

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ergonomi

2.1.1 Pengertian Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyesuaikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik (Tarwaka et al., 2004).

2.1.2 Penerapan Ergonomi

Ergonomi dapat diterapkan pada beberapa aspek dalam bekerja. Penerapan ergonomi antara lain dapat dilakukan pada posisi kerja, proses kerja, tata letak tempat kerja, dan cara mengangkat beban (Hutabarat, 2017) :

1. Posisi Kerja

Terdiri dari posisi duduk dan posisi berdiri, posisi duduk dimana kaki tidak terbebani dengan berat tubuh dan posisi stabil selama bekerja. Sedangkan posisi berdiri dimana posisi tulang belakang vertikal dan berat badan tertumpu secara seimbang pada dua kaki.

2. Proses Kerja

Para pekerja dapat menjangkau peralatan kerja sesuai dengan posisi waktu bekerja dan sesuai dengan ukuran anthropometrinya. Harus dibedakan ukuran anthropometri barat dan timur.

3. Tata Letak Tempat Kerja

Display harus jelas terlihat pada waktu melakukan aktivitas kerja. Sedangkan simbol yang berlaku secara internasional lebih banyak digunakan dari pada kata-kata.

4. Mengangkat Beban

Bermacam-macam cara dalam mengangkat beban yaitu, dengan kepala, bahu, tangan, punggung, dan sebagainya. Beban yang terlalu berat dapat

menimbulkan cedera tulang punggung, jaringan otot dan persendian akibat gerakan yang berlebihan.

2.1.3 Tujuan Ergonomi

Adapun tujuan dari penerapan prinsip ergonomi menurut Tarwaka (2004) yang menyatakan bahwa tujuan ergonomi ialah sebagai berikut :

1. Untuk meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental pekerja dengan mencegah terjadinya cedera Musculoskeletal Disorders (MSDs) dan mengupayakan promosi serta kepuasan kerja.
2. Untuk meningkatkan jaminan sosial pada pekerja dalam kurun waktu usia produktif maupun non produktif.
3. Untuk menyelaraskan secara rasional aspek ekonomi, sosial, teknis, antropologis dan budaya pada setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga terwujudnya kualitas hidup dan kerja yang maksimal.

2.1.4 Kelompok ergonomi

Pada prakteknya, dalam mengevaluasi suatu sistem kerja secara ergonomi, kelima bidang ergonomi digunakan secara sinergis sehingga didapatkan suatu solusi yang optimal, sehingga seluruh bidang kajian ergonomi adalah suatu sistem terintegrasi yang semata-mata ditujukan untuk perbaikan kondisi manusia pekerjaannya. Berikut 5 bidang kajian ergonomi (Hutabarat, 2017) :

1. Faal Kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang meneliti energi manusia yang dikeluarkan dalam suatu pekerjaan. Tujuan dan bidang kajian ini adalah untuk perancangan sistem kerja yang dapat meminimasi konsumsi energi yang dikeluarkan saat bekerja.
2. Antropometri, yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia untuk digunakan dalam perancangan peralatan dan fasilitas sehingga sesuai dengan pemakainya.
3. Biomekanika yaitu bidang kajian ergonomi yang berhubungan dengan mekanisme tubuh dalam melakukan suatu pekerjaan, misalnya keterlibatan otot manusia dalam bekerja dan sebagainya.

4. Penginderaan, yaitu bidang kajian ergonomi yang erat kaitannya dengan masalah penginderaan manusia, baik indera penglihatan, penciuman, perasa dan sebagainya.
5. Psikologi kerja, yaitu bidang kajian ergonomi yang berkaitan dengan efek psikologis dari suatu pekerjaan terhadap pekerjaanya, misalnya terjadinya stres dan lain sebagainya..

2.2 Musculoskeletal Disorders (MSDs)

2.2.1 Pengertian Musculoskeletal Disorders

Musculoskeletal Disorders (MSDs) atau gangguan musculoskeletal adalah keluhan pada bagian otot rangka yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan yang sangat ringan hingga sangat sakit, apabila otot menerima beban statis secara berulang dalam waktu yang lama akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon (Tarwaka et al., 2004).

