

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

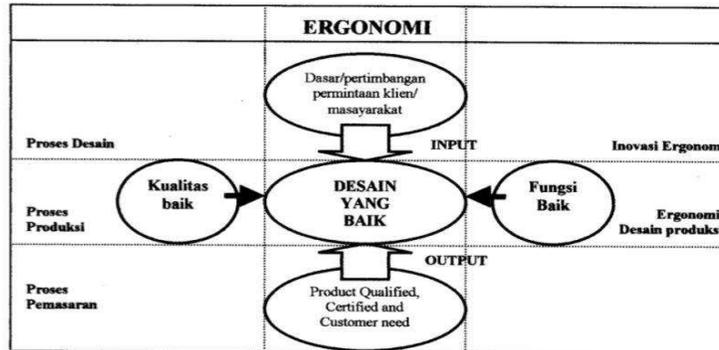
2.1 Teori Dasar

2.1.1 Ergonomi dalam Konteks Industri Manufaktur

Ergonomi adalah studi tentang interaksi antara manusia dan elemen-elemen sistem kerja, termasuk lingkungan kerja, peralatan, dan proses kerja. Dalam konteks industri manufaktur, prinsip-prinsip ergonomi menjadi krusial dalam merancang fasilitas kerja yang mendukung kesehatan, keselamatan, dan kinerja karyawan. Ergonomi membantu mengurangi risiko cedera, meningkatkan efisiensi operasional, dan meningkatkan kepuasan kerja (Suarjana & Pomalingo, 2022)

Ergonomi dalam konteks industri manufaktur sangat penting karena dapat memengaruhi produktivitas, efisiensi, dan kesejahteraan para pekerja. Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan lingkungannya, dengan fokus pada desain peralatan, tempat kerja, dan tugas-tugas kerja agar sesuai dengan kemampuan fisik dan mental manusia.

Ergonomi merupakan salah satu dari persyaratan untuk mencapai desain yang *qualified, certified, dan customer need*. Ilmu ini akan menjadi suatu ketertarikan yang simultan dan menciptakan sinergi dalam pemunculan gagasan, proses desain, dan desain final. (periksa gambar 2.1. Skema *Design Management*)



Gambar 2.1 Skema *Design Management*

Dalam industri manufaktur, penerapan prinsip ergonomi dapat membantu mengurangi risiko cedera kerja, peningkatan efisiensi produksi, dan meningkatkan kenyamanan serta kepuasan kerja para pekerja. Berikut adalah beberapa contoh penerapan ergonomi dalam industri manufaktur:

1. Desain peralatan dan alat kerja

Peralatan dan alat kerja harus didesain sedemikian rupa sehingga sesuai dengan ukuran, kemampuan, dan gerakan tubuh manusia. Misalnya, meja kerja yang sesuai tinggi, kursi yang ergonomis, dan pengaturan peralatan yang meminimalkan gerakan yang berulang-ulang.

2. Tata letak pabrik

Tata letak pabrik harus memperhitungkan aliran kerja yang efisien dan aman bagi para pekerja. Hal ini dapat mencakup pengaturan mesin dan peralatan agar mudah diakses, pengaturan jarak antar stasiun kerja agar mengurangi perpindahan yang tidak perlu, serta penempatan barang yang sering digunakan agar mudah dijangkau.

3. Penyuluhan dan pelatihan

Para pekerja perlu diberikan penyuluhan dan pelatihan mengenai pentingnya ergonomi dan cara-cara untuk bekerja secara ergonomis. Mereka perlu diberi informasi mengenai postur tubuh yang benar, teknik mengangkat beban yang aman, dan tanda-tanda kelelahan atau cedera yang perlu diwaspadai.

4. Evaluasi rutin

Perusahaan perlu melakukan evaluasi rutin terhadap kondisi kerja para pekerja untuk memastikan bahwa lingkungan kerja tetap memenuhi prinsip-prinsip ergonomi. Ini dapat dilakukan melalui survei kepuasan kerja, observasi langsung terhadap proses kerja, dan pemantauan tingkat cedera kerja.

