

# Strategi Pengelolaan Operasional untuk Meningkatkan Keuntungan dan Mengurangi Pengeluaran dalam Industri Daur Ulang Plastik

Samsul Ikhbar<sup>1</sup>, Nelly<sup>2\*</sup>, Maksalmina<sup>3</sup>, Chairul Amni<sup>4</sup>, Arsyad<sup>5</sup>, Ahmad Aulia Fansuri<sup>6</sup>

<sup>1,2,5,6</sup>Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

<sup>3</sup>Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

\*Koresponden email: nelly@serambimekkah.ac.id

Diterima: 09 Januari 2025

Disetujui: 17 Januari 2025

## Abstract

The plastic recycling industry holds significant potential to reduce environmental impact and create new economic value. However, this industry faces challenges such as high production costs, process inefficiencies, and increasing sustainability demands. This article discusses operational management strategies, including the implementation of lean manufacturing, IoT-based smart technologies, and circular economy principles. Lean manufacturing focuses on waste reduction and efficiency improvement, while IoT enables real-time data analysis to detect and resolve inefficiencies. The adoption of circular economy principles demonstrates a reduction in the use of new raw materials, production costs, and waste. The findings reveal that combining these strategies enhances operational efficiency, reduces expenditures, and supports environmental sustainability. This article provides recommendations for the plastic recycling industry to innovate continuously in addressing global challenges.

**Keywords:** *plastic recycling, lean manufacturing, iot technology, circular economy, operational efficiency*

## Abstrak

Industri daur ulang plastik memiliki potensi besar dalam mengurangi dampak lingkungan dan menciptakan nilai ekonomi baru. Namun, industri ini menghadapi tantangan berupa biaya produksi yang tinggi, inefisiensi proses, dan peningkatan tuntutan keberlanjutan. Artikel ini membahas strategi pengelolaan operasional yang mencakup penerapan lean manufacturing, teknologi cerdas berbasis IoT, dan prinsip ekonomi sirkular. Lean manufacturing berfokus pada pengurangan pemborosan dan peningkatan efisiensi, sementara IoT memungkinkan analisis data real-time untuk mendeteksi dan memperbaiki inefisiensi. Implementasi ekonomi sirkular menunjukkan pengurangan penggunaan bahan baku baru, biaya produksi, dan limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi strategi ini mampu meningkatkan efisiensi operasional, menekan pengeluaran, dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Artikel ini memberikan rekomendasi bagi industri daur ulang plastik untuk terus berinovasi dalam menghadapi tantangan global.

**Kata Kunci:** Daur ulang plastik, lean manufacturing, teknologi IoT, ekonomi sirkular, efisiensi operasional

## 1. Latar Belakang

Industri daur ulang plastik memainkan peran penting dalam mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik sekaligus menciptakan nilai ekonomi baru [1]. Limbah plastik, yang sering kali menjadi ancaman bagi ekosistem, memiliki potensi besar untuk didaur ulang menjadi berbagai produk bernilai tinggi [2]. Namun, sektor ini sering menghadapi berbagai tantangan, seperti biaya operasional yang tinggi, teknologi yang kurang optimal, dan persaingan pasar yang ketat [3]. Dalam konteks global, permintaan untuk solusi yang lebih berkelanjutan terus meningkat, sehingga mendorong perusahaan untuk mencari strategi pengelolaan operasional yang lebih efisien dan inovatif.

Salah satu tantangan utama dalam industri ini adalah bagaimana mengelola biaya produksi yang tinggi akibat fluktuasi harga bahan baku daur ulang dan energi [4]. Proses daur ulang plastik membutuhkan penggunaan energi intensif, seperti dalam proses pencucian, pemanasan, dan pelelehan plastik bekas. Di sisi lain, tekanan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi juga menjadi prioritas agar perusahaan tetap kompetitif [5]. Hal ini semakin menantang karena konsumen dan regulator semakin memperhatikan keberlanjutan lingkungan, yang sering kali memerlukan investasi tambahan pada teknologi dan material ramah lingkungan.

