

# PERANCANGAN FLEXIBLE DAN EXTENDABLE CONVEYOR UNTUK MENGURANGI MUSCULOSKELETAL DISORDER (MSDS) DAN MENINGKATKAN EFISIENSI PADA PROSES MUAT GULA KARUNG DI CV BANGKIT JAYA

Ibnu Mustaqim Nur Hasan, Bekti Nugrahadi, Anita Oktaaviana Trisna Devi

<sup>1</sup>Teknik Industri, Fakultas Sains Teknologi dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta

<sup>2</sup>Teknik Industri, Fakultas Sains Teknologi dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta

<sup>3</sup>Teknik Industri, Fakultas Sains Teknologi dan Kesehatan, Universitas Sahid Surakarta

Ibnu200603@gmail.com<sup>\*1</sup>, bekti.nugrahadi@usahidsolo.ac.id<sup>2</sup>, anita.otd@usahidsolo.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRACT

The manual loading process of sugar sacks at CV Bangkit Jaya has created critical issues regarding occupational health and operational efficiency, leading to Musculoskeletal Disorders (MSDs) among operators and loading delays of 40–60 minutes per truck. This research addresses these problems by designing a flexible and extendable conveyor based on the Pahl and Beitz systematic methodology. The design process involved a risk assessment of working postures using the Ovako Working Posture Analysis System (OWAS), with validation conducted through SolidWorks and Finite Element Analysis (FEA). The findings indicate a significant improvement: the conveyor reduces MSDs risk scores from the hazardous categories 3–4 to the safe categories 1–2, decreases loading time by 50% (from 50 minutes to 17 minutes and 5 seconds), and reduces the required workforce from five to three operators, yielding a payback period of 1.9 years. The structural integrity was confirmed by FEA simulations, which showed a high safety factor (13–289), affirming the solution's technical, ergonomic, and economic viability for the material handling industry.

**Keywords :** Flexible Conveyor, Extendable Conveyor, Musculoskeletal Disorders (MSDs), OWAS, Operational Efficiency

## ABSTRAK

Proses pemuatan gula karung manual di CV Bangkit Jaya menimbulkan permasalahan serius terkait kesehatan kerja dan efisiensi operasional. Operator mengalami *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) dan proses kerja mengalami inefisiensi waktu hingga 40–60 menit per truk. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain conveyor yang fleksibel dan dapat diperpanjang (*extendable*) guna mengurangi risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) serta meningkatkan efisiensi operasional dalam proses pemuatan gula karung. Perancangan dilakukan menggunakan pendekatan sistematis Pahl dan Beitz, dengan analisis risiko postur kerja melalui metode OWAS, dan validasi desain menggunakan *SolidWorks* serta *Finite Element Analysis* (FEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain konveyor yang diusulkan mampu menurunkan skor risiko MSDs dari kategori 3–4 (berbahaya) menjadi kategori 1–2 (aman). Selain itu, konveyor ini berhasil mempersingkat waktu pemuatan sebesar 50%, dari rata-rata 50 menit menjadi 17 menit 5 detik, dan mengurangi kebutuhan operator dari 5 menjadi 3 orang. Secara finansial, investasi ini menunjukkan kelayakan dengan *payback period* selama 1,9 tahun. Simulasi FEA juga mengonfirmasi kekuatan struktur dengan faktor keamanan (*safety factor*) pada rentang 13–289, yang membuktikan bahwa solusi ini layak secara teknis, ergonomis, dan ekonomis untuk diimplementasikan.

**Kata Kunci :** *Flexible Conveyor, Extendable Conveyor, Musculoskeletal Disorders (MSDs), OWAS, Efisiensi Operasional*

## 1. PENDAHULUAN

Ergonomi, yang berasal dari bahasa Yunani "ergon" (kerja) dan "nomos" (aturan), didefinisikan sebagai studi tentang interaksi antara manusia, objek yang digunakan, dan lingkungan kerja. Penerapan ergonomi sangat penting dalam merancang produk dan sistem kerja. Sistem kerja yang tidak ergonomis dapat meningkatkan risiko Musculoskeletal Disorders (MSDs) yang disebabkan oleh metode kerja dan fasilitas yang kurang memadai [1]. Musculoskeletal Disorders (MSDs) adalah gangguan pada sistem otot, tulang, sendi, dan jaringan ikat yang sering dialami oleh pekerja di industri dengan aktivitas

