepat. Pertanyaan dari 5 *Whys* harus dijawab sesuai dengan kondisi aktual yang terjadi, hindari menjawab dengan kata “mungkin” karena akan membuat strategi 5 *Whys* menjadi membingungkan. Teruslah bertanya dengan “mengapa” sampai Anda menemukan jawaban yang sangat meyakinkan dan tidak ada lagi jawaban yang lain beserta *evidence* bukti yang relevant.

Menerapkan metode ini akan mendorong tim untuk terus berpikir kritis dengan menggali permasalahan yang terjadi hingga menemukan akar permasalahan, selain itu manfaat menerapkan metode ini, adalah:

1. Mengidentifikasi dan memastikan secara cepat akar masalah utama yang dihadapi.
2. Mudah dipelajari dan diterapkan. Menerapkan strategi 5 *Whys* tidak membutuhkan tools serta biaya yang tinggi, teori ini sangat sederhana cukup bertanya dengan “mengapa” dan kemudian dilanjutkan dengan bertanya kembali “mengapa” sampai tidak ada jawaban yang lain setelah itu. Jawaban terakhir tersebut merupakan inti permasalahan yang sebenarnya.

3. Mendorong kolaborasi antar tim serta mendapatkan berbagai perspektif yang lebih mendalam.

Menerapkan strategi 5 *whys*:

1. Kolaborasi dengan tim hindari untuk menganalisis secara individu tetapi lakukan diskusi dengan tim sehingga didapatkan perspektif serta wawasan yang lebih komprehensif.
2. Jangan kaku dengan angka lima yang dimaksud adalah jangan sangat bergantung dengan lima analisis, terkadang akar masalah dapat ditemukan sebelum atau sesudah 5 kali bertanya “mengapa”.
3. Dokumentasikan setiap proses setiap mendapat atau jawaban, catatlah baik dalam buku ataupun di laptop Anda. Hal tersebut bertujuan untuk menjadi rujukan di masa depan.
4. Fokus pada fakta hindari memberikan jawaban dengan “menurut saya” tetapi berikan jawaban sesuai dengan kondisi aktual yang terjadi.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebagai landasan dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan tinjauan terhadap sejumlah penelitian terdahulu yang relevan dengan topik ergonomi, postur kerja, lingkungan fisik, dan beban kerja mental. Peninjauan ini bertujuan untuk memahami perkembangan teori, metode yang telah digunakan, serta hasil-hasil temuan yang dapat memperkuat dasar argumen dalam penelitian di industri konveksi ini. Berikut adalah ringkasan dari beberapa literatur yang menjadi rujukan utama.

Penelitian pertama melakukan evaluasi terhadap sikap tubuh operator di bagian penjahitan dengan mengimplementasikan metode RULA. Dari hasil observasi, ditemukan bahwa sebagian besar pekerja memiliki nilai risiko antara 6 hingga 7, yang mengindikasikan perlunya intervensi segera. Studi ini menyimpulkan bahwa modifikasi pada fasilitas duduk sangat

krusial untuk memperbaiki posisi tubuh pekerja agar lebih selaras dengan prinsip ergonomi.

Penelitian kedua mengkaji keterkaitan antara kondisi lingkungan fisik dengan performa kerja di sektor konveksi mengacu pada standar Permenaker No. 5 Tahun 2018. Data penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang tidak mencapai 300 Lux berakibat pada penurunan kecepatan kerja sebesar 15%. Hal ini menegaskan bahwa kualitas pencahayaan yang buruk merupakan penghambat utama dalam pencapaian target produksi perusahaan.

Penelitian ketiga penelitiannya pada pengukuran tekanan mental yang dialami oleh operator garmen melalui pendekatan *NASA Task Load Index* (NASA-TLX). Hasil analisis menempatkan beban kerja mental pada tingkat "Tinggi", di mana faktor tekanan waktu (*Temporal Demand*) menjadi pemicu utama. Rekomendasi dari penelitian ini adalah perlunya pengaturan jeda istirahat secara periodik guna meminimalisir kelelahan mental akibat beban target yang masif.