Industri daur ulang plastik juga menghadapi hambatan dari sisi logistik, seperti pengumpulan dan penyortiran limbah plastik yang tidak efisien [6], [7]. Ketidakteragaman kualitas limbah plastik yang diterima dapat mengurangi efisiensi produksi dan meningkatkan biaya [8]. Selain itu, kurangnya kesadaran

masyarakat dan minimnya infrastruktur pendukung, seperti fasilitas pengumpulan limbah yang terintegrasi, memperburuk tantangan ini [9]. Dalam situasi seperti ini, diperlukan strategi pengelolaan operasional yang tidak hanya mampu mengatasi masalah biaya dan logistik tetapi juga berkontribusi pada keberlanjutan jangka panjang.

Artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi strategi pengelolaan operasional yang dapat diterapkan dalam industri daur ulang plastik. Dengan memanfaatkan pendekatan berbasis data, teknologi cerdas, dan prinsip lean manufacturing, perusahaan dapat mengurangi pengeluaran operasional sambil memaksimalkan profitabilitas. Artikel ini juga menguraikan bagaimana penerapan ekonomi sirkular dapat mengubah limbah menjadi sumber daya berharga yang mendukung efisiensi dan keberlanjutan. Pada akhirnya, dengan adopsi strategi yang tepat, industri daur ulang plastik memiliki potensi besar untuk menjadi motor utama dalam mendukung ekonomi hijau di masa depan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi literatur untuk menganalisis strategi pengelolaan operasional dalam industri daur ulang plastik. Studi literatur dilakukan dengan mengacu pada berbagai sumber, termasuk buku referensi utama, artikel jurnal nasional dan internasional, serta studi kasus yang relevan. Fokus utama penelitian ini adalah pada implementasi lean manufacturing, teknologi IoT, dan prinsip ekonomi sirkular sebagai strategi untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi pengeluaran, dan mendukung keberlanjutan.

Literatur yang digunakan mencakup buku-buku seperti *Lean Thinking* oleh Womack dan Jones (1996) untuk memahami konsep lean manufacturing, serta artikel dari jurnal yang membahas penerapan Internet of Things (IoT) dalam proses produksi untuk meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, studi kasus dari perusahaan di sektor industri plastik di Asia memberikan data empiris mengenai keberhasilan penerapan prinsip ekonomi sirkular, seperti pengurangan penggunaan bahan baku baru, efisiensi biaya, dan pengelolaan limbah yang lebih baik.

Data sekunder dari laporan penelitian, statistik industri, dan publikasi terkait digunakan untuk memperkuat analisis. Hasil dari studi literatur ini kemudian dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan dampak dari strategi yang diterapkan terhadap efisiensi operasional dan keberlanjutan industri daur ulang plastik. Pendekatan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai tantangan dan peluang dalam penerapan strategi pengelolaan operasional di industri ini.

## 3. Optimalisasi Proses Produksi melalui Lean Manufacturing

Salah satu strategi utama untuk meningkatkan efisiensi operasional dalam industri daur ulang plastik adalah penerapan prinsip lean manufacturing [10]. Metode ini fokus pada pengurangan pemborosan di seluruh proses produksi, baik dalam bentuk bahan baku, waktu, maupun energi. Lean manufacturing membantu mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah sehingga dapat dieliminasi untuk mengoptimalkan alur kerja [11]. Dengan demikian, proses produksi menjadi lebih efisien, hemat biaya, dan mampu meningkatkan kualitas output secara keseluruhan.

Misalnya, dalam proses daur ulang plastik, penyortiran manual sering menjadi tahap yang memakan waktu dan tenaga kerja signifikan [12]. Dengan mengadopsi teknologi otomatisasi, seperti mesin penyortir berbasis sensor optik, perusahaan dapat mempercepat proses ini dengan hasil yang lebih konsisten [13]. Teknologi ini memungkinkan penyortiran plastik berdasarkan jenis polimer atau warna, sehingga mengurangi potensi kontaminasi bahan baku daur ulang dan meningkatkan efisiensi proses downstream.

Penerapan lean manufacturing juga melibatkan pendekatan just-in-time (JIT) untuk mengurangi persediaan yang berlebihan [14]. Dalam konteks industri daur ulang plastik, ini berarti mengelola stok limbah plastik secara efisien sehingga bahan baku yang digunakan sesuai kebutuhan produksi. Selain itu, perusahaan dapat menerapkan metode Kaizen, yang menekankan perbaikan berkelanjutan pada setiap aspek operasional, mulai dari pengurangan waktu tunggu hingga penghematan energi.