manual seperti mengangkat, mendorong, atau menarik beban berat. Analisis data Global Burden of Disease (GBD) tahun 2019 menunjukkan bahwa sekitar 1,71 miliar orang di seluruh dunia menderita kondisi muskuloskeletal, termasuk nyeri punggung bawah, nyeri leher, patah tulang, dan osteoarthritis [2]. Di Indonesia, klaim Jaminan Kecelakaan Kerja meningkat dari 182.835 pada tahun 2019 menjadi 347.855 kasus dari Januari hingga November 2023 [3], [4]. Jika tidak ditangani, MSDs tidak hanya membahayakan kesehatan pekerja, tetapi juga mengurangi efisiensi operasional akibat meningkatnya tingkat absensi, menurunnya kualitas kerja, dan biaya kompensasi bagi perusahaan. Untuk meningkatkan efisiensi operasional dalam manufaktur, pendekatan holistik yang menggabungkan pencegahan cedera dengan strategi operasional sangat diperlukan. Fokusnya tidak hanya pada pengurangan biaya, tetapi juga pada optimalisasi proses kerja dan eliminasi pemborosan gerak dan waktu, serta risiko cedera dari praktik kerja yang tidak ergonomis [5], [6]. Sinergi antara ergonomi dan efisiensi operasional dapat menciptakan lingkungan kerja yang produktif, aman, dan berkelanjutan.

CV Bangkit Jaya, sebuah perusahaan manufaktur pengolahan gula, menghadapi tantangan dalam proses pemuatan gula karung. Berdasarkan wawancara dengan empat operator, aktivitas manual seperti membungkuk, mengangkat beban dari posisi rendah, dan memutar tubuh secara tiba-tiba selama 4-5 jam sehari memicu keluhan nyeri punggung, bahu, dan lutut yang berpotensi meningkatkan risiko MSDs. Proses ini melibatkan lima operator per truk dengan durasi pengisian rata-rata 40-60 menit dan jarak angkut 10-50 meter, yang menyebabkan inefisiensi waktu dan berisiko memperlambat siklus produksi. Oleh karena itu, diperlukan solusi ergonomis dan efisien untuk meminimalkan risiko MSDs, mengurangi durasi kerja, dan ketergantungan pada tenaga manual. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah alat bantu angkut berupa konveyor. Meskipun konveyor umum digunakan dalam industri, konveyor konvensional biasanya memiliki bentuk yang kaku dan tidak dapat menyesuaikan kondisi lingkungan kerja atau jarak angkut. Sebaliknya, konveyor fleksibel dan dapat diperpanjang (extendable) dapat menyesuaikan jarak, ketinggian, dan jalurnya, sehingga cocok untuk lingkungan kerja yang dinamis seperti di CV Bangkit Jaya.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengulas tentang konveyor fleksibel. Penelitian yang dilakukan oleh Ankita Gaikar pada tahun 2023 merancang sebuah konveyor rol fleksibel dengan tinggi yang dapat disesuaikan, menggunakan material Mild Steel (MS) [7]. Pada tahun yang sama, Ucok Simson juga merancang konveyor rol yang dapat disesuaikan dengan rangka besi hollow, rol, dan roda untuk mobilitas [8]. Mohd Hafizil Mat Yasin dan Idura Arniza Mohd Maidin pada tahun 2021 merancang konveyor fleksibel untuk mengumpulkan sampah dengan sistem pompa air dan motor listrik [9]. Zefry Darmawan pada tahun 2015 merancang konveyor fleksibel yang ramah energi, menggunakan gaya gravitasi dan penyangga dengan ketinggian yang dapat diatur [10]. Selain itu, Basirun Chaniago. pada tahun 2021 menerapkan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) dalam perancangan konveyor fleksibel skala laboratorium [11].

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan dan tinjauan pustaka, penelitian ini mengusulkan perancangan desain konveyor yang fleksibel dan dapat diperpanjang untuk mengurangi risiko MSDs dan meningkatkan efisiensi operasional proses pemuatan gula karung pada operator di CV Bangkit Jaya.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan sistematis Pahl dan Beitz yang terbagi dalam empat fase utama untuk memastikan solusi yang dihasilkan memenuhi semua kebutuhan fungsional, ergonomis, dan ekonomis.