5. Penggunaan teknologi

Penggunaan teknologi seperti robotika dan otomatisasi juga perlu dipertimbangkan dari segi ergonomi. Meskipun teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi produksi, namun perlu dipastikan bahwa interaksi antara manusia dan mesin berlangsung dengan aman dan sesuai dengan prinsip-prinsip ergonomi.

Fokus utama pertimbangan ergonomi menurut cornic dan sander (1992) adalah mempertimbangkan unsur manusia dalam perencanaan objek, prosedur kerja dan lingkungan kerja. Tujuan tersebut dapat tercapai dengan adanya pengetahuan tentang kesesuaian, kepresisian, keselamatan, keamanan, dan kenyamanan manusia dalam menggunakan hasil produk desain, yang kemudian dikembangkan dalam penyelidikan di bidang ergonomis.

2.1.2 Postur Kerja

Pertimbangan-pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja dapat membantu mendapatkan postur kerja yang nyaman bagi pekerja. Baik postur kerja berdiri, duduk, mengangkat maupun angkut. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan postur kerja tertentu yang terkadang tidak menyenangkan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada postur kerja yang tidak alami dan berlangsung dalam jangka waktu yang cukup lama. Hal ini akan mengakibatkan pekerja lebih cepat lelah adanya keluhan sakit pada bagian tubuh, cacat produk bahkan cacat tubuh.

Postur jongkok memerlukan lebih banyak energi dari pada duduk, karena hal ini dapat menyebabkan banyaknya beban otot statis kaki sama halnya dengan berdiri, postur berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental sehingga aktifitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat dan teliti. Berdiri dan jongkok lebih melelahkan dari pada duduk dan energi yang dikeluarkan lebih banyak 10-15% dibanding duduk.

Kerja seseorang dihasilkan dari tugas pekerjaan, rancangan tempat kerja dan karakteristik individu seperti ukuran dan bentuk tubuh. Pertimbangan untuk semua komponen dibutuhkan analisis dan perancangan tempat kerja.

2.1.3 Manual Material Handling

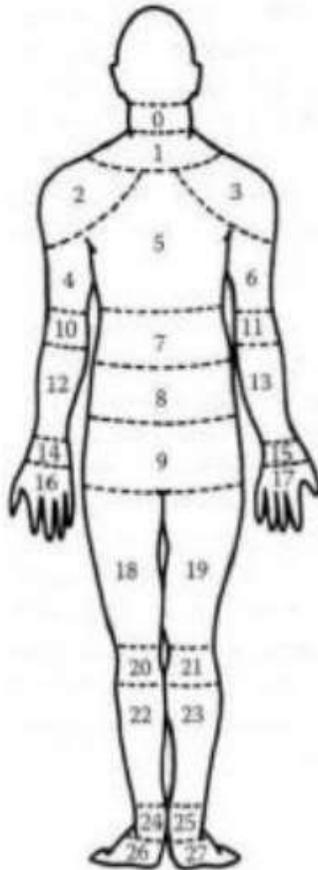
Manual Material Handling adalah proses membawa secara manual atau produk pada bagian industry. Setiap penanganan tugas menimbulkan tuntutan unik pada pekerja. Akan tetapi, tempat kerja dapat membantu tuntutan unik pada pekerja. Tempat kerja dapat membantu pekerjaan untuk melaksanakan kebijakan dan prosedur yang tepat.

Pertimbangan ergonomi yang berkaitan dengan postur kerja dapat membantu menciptakan postur kerja yang lebih nyaman bagi pekerja, baik dalam posisi berdiri, mengangkat, maupun mengangkat beban. Namun, beberapa jenis pekerjaan mengharuskan pekerja untuk menggunakan postur tertentu yang terkadang tidak nyaman. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja berada dalam postur yang tidak alami untuk waktu yang cukup lama. Akibatnya, hal ini dapat menyebabkan pekerja lebih cepat merasa lelah, munculnya keluhan rasa sakit pada bagian tubuh tertentu, risiko cacat pada produk, hingga potensi gangguan fisik atau cedera pada tubuh.