2.2.2 Keluhan Musculoskeletal Disorders

Keluhan Musculoskeletal Disorders adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang mulai dari keluhan sangat ringan sampai sangat sakit. Apabila otot menerima beban statis secara berulang dan dalam waktu yang lama, akan dapat menyebabkan keluhan berupa kerusakan pada sendi, ligamen dan tendon (Tarwaka et al., 2004).

2.2.3 Faktor penyebab Musculoskeletal Disorders

Faktor-faktor yang menyebabkan risiko sikap kerja terhadap gangguan musculoskeletal terdapat 6 sikap kerja yaitu (Robert, 2003) :

1. Sikap Kerja Berdiri

Sikap kerja berdiri merupakan salah satu sikap kerja yang sering dilakukan ketika melakukan suatu pekerjaan. Berat tubuh manusia akan ditopang oleh satu atau kedua kaki ketika melakukan posisi berdiri. Aliran beban berat tubuh mengalir pada kedua kaki menuju tanah.

2. Sikap Kerja Membungkuk

Salah satu sikap kerja yang tidak nyaman untuk diterapkan dalam pekerjaan adalah posisi membungkuk. Posisi ini tidak menjaga kestabilan tubuh ketika bekerja. Banyak pekerja yang mengalami keluhan nyeri pada bagian

punggung bawah (*Low Back Pain*) bila dilakukan secara berulang dengan periode yang cukup lama.

3. Pengangkatan Beban

Kegiatan ini menjadi penyumbang terbesar terjadinya gangguan pada bagian punggung. Mengangkat beban yang melebihi kapasitas dari kekuatan manusia dapat menyebabkan penggunaan tenaga yang lebih besar pula. Hal ini akan memengaruhi tulang belakang bagian bawah dan dapat menyebabkan terjadinya *disc herniation*.

4. Membawa Beban

Terdapat perbedaan antara mengangkat beban normal yang dibawa oleh manusia. Ini dipengaruhi oleh frekuensi dari pekerjaan yang dilakukan. Semakin jauh jarak yang ditempuh, maka akan menimbulkan beban yang dibawa.

5. Kegiatan Mendorong Beban

Hal yang berhubungan dengan kegiatan mendorong adalah tinggi tangan pendorong dan bahu pendorong.

6. Menarik Beban

Kegiatan ini biasanya tidak dianjurkan sebagai metode pengangkatan beban, karena sangat sulit untuk dikendalikan dengan anggota tubuh. Beban dengan mudah akan tergelincir ke belakang oleh orang yang menariknya.

2.3 OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

2.3.1 Pengertian OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

Metode OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) dikembangkan pada tahun 1970-an oleh Osmo Karhu dan rekan-rekannya di Laboratorium Kesehatan Buruh Finlandia (Institute of Occupational Health) melalui penelitian di perusahaan Ovako Oy, Finlandia (sekarang Fundia Wire). OWAS (Ovako Work Analysis System) merupakan metode analisis postural stress pada bagian tubuh punggung, lengan, kaki, dan berat beban yang dapat mengakibatkan Musculoskeletal Disorder (MSDs) atau kelainan otot (Setiorini, 2020).

2.3.2 Analisis postur kerja dengan metode OWAS

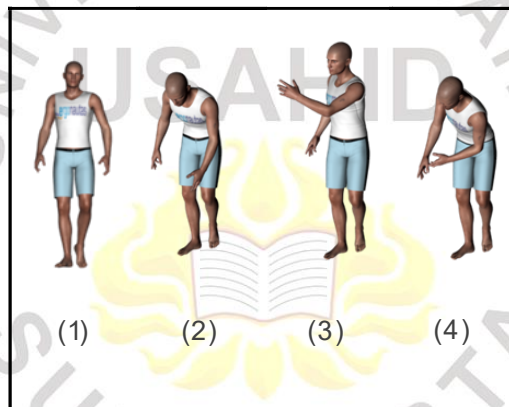
Berikut ini adalah klasifikasi sikap bagian tubuh yang diamati untuk dianalisa dan dievaluasi (Karhu et al., 1977) :

1. Penentuan Sikap

1. Sikap Punggung

Tabel 2. 1 Sikap punggung

Kode Skor	Deskripsi
1	Lurus
2	Membungkuk
3	Memutar atau miring
4	Membungkuk dan memutar