Pengumpulan Data Data primer dikumpulkan melalui tinjauan lapangan di CV Bangkit Jaya yang meliputi observasi langsung dan wawancara dengan operator. Data yang dikumpulkan mencakup

dokumentasi foto postur kerja, waktu siklus pemuatan, jarak angkut, beban kerja, serta biaya upah operator yang relevan untuk analisis ekonomi.

Pengolahan dan Analisis Data Postur kerja manual yang ada dianalisis menggunakan metode *Ovako Working Posture Analysis System* (OWAS) untuk mengidentifikasi tingkat risiko MSDs secara kuantitatif. Metode ini menilai postur punggung, lengan, kaki, dan berat beban untuk menentukan kategori tindakan perbaikan yang diperlukan.

Seluruh proses perancangan, mulai dari pembuatan konsep hingga desain detail komponen seperti *roller*, *shaft*, dan rangka, dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*. Untuk memvalidasi kelayakan desain, dilakukan analisis kekuatan struktural menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) pada komponen-komponen kritis. Analisis ini mengukur tegangan (*stress*), perpindahan (*displacement*), dan regangan (*strain*) untuk menghitung Faktor Keamanan (*Factor of Safety*).

Terakhir, analisis kelayakan investasi dilakukan dengan menghitung *Payback Period* (PP) untuk mengevaluasi berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi awal melalui penghematan biaya operasional.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Postur Kerja Awal (Metode OWAS) Analisis postur kerja pada proses manual menunjukkan tingkat risiko yang sangat tinggi. Tiga aktivitas utama dinilai sebagai berikut:

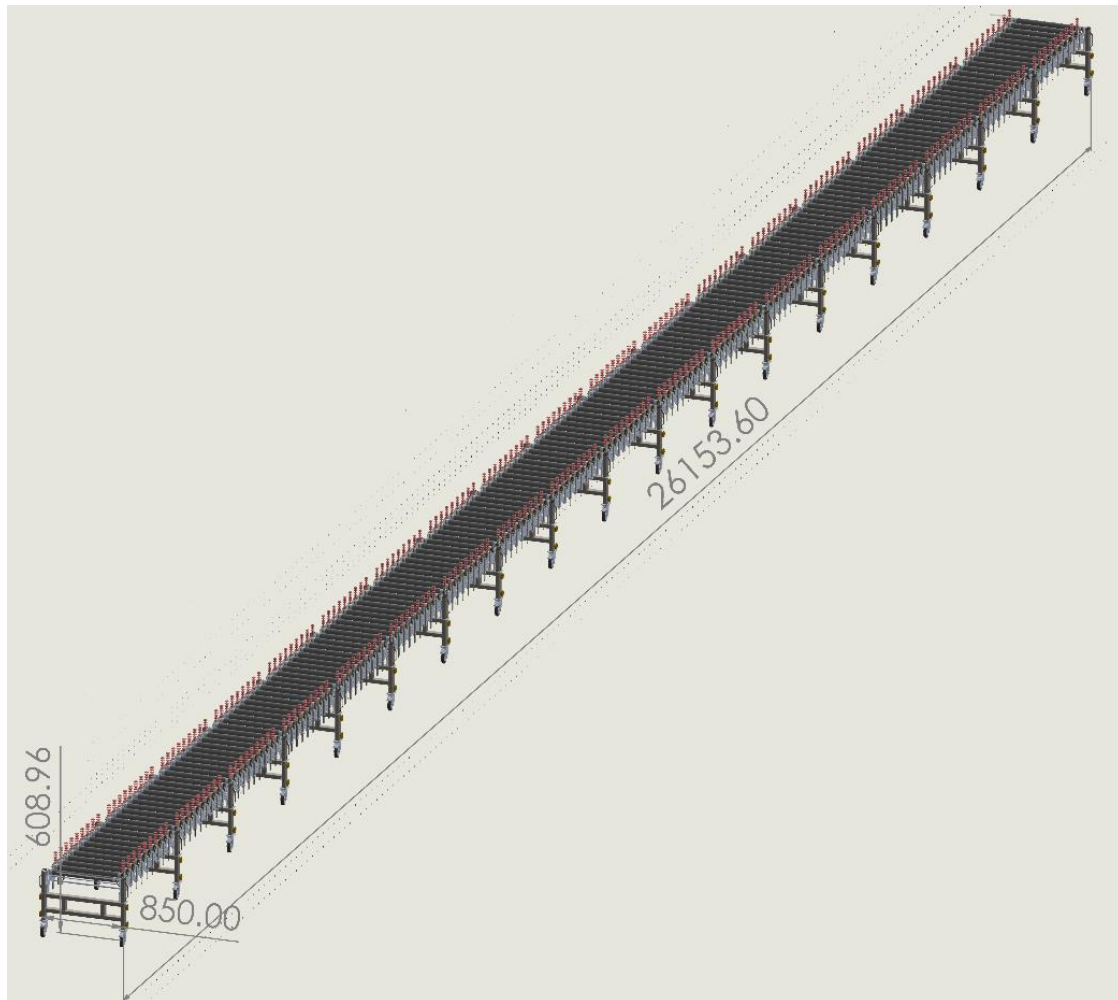
- Mengangkat Gula Karung: Postur membungkuk dengan beban 50 kg menghasilkan kode OWAS 2-1-4-3, yang masuk dalam kategori risiko 3. Ini berarti perbaikan perlu dilakukan sesegera mungkin.
- Membawa Gula Karung: Postur berjalan sambil menopang beban di atas bahu dengan punggung membungkuk menghasilkan kode OWAS 2-3-7-3, yang masuk dalam kategori risiko 4. Tindakan perbaikan perlu dilakukan sekarang juga.
- Meletakkan Gula Karung: Kombinasi gerakan membungkuk dan memutar saat meletakkan beban menghasilkan kode OWAS 2-3-3-3, yang juga masuk dalam kategori risiko 4.