2.1.4 Nordic Body Map

Nordic Body Map (NBM) adalah alat atau metode penilaian yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat keluhan otot-otot atau bagian tubuh tertentu akibat aktivitas kerja atau faktor ergonomis. Metode ini sering digunakan dalam bidang kesehatan kerja dan ergonomi untuk mengevaluasi potensi risiko cedera muskuloskeletal (gangguan otot dan rangka tubuh) pada pekerja. Memiliki fungsi membantu mengumpulkan data tentang keluhan fisik pekerja dengan mengidentifikasi area tubuh yang terasa nyeri, kaku, atau tidak nyaman selama atau setelah aktivitas kerja. Prosesnya yaitu pekerja diminta mengisi kuesioner yang menunjukkan area tubuh tertentu (misalnya, leher, bahu, punggung, tangan, lutut, kaki) pada gambar tubuh manusia. Mereka akan menilai atau memberikan tanda di bagian tubuh yang mengalami keluhan, biasanya dengan skala tertentu (misalnya dari "tidak ada keluhan" hingga "sangat nyeri").

Tabel 2.1 *Nordic Body Map*



No.	Jenis Keluhan	Tingkat Keluhan			
		1	2	3	4
0	Sakit/kaku pada leher bagian atas				
1	Sakit/kaku pada leher bagian bawah				
2	Sakit pada bahu kiri				
3	Sakit pada bahu kanan				
4	Sakit pada lengan atas kiri				
5	Sakit pada punggung				
6	Sakit pada lengan atas kanan				
7	Sakit pada pinggang				
8	Sakit pada bokong				
9	Sakit pada pantat				
10	Sakit pada siku kiri				
11	Sakit pada siku kanan				
12	Sakit pada lengan bawah kiri				
13	Sakit pada lengan bawah kanan				
14	Sakit pada pergelangan tangan kiri				
15	Sakit pada pergelangan tangan kanan				
16	Sakit pada tangan kiri				
17	Sakit pada tangan kanan				
18	Sakit pada paha kiri				
19	Sakit pada paha kanan				
20	Sakit pada lutut kiri				
21	Sakit pada lutut kanan				
22	Sakit pada betis kiri				
23	Sakit pada betis kanan				
24	Sakit pada pergelangan kaki kiri				
25	Sakit pada pergelangan kaki kanan				
26	Sakit pada kaki kiri				
27	Sakit pada kaki kanan				

2.1.5 REBA (*Rapid Entire Body Assessment*)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) adalah metode penilaian ergonomi yang digunakan untuk mengevaluasi risiko gangguan muskuloskeletal pada pekerja akibat posisi kerja yang tidak ergonomis. Metode ini memberikan skor risiko berdasarkan postur tubuh, beban kerja, gaya, dan aktivitas yang dilakukan selama pekerjaan. REBA dirancang untuk menganalisis pekerjaan yang melibatkan berbagai bagian tubuh, seperti batang tubuh, leher, lengan, dan kaki. Tujuan utama mengidentifikasi potensi

risiko gangguan muskuloskeletal yang timbul karena posisi tubuh tertentu. Memberikan panduan kepada perusahaan atau pengelola untuk memperbaiki kondisi kerja dan mengurangi risiko cedera. Proses penilaian terdiri dari pengamatan langsung: Postur kerja pekerja diamati atau didokumentasikan menggunakan foto atau video, pembagian area tubuh: Postur tubuh seperti batang, leher, kaki, lengan atas, dan lengan bawah dinilai berdasarkan sudut dan beban yang dialami saat bekerja. Faktor tambahan seperti gerakan berulang, beban berat, atau gaya yang digunakan pekerja, turut diperhitungkan dalam skala penilaian. Pemberian skor, nilai atau skor diberikan untuk masing-masing faktor, dan hasil akhirnya menunjukkan tingkat risiko pekerjaan, dari rendah hingga sangat tinggi. Tingkat risiko yang dihasilkan yaitu resiko rendah membutuhkan intervensi segera. Jika skor sedang memerlukan pengawasan atau perbaikan. Jika skor tinggi harus intervensi segera untuk mengurangi risiko cedera.

2.1.6 Strategi Perancangan Fasilitas Kerja yang Ergonomis

Dalam merancang fasilitas kerja yang ergonomis, beberapa strategi yang dapat diterapkan meliputi:

1. Analisis Ergonomi

Melakukan analisis menyeluruh terhadap kondisi kerja dan identifikasi masalah-masalah ergonomis yang ada.