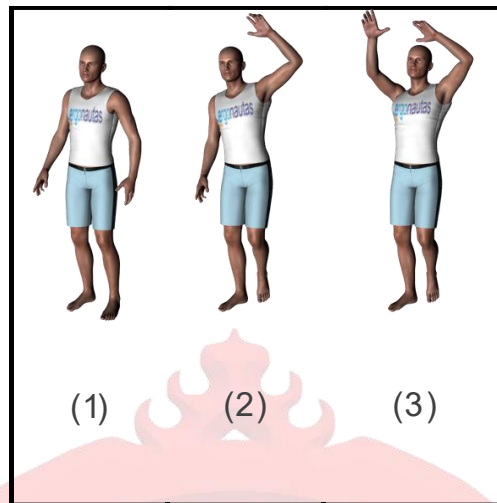


Gambar 2. 1 Sikap Punggung

2. Sikap Lengan

Tabel 2. 2 Sikap Lengan

Kode Skor	Deskripsi
1	Kedua lengan di bawah bahu
2	Satu lengan di atas bahu
3	Kedua lengan di atas bahu

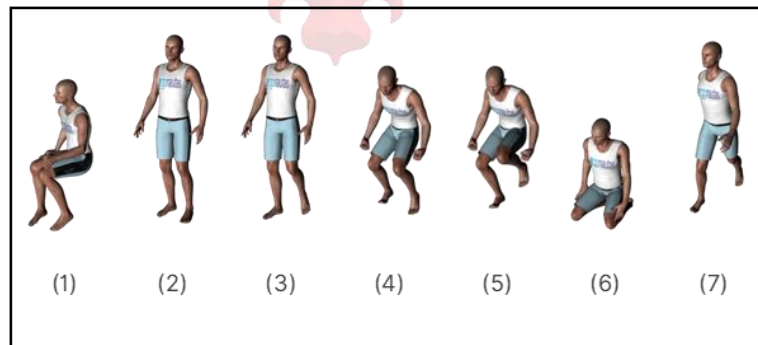


Gambar 2. 2 Sikap Lengan

3. Sikap kaki

Tabel 2. 3 Sikap kaki

Kode Skor	Deskripsi
1	Duduk
2	Berdiri bertumpu pada kedua kaki lurus
3	Berdiri bertumpu pada satu kaki lurus
4	Berdiri bertumpu pada kedua kaki dengan lutut ditekuk
5	Berdiri bertumpu pada satu kaki dengan lutut ditekuk
6	Berlutut pada satu atau kedua lutut
7	Berjalan

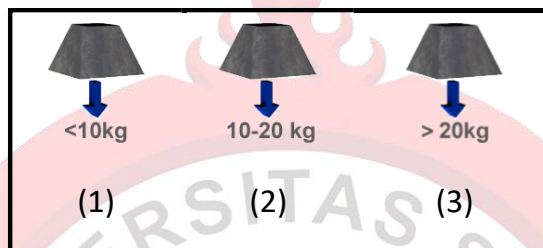


Gambar 2. 3 Sikap Kaki

4. Berat beban

Tabel 2. 4 Berat beban

Kode Skor	Deskripsi
1	Ringan (kurang dari 10 kg)
2	Sedang (10-20 kg)
3	Berat (lebih dari 20 kg)



Gambar 2. 4 Berat Beban

2. Penghitungan dan penilaian

Perhitungan metode OWAS dilakukan dengan memasukkan nilai sikap punggung, sikap lengan, sikap kaki dan berat beban yang telah ditentukan dalam tabel penilaian analisis postur kerja OWAS atau dapat dilihat pada Tabel 2. 5.