Penelitian keempat mengidentifikasi hubungan antara postur tubuh saat bekerja (diukur dengan RULA) terhadap munculnya gangguan otot rangka atau *Musculoskeletal Disorders* (MSDs). Berdasarkan kuesioner *Nordic Body Map* (NBM), terdapat korelasi signifikan antara postur yang tidak ergonomis dengan keluhan nyeri punggung bawah (*Lower Back Pain*). Penelitian ini mempertegas bahwa posisi kerja yang salah menjadi faktor risiko utama terjadinya cedera fisik pada profesi penjahit.

Penelitian kelima menyelidiki dampak iklim kerja panas serta tingkat kebisingan di lingkungan industri tekstil berdasarkan aturan Permenaker No. 5 Tahun 2018. Temuan di lapangan menunjukkan bahwa nilai ISBB yang melampaui ambang batas 28°C mempercepat munculnya fenomena kelelahan fisik (*fatigue*) pada pekerja. Dampak lanjutannya adalah penurunan konsentrasi yang berpotensi memicu kecelakaan kerja di area produksi.

Penelitian keenam berupaya mereduksi beban fisik melalui rancang bangun fasilitas kerja yang lebih ergonomis dengan memadukan metode RULA dan data antropometri. Melalui modifikasi pada dimensi meja potong, tingkat risiko pekerja mampu diturunkan drastis dari skor 7 menjadi skor 3. Hal ini mengetahui bahwa penyesuaian dimensi peralatan kerja secara teknis mampu memperbaiki postur tubuh operator secara efektif.

Penelitian ketujuh menyajikan analisis komprehensif mengenai beban kerja fisik dan mental pada pelaku UMKM. Dengan mengombinasikan instrumen RULA dan NASA *Task Load Index* (NASA-TLX), penelitian ini mengungkap bahwa kondisi lingkungan yang tidak mendukung tidak hanya merusak postur fisik, tetapi juga meningkatkan stres mental pekerja. Kesimpulannya, evaluasi produktivitas harus melibatkan tinjauan ergonomi secara menyeluruh, baik dari sisi fisik maupun psikologis.

Penelitian kedelapan melakukan asesmen terhadap risiko ergonomi pada unit konveksi skala rumahan dengan bantuan metode RULA dan REBA. Studi ini menemukan bahwa bagian tubuh yang paling rentan terhadap posisi janggal (*awkward posture*) adalah leher dan pergelangan tangan, terutama pada operator obras. Peneliti menyarankan penambahan sandaran tangan untuk mengurangi ketegangan otot statis pada bagian bahu dan leher selama bekerja.

Penelitian kesembilan mengeksplorasi pengaruh kualitas pencahayaan terhadap prevalensi kesalahan kerja (*human error*) di bagian pengendalian mutu (*quality control*). Melalui pengukuran dengan *Lux Meter*, terbukti bahwa distribusi cahaya yang buruk berkontribusi pada meningkatnya jumlah barang cacat (*reject*). Penelitian ini menekankan bahwa optimasi lingkungan visual sangat diperlukan untuk menjaga kualitas produk dan efisiensi kerja.

Penelitian kesepuluh mengintegrasikan metode RULA dan NASA *Task Load Index* (NASA-TLX) dalam upaya melakukan standarisasi stasiun kerja bagi penjahit. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penyesuaian ergonomis pada tinggi meja tidak hanya memperbaiki sikap tubuh, tetapi

juga secara langsung menurunkan persepsi kerja keras (*Effort*) pada kuesioner beban mental. Hal ini menunjukkan adanya korelasi positif antara kenyamanan fisik dengan efisiensi mental pekerja.