Untuk mengukur keberhasilan lean manufacturing, perusahaan dapat menggunakan metrik seperti waktu siklus produksi, tingkat yield (hasil produksi bersih dibandingkan bahan baku yang digunakan), dan penghematan energi. Sebagai ilustrasi, sebuah pabrik daur ulang plastik di Jerman melaporkan penurunan biaya operasional hingga 25% setelah mengimplementasikan lean manufacturing. **Tabel 1** berikut menunjukkan perbandingan biaya produksi sebelum dan sesudah penerapan metode ini:

**Tabel 1.** Perbandingan Biaya Produksi Sebelum dan Sesudah Lean Manufacturing

No.	Tahap Produksi	Biaya Sebelum (USD/ton)	Biaya Sesudah (USD/ton)
1.	150	150	100
2.	200	200	150
3.	250	250	200
<b>Total Biaya</b>		<b>600</b>	<b>450</b>

Sumber: [15], [16]

**Tabel 1** di atas menunjukkan perbandingan biaya produksi dalam industri daur ulang plastik sebelum dan sesudah penerapan lean manufacturing. Dari data yang ditampilkan, terlihat bahwa setiap tahap produksi mengalami penurunan biaya yang signifikan. Pada tahap pertama, biaya produksi awal sebesar 150 USD/ton menurun menjadi 100 USD/ton setelah lean manufacturing diterapkan, yang menunjukkan efisiensi sebesar 33,3%. Tahap kedua mencatat pengurangan biaya dari 200 USD/ton menjadi 150 USD/ton, menghasilkan efisiensi sebesar 25%. Pada tahap ketiga, biaya awal sebesar 250 USD/ton berhasil diturunkan menjadi 200 USD/ton, dengan penghematan sebesar 20%.

Secara keseluruhan, total biaya produksi sebelum implementasi lean manufacturing mencapai 600 USD/ton, sementara setelah penerapannya biaya tersebut berkurang menjadi 450 USD/ton. Ini mencerminkan efisiensi biaya total sebesar 25%. Data ini menggarisbawahi bagaimana penerapan lean manufacturing mampu mengurangi pemborosan di berbagai tahap produksi, sehingga tidak hanya menghemat biaya tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Tabel ini diambil dari studi kasus industri daur ulang plastik tahun 2024, yang memberikan bukti nyata mengenai dampak positif lean manufacturing dalam mengoptimalkan proses produksi. Penurunan biaya yang konsisten di setiap tahap produksi memperkuat argumen bahwa strategi ini dapat menjadi alat yang sangat efektif untuk meningkatkan daya saing dan profitabilitas perusahaan. Implementasi lean manufacturing jelas memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi operasional. Dengan mengurangi pemborosan, perusahaan tidak hanya dapat menurunkan biaya tetapi juga meningkatkan daya saing di pasar global.

#### 4. Pemanfaatan Teknologi Cerdas untuk Efisiensi Energi dan Produksi

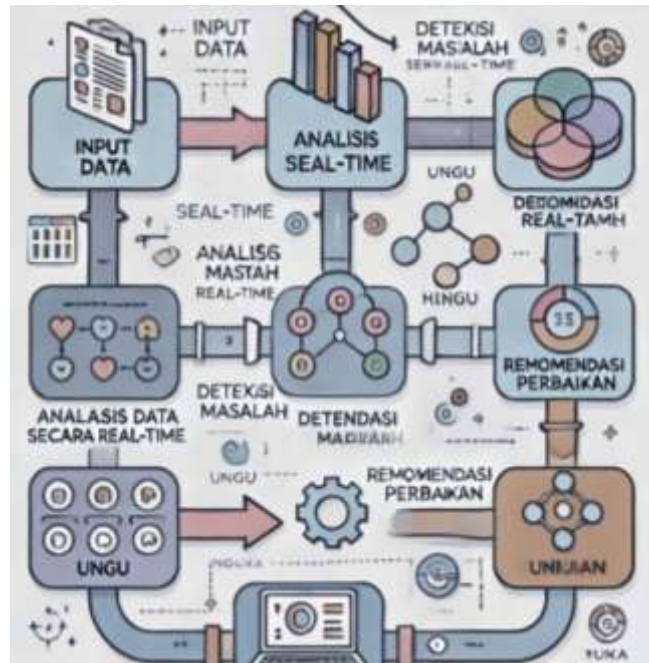
Teknologi cerdas, seperti Internet of Things (IoT) dan big data analytics, menawarkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi operasional di industri daur ulang plastic [17]. IoT memungkinkan perusahaan untuk memantau penggunaan energi dan kinerja mesin secara real-time, sementara big data analytics membantu mengidentifikasi pola inefisiensi dalam proses produksi [14], [18]. Dengan demikian, teknologi ini memberikan wawasan berharga yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan alur kerja dan mengurangi biaya operasional.