Tabel 2. 5 Penilaian analisis postur kerja OWAS (Karhu et al., 1977)

Back	Arms	1			2			3			4			5			6			7			Legs Force
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Risk
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	
	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	

4	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4
	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4

3. Penentuan skor pada postur pekerja dan penentuan level tindakan

Level aksi OWAS didasarkan pada output dari penilaian analisis postur kerja OWAS yaitu tertera pada **table 2. 8.** Penentuan skor dan tindakan terdiri dari 4 kategori pada tabel berikut

Tabel 2. 6 Penentuan Skor dan Tindakan (Mattila et al., 1993)

Kategori	Risiko	Tindakan
1	Postur kerja tidak memiliki efek merugikan pada sistem muskuloskeletal.	Penyesuaian ergonomis tidak diperlukan untuk postur ini.
2	Postur kerja memiliki beberapa efek merugikan pada sistem muskuloskeletal.	Penyesuaian ergonomis yang diperlukan harus dimasukkan dalam rencana mendatang.
3	Postur kerja memiliki efek merugikan yang jelas pada sistem muskuloskeletal.	Penyesuaian ergonomis yang diperlukan harus segera dilakukan pada postur kerja.
4	Postur kerja memiliki efek merugikan yang signifikan/jelas pada sistem muskuloskeletal.	Penyesuaian ergonomis yang diperlukan harus sekarang dilakukan.

2.4 Perancangan Metode Pahl dan Beitz

Metodologi ini pertama kali oleh dua akademisi terkemuka dari Jerman, Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz dalam buku *Engineering Design: A Systematic Approach*. Pendekatan Pahl dan Beitz menawarkan sebuah kerangka kerja yang logis, transparan, dan terstruktur, yang memandu seorang perancang dari tahap klarifikasi masalah hingga dihasilkannya dokumentasi produk yang lengkap dan siap untuk diproduksi (Gerhard Pahl et al., 2007)

Metode ini membagi proses perancangan ke dalam empat fase utama yang saling berhubungan, di mana hasil dari satu fase menjadi masukan untuk fase berikutnya.

a. Fase Perencanaan dan Penjelasan Tugas (*Product Planning and Clarifying the Task*)

Fase awal ini berfokus pada pemahaman mendalam terhadap masalah yang perlu diselesaikan. Langkah ini krusial karena kesalahan dalam mendefinisikan masalah akan berdampak pada keseluruhan proses desain.

- Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi kebutuhan dan keinginan dari pasar, pengguna (operator), dan perusahaan.
- Penyusunan Daftar Tuntutan (*Requirements List*): Kebutuhan dan batasan yang teridentifikasi kemudian diterjemahkan ke dalam daftar tuntutan teknis yang spesifik, terukur, dan tidak ambigu. Daftar ini berfungsi sebagai dokumen acuan utama selama proses perancangan.

b. Fase Perancangan Konsep (*Conceptual Design*) Pada fase ini, tujuan utamanya adalah untuk mengembangkan prinsip-prinsip solusi yang dapat memenuhi fungsi-fungsi yang telah ditetapkan dalam daftar tuntutan.

- Abstraksi Masalah: Mengidentifikasi fungsi esensial dari produk. Misalnya, fungsi utama konveyor adalah "memindahkan material dari titik A ke titik B."
- Penyusunan Struktur Fungsi: Fungsi utama dipecah menjadi sub-fungsi yang lebih sederhana (misalnya: menopang beban, menggerakkan beban, mengatur kecepatan).
- Pencarian Prinsip Solusi: Mencari berbagai alternatif prinsip kerja untuk setiap sub-fungsi. Misalnya, untuk sub-fungsi "menggerakkan beban," prinsip solusinya bisa berupa roller yang berputar, sabuk yang bergerak, atau getaran.
- Kombinasi dan Evaluasi Konsep: Menggabungkan berbagai prinsip solusi untuk membentuk varian-varian konsep yang utuh. Varian-varian ini kemudian dievaluasi secara sistematis menggunakan kriteria teknis dan ekonomis untuk memilih konsep yang paling menjanjikan.