2. Partisipasi Karyawan

Melibatkan karyawan dalam proses perancangan untuk mendapatkan masukan yang lebih baik tentang kebutuhan dan preferensi mereka.

3. Penggunaan Teknologi

Memanfaatkan teknologi terkini, seperti alat pemotongan yang dapat disesuaikan dengan posisi kerja yang optimal, untuk meningkatkan ergonomis.

Perancangan fasilitas kerja yang ergonomis sangat penting untuk memastikan kesehatan, kenyamanan, dan produktivitas para pekerja. Berikut adalah beberapa strategi perancangan fasilitas kerja yang dapat meningkatkan ergonomis (Susatyo A, Bariyah C 2016) :

1. Analisis Tugas Kerja

Mulailah dengan menganalisis tugas-tugas kerja yang akan dilakukan di fasilitas tersebut. Identifikasi gerakan-gerakan yang diperlukan, penggunaan peralatan, dan interaksi antara pekerja dengan lingkungan kerja.

2. Desain Stasiun Kerja yang Sesuai

Desain stasiun kerja agar sesuai dengan kebutuhan pekerja, termasuk tinggi meja kerja, kedalaman meja, dan jarak antar peralatan. Pastikan stasiun kerja dapat disesuaikan dengan berbagai ukuran tubuh pekerja.

3. Penggunaan Peralatan Ergonomis

Pilih peralatan dan alat kerja yang didesain dengan prinsip ergonomi, seperti kursi kerja yang dapat disesuaikan, *keyboard* komputer yang ergonomis, dan alat angkat yang mengurangi beban pada tubuh.

4. Desain Tata Letak yang Efisien

Susun tata letak fasilitas kerja agar aliran kerja menjadi lebih efisien, dengan meminimalkan jarak antar stasiun kerja dan mengurangi perpindahan yang

tidak perlu. Pastikan bahwa pekerja tidak perlu melakukan gerakan yang berulang-ulang atau berbahaya.

5. Pencahayaan yang Baik

Pastikan ruang kerja tercukupi oleh pencahayaan yang baik untuk menghindari kelelahan mata dan kesalahan dalam pekerjaan. Gunakan pencahayaan alami sebanyak mungkin, dan lengkapi dengan pencahayaan buatan jika diperlukan.

6. Ventilasi yang Adekuat

Sirkulasi udara yang baik dan sistem ventilasi yang memadai dapat membantu menjaga kualitas udara di ruang kerja. Hindari terjadinya penumpukan debu atau gas beracun yang dapat membahayakan kesehatan pekerja.

7. Pertimbangkan Lingkungan Fisik

Faktor-faktor seperti suhu, kebisingan, dan kelembaban juga perlu dipertimbangkan dalam perancangan fasilitas kerja. Pastikan bahwa kondisi lingkungan tersebut dapat mendukung kenyamanan dan produktivitas para pekerja.

8. Pelatihan dan Pendidikan

Berikan pelatihan kepada para pekerja mengenai pentingnya ergonomis dan bagaimana cara bekerja dengan aman dan nyaman. Ajarkan teknik postur tubuh yang benar dan cara mencegah cedera kerja.

9. Evaluasi dan Pemantauan

Lakukan evaluasi secara berkala terhadap kondisi fasilitas kerja dan kesejahteraan pekerja. Tinjau kembali desain dan praktik kerja yang ada, serta lakukan perbaikan atau penyesuaian jika diperlukan.

2.1.7 Antropometri

Istilah *antropometri* berasal dari “*anthro*” yang berarti manusia dan “*metri*” yang berarti ukuran. Secara definitif ukuran. Secara definitif antropometri dapat dinyatakan sebagai suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Antropometri adalah pengetahuan yang menyangkut pengukuran dimensi tubuh manusia antropometri secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi manusia (Wignjosoebroto, 1995).