Hasil ini mengonfirmasi bahwa proses kerja manual yang ada memiliki efek merugikan yang sangat signifikan pada sistem muskuloskeletal operator, sehingga intervensi teknis sangat diperlukan.

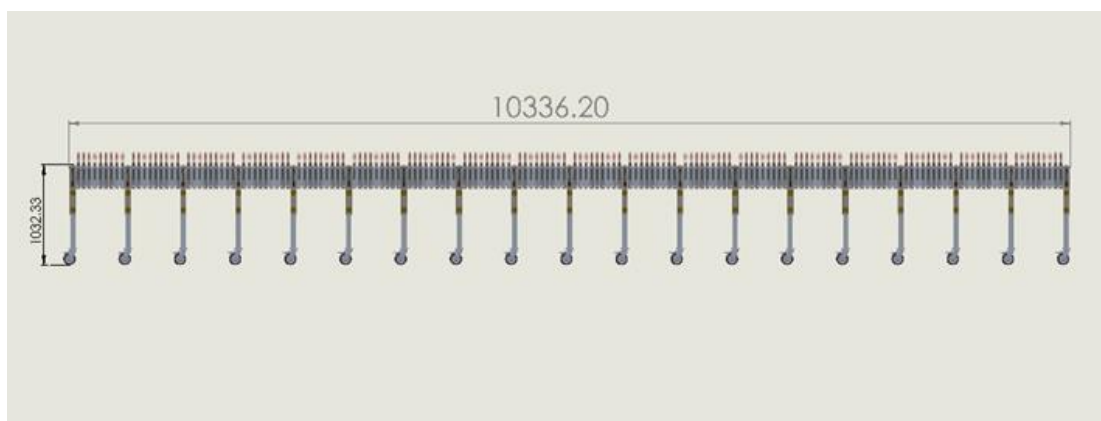
Filosofi utama di balik desain ini adalah untuk mengeliminasi aktivitas kerja manual paling berbahaya yang teridentifikasi dalam analisis OWAS, yaitu membungkuk, mengangkat beban berat (50 kg), dan berjalan sambil membawa beban dalam jarak yang bervariasi (10-25 meter). Konsep desain diwujudkan melalui beberapa mekanisme kunci:

- Mekanisme *Extendable* (Dapat Diperpanjang): Menggunakan struktur rangka gunting (*scissor mechanism*) yang memungkinkan konveyor untuk memanjang dan memendek sesuai kebutuhan jarak antara tumpukan gula dan truk. Hal ini secara langsung menghilangkan kebutuhan operator untuk berjalan jauh sambil membawa beban.
- Mekanisme *Flexible* (Fleksibel): Desain rangka dan kaki penyangga beroda memungkinkan konveyor untuk berbelok dan diposisikan secara dinamis, menyesuaikan dengan tata letak gudang yang berubah-ubah.
- Mekanisme Pemindahan (*Conveying*): Menggunakan sistem *roller* yang digerakkan oleh motor melalui transmisi V-belt untuk memindahkan karung gula secara otomatis. Ini menghilangkan aktivitas mengangkat dan menopang beban di atas bahu.
- Mekanisme *Adjustable* (Dapat Disesuaikan): Kaki penyangga konveyor dirancang agar ketinggiannya dapat diatur (*adjustable height*) untuk menyesuaikan dengan tinggi tumpukan gula dan tinggi bak truk.

Desain Akhir dan Spesifikasi Konveyor Berdasarkan metode Pahl dan Beitz, dihasilkan sebuah desain *flexible* dan *extendable conveyor* (Gambar 1) dengan spesifikasi teknis seperti terangkum dalam Tabel 1. Filosofi desain ini adalah untuk mengeliminasi aktivitas manual berbahaya melalui mekanisme *extendable* (struktur gunting), *flexible* (roda berputar), dan *adjustable* (kaki yang dapat diatur ketinggiannya).



**Gambar 1. Desain Akhir Flexible dan Extendable Conveyor**



**Gambar 2. Desain Akhir Flexible dan Extendable Conveyor**

Berdasarkan keseluruhan proses perancangan, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga perhitungan teknis, berikut adalah spesifikasi final untuk produk *flexible* dan *extendable conveyor* yang diusulkan.

**Tabel 1. Spesifikasi Teknis Final Produk**

Kategori	Parameter	Spesifikasi
<b>Dimensi &amp; Kapasitas</b>	Panjang Total	Dapat disesuaikan dari 10 meter hingga 25 meter
	Lebar Konveyor	850 mm
	Tinggi Kerja	Dapat disesuaikan dari 600 mm hingga 1000 mm

	Kapasitas Beban Maksimal	500 kg (setara dengan 10 karung gula secara bersamaan)
	Massa Total Alat	725.42 kg
<b>Mekanisme</b>	Jenis Roller	Pipa Aluminium Alloy 6063-T6, Ø 50mm, P=680mm
	Jumlah Roller	181 buah (dengan pitch 145 mm)
<b>Sistem Penggerak</b>	Jenis Motor	Motor Listrik AC 3 Fasa
	V- belt	
	Daya Motor	5 HP (3.7 kW)
	Kecepatan Linier	0.83 m/s
<b>Material</b>	Rangka Utama (Kaki)	Baja Struktural ASTM A36
	Rangka Samping ( <i>Scissor</i> )	Aluminium Alloy 6063-T6
	Shaft & Roller	Aluminium Alloy 6063-T6
<b>Bill of Material</b>	Estimasi Biaya Material	Rp 76.930.000

Analisis kekuatan menggunakan FEA menunjukkan bahwa seluruh komponen kritis sangat aman untuk diimplementasikan. Faktor Keamanan (Factor of Safety) untuk komponen seperti pipa roller, shaft, dan rangka berada pada rentang 13,81 hingga 289,33, yang jauh melampaui standar keamanan rekayasa. Implementasi konveyor ini diproyeksikan memberikan peningkatan kinerja yang signifikan seperti terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Analisis Perbandingan Kinerja Operasional**

Parameter	Kondisi Sebelum (Manual)	Kondisi Sesudah (Dengan Konveyor)	Analisis Perubahan
<b>Waktu Pemuatan</b>	40–60 menit per truk	17 menit 5 detik per truk	Proses otomatis dan kontinu menghilangkan jeda dan kelelahan, menghasilkan penurunan waktu muat lebih dari 70%
<b>Kebutuhan Tenaga Kerja</b>	5 operator per truk	3 operator per truk	Pengurangan 2 operator per tim, menghasilkan penghematan biaya tahunan sebesar Rp 54.000.000.
<b>Risiko Kesehatan (MSDs)</b>	Risiko sangat tinggi (Kategori 3 & 4 OWAS)	Risiko rendah dan dapat diterima (Kategori 1 & 2 OWAS).	Postur berbahaya seperti membungkuk dan mengangkat beban berat secara dinamis tereliminasi. Risiko cedera berkurang drastis.
<b>Biaya Operasional Per Bulan</b>	Total gaji 5 operator Rp 11.250.000	Total gaji 3 operator Rp 6.750.000 dan biaya listrik Rp 223.299	Mengurangi biaya operasional