- c. Fase Perancangan Bentuk (*Embodiment Design*) Setelah konsep terpilih, fase ini bertujuan untuk mengubah konsep tersebut menjadi sebuah rancangan produk yang lebih konkret dalam bentuk skema atau tata letak (layout). Pada tahap ini, perancang menentukan bentuk, dimensi, material, dan susunan komponen utama.
- Pengembangan Tata Letak Awal: Membuat sketsa dan model awal berdasarkan konsep yang dipilih.
 - Pemilihan Material dan Perhitungan Awal: Melakukan pemilihan material awal dan perhitungan rekayasa dasar untuk memverifikasi dimensi dan kekuatan komponen-komponen kritis.
 - Optimalisasi Bentuk dan Tata Letak: Memperbaiki rancangan untuk memenuhi aspek kekuatan, ergonomi, keamanan, kemudahan fabrikasi, dan biaya. Hasil dari fase ini adalah gambar teknis awal yang menunjukkan wujud definitif dari produk.
- d. Fase Perancangan Detail (*Detail Design*) Ini adalah fase final dari proses perancangan, di mana semua detail produk diselesaikan.
- Finalisasi Detail Komponen: Menentukan dimensi akhir, toleransi, kualitas permukaan, dan spesifikasi material untuk setiap komponen.
 - Pembuatan Gambar Kerja: Menghasilkan gambar rakitan (assembly drawing), gambar detail setiap komponen (detail drawing), dan daftar komponen (*Bill of Materials* - BOM).
 - Dokumentasi Produksi: Menyiapkan seluruh dokumentasi yang diperlukan untuk proses manufaktur, perakitan, pengujian, dan instruksi manual penggunaan produk

2.5 Analisis Desain *Solidworks* dan *Payback Periode*

2.5.1 Analisis Desain *Solidworks*

SolidWorks adalah program perangkat lunak mekanis 3D CAD (computer aided design) yang berjalan di Microsoft Windows, didirikan oleh Dassault Systemes. Perangkat lunak ini memiliki pemodelan "Parametrik" dengan entitas untuk pemodelan desain 3D. Parametrik itu sendiri berarti bahwa ukurannya dapat dikaitkan dan dapat diubah selama proses desain perubahan otomatis pada bagian

fisik dan dokumen terkait (blueprint) (Khoiron, 2022). *Solidworks* mampu melakukan berbagai simulasi analisis, salah satunya yaitu *Stress Analysis*.

Stress Analysis merupakan salah satu alat pengujian struktur pada SolidWorks yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen– elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh perangkat lunak, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat. Dalam metode ini, terdapat beberapa variabel yang harus diperhatikan diantaranya sebagai berikut (Fahmi et al., 2023):

1. *Von Misses Stress Tegangan*, digunakan untuk mewakili tegangan tarik uniaxial yang setara dengan total energi distorsi yang dihasilkan oleh kombinasi tegangan yang bekerja. Persamaan untuk Von Misses Stress adalah sebagai berikut:

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}}{2}$$

2. *Displacement*, yang juga dikenal sebagai defleksi, adalah perubahan bentuk pada elemen mesin dalam arah Y yang disebabkan oleh beban vertikal yang diberikan pada batang atau poros. Persamaan untuk displacement adalah sebagai berikut:

$$\delta = \frac{1 \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

3. *Safety Factor*, digunakan untuk menilai keandalan suatu alat yang digunakan, dan merupakan nilai perbandingan antara kekuatan aktual dengan kekuatan yang dibutuhkan. Persamaan untuk safety factor adalah sebagai berikut:

$$Safety\ factor = \frac{yield\ point\ stress}{working\ stress}$$

2.5.2 Payback Periode

Menurut Bambang Riyanto dalam (Tajerin et al., 2017) Analisis periode kembali modal digunakan untuk mengetahui lamanya perputaran modal investasi yang digunakan dalam melakukan usaha atau dengan kata lain untuk mengetahui

waktu yang dapat digunakan untuk menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan keuntungan sebagai perbandingan. *Payback period* adalah analisis waktu pengembalian modal dapat diketahui dengan rumus (Antika et al., 2014):

$$PP = \frac{\text{Investasi}}{\text{Arus Kas Masuk}}$$

Kriteria perhitungan payback period:

- a. Nilai payback period kurang dari 3 tahun pengembalian modal usaha dikategorikan cepat.
- b. Nilai payback period 3 – 5 tahun kategori pengembalian sedang.
- c. Nilai payback period lebih dari 5 tahun dikategorikan lambat.

2.6 Conveyor

Conveyor merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain. Alat ini terdiri dari rangkaian bergerak yang menggunakan sabuk, rantai, atau roda gigi sebagai pengangkut barang. *Conveyor* umumnya digunakan di berbagai jenis industri, seperti industri makanan, pertambangan, dan manufaktur. Beberapa jenis *conveyor* yang umum digunakan antara lain *conveyor belt*, *conveyor rantai*, *conveyor roll*, conveyor gravitasi, dan *conveyor flexiible*. Dengan penggunaan conveyor yang tepat, dapat meningkatkan efisiensi produksi, produktivitas, serta mengurangi biaya produksi dan risiko kecelakaan kerja. (Kurnianingtyas, 2024).