Manusia secara alami memiliki variasi bentuk dan ukuran tubuh, seperti tinggi, lebar, berat badan, dan lainnya, yang berbeda satu sama lain. Antropometri secara luas digunakan dalam ergonomi sebagai dasar pertimbangan yang mempertimbangkan interaksi manusia dengan lingkungannya. Tempat kerja yang dirancang dengan baik, yaitu yang sesuai dengan kemampuan serta keterbatasan manusia, dapat tercapai jika ukuran tempat kerja tersebut disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia. Dimensi-dimensi ini dipelajari dalam antropometri, yang mencakup ukuran, bentuk, kekuatan tubuh manusia, serta aplikasinya dalam desain untuk mengatasi berbagai permasalahan.

Dalam konteks perancangan produk seperti rak, meja, atau peralatan lain, kenyamanan pengguna sangat bergantung pada kesesuaian ukuran produk dengan skala tubuh manusia. Ketidaksesuaian ukuran alat dengan tubuh pengguna dapat menyebabkan ketidaknyamanan yang, dalam jangka panjang, berujung pada kelelahan, rasa sakit, hingga gejala seperti pusing. Data antropometri biasanya dinyatakan dalam bentuk persentil, yaitu distribusi ukuran tubuh berdasarkan nilai tertentu dalam persentase. Persentil ini digunakan untuk memastikan produk atau tempat kerja dapat dirancang sesuai dengan rentang ukuran manusia secara optimal.

Penetapan Nilai Persentil

1. Dimensi Maksimum

Berdasarkan nilai persentil terendah, seperti persentil 1, 5, atau 10.

2. Dimensi Minimum

Berdasarkan nilai persentil tertinggi, seperti persentil 90, 95, atau 99.

3. Ukuran Rata-rata

Mengacu pada nilai persentil 50 yang mewakili dimensi tubuh rata-rata.

Dalam desain yang fleksibel, ukuran dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan pengguna dengan berbagai ukuran tubuh, sehingga produk menjadi lebih ergonomis dan universal. Namun, salah satu tantangan dalam perancangan produk ini adalah menyelaraskan desain agar tetap cocok untuk kelompok pengguna di luar ukuran tubuh rata-rata.

Persentil	Perhitungan
1-st	$\bar{x} - 2.325 \delta X$
2.5-th	$\bar{x} - 1.96 \delta X$
5-th	$\bar{x} - 1.645 \delta X$
10-th	$\bar{x} - 1.28 \delta X$
50-th	\bar{x}
90-th	$\bar{x} + 1.28 \delta X$
95-th	$\bar{x} + 1.645 \delta X$
97.5-th	$\bar{x} + 1.96 \delta X$
99-th	$\bar{x} + 2.325 \delta X$

Sumber: (Baharuddin & Samad, 2022)

Rumus dari rata-rata dan standar deviasi yaitu:

$$\bar{x} = \frac{\sum Xi}{n}$$

Rumus Rata-rata

- \bar{x} = Rata-rata hasil pengamatan
- x_i = Data hasil pengukuran ke-i
- n = Jumlah sampel

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum (xi - \bar{x})^2}}{N - 1}$$

Rumus Standar Deviasi

- δ = Standar Deviasi
- \bar{x} = Rata-rata hasil pengamatan
- x_i = Data hasil pengukuran ke-i
- n = Jumlah sampel

2.1.8 Dimensi Antropometri

Data antropometri dapat di manfaatkan untu menetapkan dimensi ukurn produk yang akan dirancang dan disesuaikan dengan dimensi tubuh manusia yang akan menggunakannya. Pengukuran tubuh yang bias diambil dalam perancangan produk maupun fasilitas (wignjoseobroto, 1995).

Untuk dimensi maksimum yang harus ditetapkan diambil berdasarkan nilai persentil yang paling rendah yaitu 1-th, 5-th, 10-th persentil dari distribusi data antropometri. Sedangkan untuk dimensi minimum yang harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai persentilnya yang terbesar seperti 90-th, 95-th, atau 99-th persentil.

Disini perancangan bisa diubah-ubah ukurannya sehingga cukup flexible diprioritaskan oleh setiap orang yang memiliki berbagai ukuran tubuh. Dalam haal perancangan produk didasarkan rata-rata ukuran manusia. Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini juga sedikit sekali mereka yang berbeda dalam ukuran rata-rata.

2.3 Kerangka Pikir

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2 Kerangka Pemikiran