Merujuk pada ulasan sepuluh penelitian di atas, terlihat adanya keberagaman fokus serta keterkaitan antar variabel yang telah diteliti sebelumnya. Guna memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai perbandingan antara penelitian terdahulu dengan posisi penelitian saat ini, penulis menyajikan ringkasan variabel, metodologi, dan temuan utama dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. 6 Kajian Pustaka

No	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil Utama
1	Ahmad (2023)	Evaluasi Postur Kerja Operator Menjahit dengan Metode RULA	RULA	Skor RULA rata-rata 6-7 (Risiko Tinggi), disarankan perbaikan kursi kerja.
2	Wulandari dan Ridwan (2022)	Pengaruh Lingkungan Fisik Terhadap Produktivitas Pekerja Konveksi	Permenaker 05/2018	Pencahayaannya di bawah 300 Lux menurunkan kecepatan menjahit sebesar 15%.
3	Prasetio (2020)	Analisis Beban Kerja Mental Operator Garmen Menggunakan NASA-TLX	NASA-TLX	Beban mental kategori "Tinggi" disebabkan oleh indikator <i>Temporal Demand</i> (target waktu).
4	Saputra (2023)	Hubungan Postur Kerja (RULA) dengan Keluhan MSDs pada Penjahit	RULA & NBM	Ada korelasi kuat antara skor RULA tinggi dengan nyeri punggung bawah (LBP).
5	Utami (2021)	Evaluasi Iklim Kerja Panas dan Kebisingan di Industri Tekstil	Permenaker 05/2018	ISBB di atas 28°C menyebabkan pekerja lebih cepat mengalami kelelahan (<i>fatigue</i>).
6	Fajri dan Syarif (2022)	Perancangan Fasilitas Kerja Ergonomis untuk	RULA & Antropometri	Redesain meja potong menurunkan skor RULA

No	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Metode	Hasil Utama
		Menurunkan Beban Kerja		dari 7 menjadi 3 (Risiko Rendah).
7	Lestari (2020)	Analisis Multidimensi Beban Kerja Fisik dan Mental di UMKM	RULA & NASA-TLX	Beban fisik dan mental saling memperburuk performa kerja jika tidak ada waktu istirahat.
8	Hidayah (2023)	Penilaian Risiko Ergonomi pada Industri Konveksi Rumahan	RULA & REBA	Postur leher menekuk merupakan risiko tertinggi bagi operator mesin obras.
9	Nugraha (2021)	Analisis Intensitas Cahaya terhadap Kesalahan Kerja (Human Error)	Lux Meter & Kualitas	Pencahayaan yang tidak standar meningkatkan jumlah produk cacat (<i>reject</i>).
10	Ramadhan (2022)	Integrasi RULA dan NASA-TLX untuk Perbaikan Stasiun Kerja	RULA & NASA-TLX	Perbaikan postur fisik mampu menurunkan skor <i>Effort</i> pada NASA-TLX.
Sumber berbagai literatur (diolah kembali, 2026)				

Berdasarkan penelitian terdahulu, pendekatan *Lean* dan ergonomi telah digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan, mengevaluasi kondisi kerja operator, serta menyusun perbaikan pada lingkungan produksi. Metode VSM dapat digunakan untuk mengidentifikasi pemborosan dan mengevaluasi efisiensi aliran proses, sedangkan metode ergonomi seperti NBM, RULA, dan NASA-TLX dapat digunakan untuk mengevaluasi keluhan muskuloskeletal, risiko postur, dan beban kerja operator.

Meskipun demikian, penggunaan metode tersebut pada penelitian terdahulu memiliki fokus yang berbeda-beda. Sebagian penelitian lebih berfokus pada pengurangan pemborosan dalam proses produksi, sedangkan penelitian lainnya pada evaluasi ergonomi operator. Perbedaan fokus tersebut menunjukkan adanya peluang untuk mengintegrasikan evaluasi aliran proses dengan evaluasi kondisi ergonomi pada objek penelitian yang memiliki aktivitas kerja manual dan berulang.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengintegrasikan VSM untuk mengevaluasi efisiensi proses dengan NBM, RULA, dan NASA-TLX untuk mengevaluasi kondisi operator. Fishbone Diagram dan 5 Whys kemudian digunakan untuk membantu mengidentifikasi faktor yang diduga berkontribusi terhadap permasalahan. Integrasi tersebut menjadi dasar dalam penyusunan usulan perbaikan pada stasiun kerja *sewing*.