2.6.1 Keunggulan dan Kelemahan Conveyor

Keuntungan penggunaan conveyor antara lain efisiensi dalam proses produksi dan pengiriman barang, serta peningkatan produktivitas karena dapat memindahkan barang secara otomatis tanpa intervensi manusia langsung. Tidak hanya itu, penggunaan conveyor juga dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan kerja (Kurnianingtyas, 2024). Namun, *conveyor* juga memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya instalasi yang tinggi, kebutuhan perawatan rutin, dan keterbatasan dalam mengangkut material yang tidak sesuai dengan desain *conveyor*.

2.6.2 *Flexible roller conveyor*

Conveyor flexible roller adalah sistem transportasi mekanis yang dirancang untuk meningkatkan fleksibilitas dalam proses pengangkutan barang atau bahan. Terdiri dari sejumlah roller berputar yang terhubung oleh sabuk atau rantai, mirip dengan *conveyor roller konvensional*. Namun, yang membedakan *conveyor flexible roller* adalah kemampuan untuk berubah bentuk dan mengikuti kontur permukaan tanah, termasuk tikungan, tanjakan, dan penurunan (Ardianisyah, 2023).

Penggunaan *conveyor flexible roller* membawa sejumlah manfaat yang signifikan (Ardianisyah, 2023):

1. **Fleksibilitas dalam Desain Gudang:** *Conveyor flexible roller* memungkinkan perancangan gudang yang lebih fleksibel karena mereka dapat mengikuti berbagai kontur lantai, termasuk tikungan dan perubahan ketinggian. Hal ini memungkinkan penggunaan ruang gudang yang lebih efisien.
2. **Efisiensi Operasional:** *Conveyor flexible roller* mengotomatisasi proses pengangkutan, mengurangi waktu yang diperlukan untuk memindahkan barang atau bahan dari satu tempat ke tempat lain. Hal ini meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.
3. **Penurunan Biaya Tenaga Kerja:** Dengan mengurangi keterlibatan pekerja dalam proses pengangkutan, *conveyor flexible roller* membantu mengurangi biaya tenaga kerja dan menghilangkan risiko cedera pekerja.
4. **Konsistensi dan Akurasi:** Sistem *conveyor flexible roller* mengangkut barang atau bahan dengan konsisten dan akurat, mengurangi risiko kesalahan manusia dan kerusakan barang.
5. **Peningkatan Produktivitas:** Pengangkutan otomatis yang responsif memungkinkan lebih banyak barang atau bahan dipindahkan dalam waktu yang lebih singkat, meningkatkan produktivitas operasi.
6. **Penggunaan Ruang yang Optimal:** *Conveyor flexible roller* dapat membantu memaksimalkan penggunaan ruang gudang dengan mengikuti bentuk gudang dan memanfaatkan setiap inci lantai yang tersedia.

Prinsip dasar kerja *conveyor flexible roller* adalah sebagai berikut (Ardianisyah, 2023):

1. Pemuatan Barang: Barang atau bahan dimuat ke *conveyor* flexible roller di titik awal. Ini bisa dilakukan secara manual atau dengan bantuan peralatan lain, seperti mesin pengangkat.
2. Perpindahan yang Responsif: Roller-roller dalam *conveyor* flexible roller dirancang untuk bergerak secara independen satu sama lain. Mereka dapat mengikuti kontur permukaan tanah dengan responsif, termasuk tikungan hingga sudut tertentu, tanjakan, dan penurunan.
3. Pemuatan atau Pengosongan: Barang atau bahan ditempatkan atau diambil di titik tujuan, seperti mesin pengemasan atau tempat penyimpanan.
4. Pemantauan dan Kontrol: Sistem kontrol otomatis dapat digunakan untuk mengatur kecepatan dan arah gerakan *conveyor* flexible roller. Ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan operasi sesuai dengan kebutuhan.