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Desain *flexible* dan *extendable conveyor* yang diusulkan terbukti secara efektif mengurangi risiko *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) dengan mengubah postur kerja operator dari kategori risiko tinggi (skor OWAS 3 dan 4) menjadi kategori risiko rendah (skor OWAS 1 dan 2). Ini dicapai dengan mengeliminasi aktivitas manual paling berbahaya seperti mengangkat dan berjalan sambil membawa beban 50 kg.
- Desain ini secara substansial meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi waktu pemuatan per truk lebih dari 50% (dari 40-60 menit menjadi kurang dari 18 menit) dan



menurunkan kebutuhan tenaga kerja dari lima menjadi tiga operator. Secara finansial, investasi ini sangat layak dengan periode pengembalian modal (*Payback Period*) hanya 1,8 tahun, yang menunjukkan kelayakan teknis, ergonomis, dan ekonomis dari solusi yang diusulkan.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. D. Cahyanti and M. Imron Rosyidi, “Pencegahan Keluhan Musculoskeletal Disorders Pada Pekerja Dengan Metode Rula Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja (Literature Review ),” *Borobudur Eng. Rev.*, vol. 2, no. 2, pp. 74–86, 2023, doi: 10.31603/benr.6295.
- [2] A. Cieza, K. Causey, K. Kamenov, S. W. Hanson, S. Chatterji, and T. Vos, “Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019,” *Lancet*, vol. 396, no. 10267, pp. 2006–2017, 2020, doi: 10.1016/S0140-6736(20)32340-0.
- [3] BPJS Ketenagakerjaan, “BPJS Ketenagakerjaan,” Bpjs Ketenagakerjaan. Accessed: Feb. 10, 2025. [Online]. Available: <https://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/berita/28681/Kecelakaan-Kerja-Makin-Marak-dalam-Lima-Tahun-Terakhir>
- [4] Kemnaker, “Kecelakaan Kerja Tahun 2023,” 2024. [Online]. Available: <https://satudata.kemnaker.go.id/data/kumpulan-data/1728>
- [5] T. Ohno, *Toyota Production System*. 1988. doi: 10.4135/9781483346366.n224.
- [6] O. Karhu, P. Kansil, and I. Kuorinka, “Correcting working postures in industry: A practical method for analysis,” *Appl. Ergon.*, vol. 8, no. 4, pp. 199–201, 1977, doi: 10.1016/0003-6870(77)90164-8.
- [7] M. Antika, A. Kohar, and H. Boesono, “Analisis Kelayakan Finansial Usaha Perikanan Tangkap Dogol Di Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Ujung Batu Jepara,” *Manag. Aquat. Resour. J.*, vol. 3, no. 3, pp. 200–207, 2014, doi: 10.14710/marj.v5i4.14657.
- [8] U. Simson, E. Azriadi, and Y. Yusnira, “Rancang Bangun Roller Conveyor Adjustable dengan Metode Banchmarking,” *J. Tek. Ind. Terintegrasi*, vol. 6, no. 1, pp. 209–217, 2023, doi: 10.31004/jutin.v6i1.12335.
- [9] M. Hafizil, M. Yasin, I. Arniza, M. Maidin, and M. H. Hamsah, “Design and Development of Flexible Conveyor Trash Collector,” *J. Eng. Soc. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–43, 2021.
- [10] Z. Darmawan, R. Himawan, E. Y. Arifianto, Fakhriyudha, and W. Achzan, “Perancang-Flexible-Roller-Conveyor-Sebagai-Material-Handling-Device-yang-Ramah-Energi,” 2015.
- [11] B. Chaniago, S. Sufiyanto, and L. Trisyathia Quentara, “Application of Rapid Upper Limb Assessment (RULA) for Designing a Lab-scale Flexible Conveyor,” *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 86–94, 2021, doi: 10.21063/jtm.2021.v11.i1.86-94.