2.3 *Research Gap*

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu, masih terdapat ruang penelitian pada integrasi pendekatan *Lean* dan ergonomi dalam menganalisis permasalahan efisiensi proses pada stasiun kerja *sewing*. Pendekatan *Lean* dapat menunjukkan lokasi dan besarnya pemborosan dalam proses, tetapi belum selalu memberikan gambaran mengenai kondisi ergonomi operator yang berkaitan dengan aktivitas tersebut. Sebaliknya, evaluasi ergonomi dapat mengidentifikasi risiko postur, keluhan muskuloskeletal, dan beban kerja, tetapi belum secara langsung menunjukkan dampaknya terhadap aliran proses dan efisiensi waktu.

Penelitian ini mengisi ruang tersebut dengan mengintegrasikan VSM, NBM, RULA, dan NASA-TLX dalam analisis kondisi proses dan kondisi operator. VSM digunakan untuk mengidentifikasi *waste of waiting* dan mengukur PCE, sedangkan NBM, RULA, dan NASA-TLX digunakan untuk memberikan gambaran kondisi ergonomi operator. Selanjutnya, *Fishbone Diagram* dan 5 *Whys* digunakan sebagai alat analisis kualitatif untuk menghubungkan temuan lapangan dengan faktor yang diduga berkontribusi terhadap permasalahan.

Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada penggabungan perspektif efisiensi proses dan ergonomi dalam penyusunan usulan perbaikan pada stasiun kerja *sewing*. Fokus penelitian bukan untuk mengetahui hubungan kausal antara kondisi ergonomi dan produktivitas, melainkan untuk mengidentifikasi keterkaitan temuan ergonomi dengan

permasalahan proses dan menggunakannya sebagai dasar penyusunan perbaikan yang berpotensi meningkatkan efisiensi proses.

2.4 Kerangka Evaluasi Sistem

Evaluasi sistem dalam perspektif ergonomi merupakan upaya terstruktur untuk menilai interaksi antara manusia, tugas, dan lingkungan tempat kerja. Dalam unit usaha konveksi rumahan, sistem kerja sering kali terbentuk secara organik tanpa perencanaan ergonomis, sehingga diperlukan evaluasi menyeluruh untuk memastikan efisiensi tetap terjaga. Menurut Taufik et al (2026), sebuah sistem kerja yang optimal harus mampu menyeimbangkan tuntutan tugas dengan kapasitas fungsional pekerja guna meminimalkan hambatan fisik maupun psikologis yang dapat menurunkan performa.

Kerangka evaluasi dalam penelitian ini mengintegrasikan tiga aspek utama guna memetakan kondisi kerja secara komprehensif:

1. Analisis Faktor Eksternal (Lingkungan Fisik)

Evaluasi dilakukan terhadap variabel iklim kerja, intensitas pencahayaan, dan tingkat kebisingan. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa kondisi di area menjahit tidak melampaui Nilai Ambang Batas (NAB) yang diatur dalam Permenaker No. 5 Tahun 2018, karena lingkungan yang buruk bertindak sebagai *stressor* yang mempercepat kelelahan visual dan fisik.

2. Analisis Faktor Internal (Beban Postur dan Mental)

Penilaian dilakukan pada interaksi fisik pekerja melalui metode RULA untuk mendeteksi risiko cedera muskuloskeletal akibat postur statis. Secara simultan, beban kognitif dievaluasi menggunakan metode NASA *Task Load Index* (NASA-TLX) untuk melihat sejauh mana tekanan target dan kompleksitas pola jahitan memengaruhi kondisi mental operator.

3. Sintesis dan Optimasi Produktivitas

Hasil evaluasi dari faktor lingkungan dan beban kerja disintesis untuk mengidentifikasi akar penyebab rendahnya produktivitas. Berdasarkan pandangan Wignjosoebroto (2011), perbaikan sistem yang didasarkan pada data kuantitatif evaluasi fisik dan mental akan menciptakan lingkungan kerja yang lebih sehat, yang pada gilirannya akan menstabilkan serta meningkatkan *output* produksi harian.