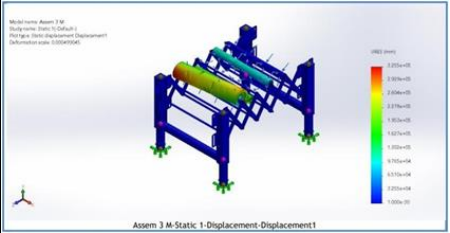
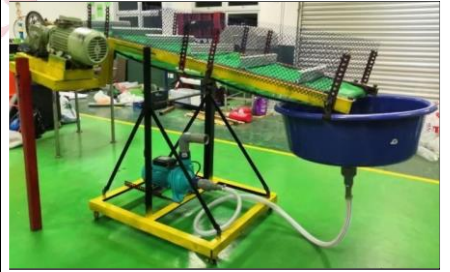
2.7 Gula Karung

Gula karung, sebagai produk utama dalam penelitian ini, merupakan gula kristal yang dikemas dalam karung berkapasitas 50 kg dengan dimensi 98 cm × 58 cm per karung. Di tingkat gudang, gula tersebut ditumpuk secara vertikal setinggi 2–3 meter dalam ruang penyimpanan berukuran 12 meter (lebar) × 60 meter (panjang), dengan penataan acak tetapi memperhatikan pengelompokan per merek (terdapat 18 merk berbeda). Aktivitas logistik harian melibatkan pemuatan 6–8 truk, di mana setiap truk memiliki kapasitas angkut 200 karung. Dengan proses pemuatan dalam gambar berikut



Gambar 2. 5 Proses Muat Gula Karung

2.8 Penelitian Terdahulu

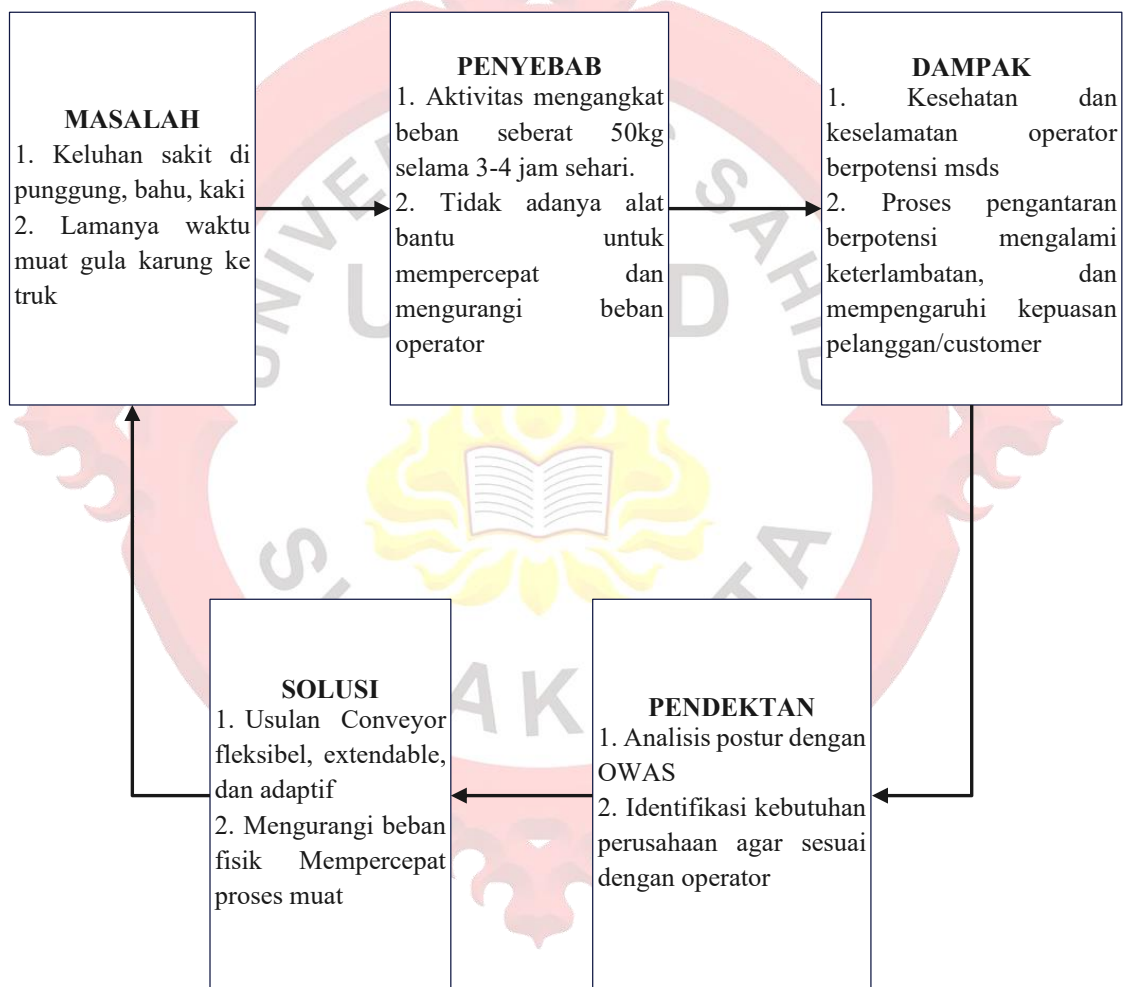
No	Judul Penelitian dan Tahun	Nama Peneliti	Metode	Hasil	Bentuk
1	Design and Fabrication of Flexible Roller Conveyor System (2023)	Ankita Gaikar, Aditi Sawalkar, Ruchita Whavle, Soham Dhabale, Dr. Usha C. Pawar	Survei pasar dan diskusi dengan pemilik toko. Perancangan CAD dan analisis perhitungan kekuatan material.	Desain roller conveyor fleksibel dengan tinggi yang dapat disesuaikan. Material: Mild Steel (MS). Diameter roller: 24 mm (luar), 20 mm (dalam). Lebar roller: 300mm.	
2	Design and Development of Flexible Conveyor Trash Collector. 2021	Mohd Hafizil Mat Yasin, Idura Arniza Mohd Maidin	Desain konsep, analisis fungsional, uji coba sistem	Desain konveyor fleksibel dengan sistem pompa air dan motor listrik untuk mengumpulkan sampah.	

No	Judul Penelitian dan Tahun	Nama Peneliti	Metode	Hasil	Bentuk
3	Perancangan Flexible Roller Conveyor Sebagai Material Handling Device yang Ramah Energi. 2015	Zefry Darmawan, RakhmatHimawan, Endra Yuafanedi, Fakhriyudha, Wildan Achzani	Quality Function Deployment (QFD), desain prototipe	Desain konveyor fleksibel dengan penyangga yang dapat diatur ketinggiannya dan menggunakan gaya gravitasi	
4	Penerapan Rapid Upper Limb Assessment (RULA) dalam Perancangan Fleksibel Conveyor Skala Laboratorium. 2021	Basirun Chaniago, Sufiyanto, Lilia Trisyathia Quentara	Perencanaan spesifikasi produk, desain konsep, desain produk, analisis RULA	Desain konveyor fleksibel dengan roller, frame, dan baut pengunci yang dapat disesuaikan.	

No	Judul Penelitian dan Tahun	Nama Peneliti	Metode	Hasil	Bentuk
5	Rancang Bangun Roller Conveyor Adjustable dengan Metode Benchmarking. 2023	Ucok Simson, Emon Azriadi, Yusrina	Benchmarking, desain konsep, analisis fungsi dan material	Desain roller conveyor dengan rangka besi hollow, roller, dan roda untuk mobilitas.	
6	Perancangan flexible dan extendable conveyor untuk Mengurangi Risiko Musculoskeletal Disorder (MSDs) dan Meningkatkan Efisiensi Proses Muat Gula Karung pada Operator di CV Bangkit Jaya. 2025	Ibnu Mustaqim Nur Hasan	Nordic Body Map OWAS Antropometri		

2.9 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini dirancang untuk mengatasi masalah kesehatan operator dan inefisiensi dalam proses pemuatan karung ke truk, yang disebabkan oleh aktivitas mengangkat beban berat secara manual dan kurangnya alat bantu. Dampaknya meliputi risiko kesehatan operator dan potensi keterlambatan pengantaran. Solusi yang diusulkan adalah penggunaan conveyor fleksibel, extendable, dan adaptif untuk mengurangi beban fisik dan mempercepat proses pemuatan.



Gambar 2. 6 Kerangka Pemikiran