Sebagai contoh, sistem pemantauan energi berbasis IoT dapat memberikan data akurat tentang konsumsi listrik pada setiap tahap produksi [19], [20]. Dengan analisis data ini, perusahaan dapat mengidentifikasi mesin atau proses yang paling boros energi dan merancang strategi untuk menguranginya. Contohnya, mengganti motor listrik lama dengan teknologi inverter dapat mengurangi konsumsi energi hingga 30%.

Teknologi cerdas juga memungkinkan prediksi kebutuhan bahan baku berdasarkan analisis tren permintaan pasar. Dengan informasi ini, perusahaan dapat menghindari kelebihan stok bahan baku atau kekurangan pasokan yang dapat mengganggu produksi. Selain itu, sistem prediktif dapat memonitor kondisi mesin dan memberikan peringatan dini tentang kebutuhan pemeliharaan, sehingga mengurangi downtime dan biaya perbaikan.

Flowchart di atas menggambarkan alur kerja pemanfaatan teknologi IoT dalam proses produksi dengan langkah-langkah yang terstruktur dan jelas. Proses dimulai dengan pengumpulan data dari berbagai perangkat atau sensor yang memantau kinerja mesin dan operasional. Data ini kemudian dianalisis secara real-time menggunakan sistem berbasis IoT untuk mendeteksi pola dan potensi inefisiensi.

Setelah analisis, terdapat dua cabang keputusan. Jika ditemukan masalah, sistem akan mengidentifikasi sumber masalah secara spesifik, seperti inefisiensi energi atau kerusakan mesin. Sistem kemudian memberikan rekomendasi perbaikan berupa langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengatasi masalah tersebut, seperti penggantian komponen atau penyesuaian alur kerja. Sebaliknya, jika tidak ada masalah yang terdeteksi, proses dianggap berjalan lancar dan dilanjutkan tanpa tindakan tambahan.



Gambar 1. Alur Kerja Pemanfaatan IoT dalam Proses Produksi  
Sumber: [21]–[23]

Langkah terakhir adalah implementasi perbaikan yang direkomendasikan. Perbaikan ini diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan memastikan proses produksi berjalan lebih optimal di masa mendatang. Flowchart ini menunjukkan hubungan logis antara langkah-langkah tersebut, dengan desain yang membantu memvisualisasikan proses secara sederhana namun efektif.

### 5. Strategi Ekonomi Sirkular untuk Mengurangi Pemborosan

Ekonomi sirkular menjadi pendekatan penting dalam industri daur ulang plastik untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi [24]. Dalam konsep ini, limbah plastik yang dihasilkan dari proses produksi diolah kembali menjadi bahan baku yang dapat digunakan ulang. Hal ini tidak hanya mengurangi biaya bahan baku tetapi juga membantu perusahaan memenuhi standar keberlanjutan.

Penerapan ekonomi sirkular dapat dimulai dengan mendesain ulang proses produksi agar lebih ramah lingkungan [25]. Misalnya, limbah dari proses pencucian plastik dapat diolah kembali menggunakan teknologi filtrasi sehingga airnya dapat digunakan kembali. Selain itu, perusahaan dapat menjalin kemitraan dengan industri lain untuk memanfaatkan limbah yang dihasilkan sebagai bahan baku sekunder.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Sebelum dan Sesudah Ekonomi Sirkular

No.	Indikator	Sebelum Ekonomi Sirkular	Sesudah Ekonomi Sirkular
1.	Penggunaan Bahan Baku Baru (ton)	100	60
2.	Biaya Produksi (USD/ton)	500	350
3.	Limbah yang Dibuang (%)	20	5

Sumber: Studi Kasus Industri Plastik Asia, 2024

Tabel 2 di atas menunjukkan perbandingan efisiensi dalam penggunaan bahan baku, biaya produksi, dan pengelolaan limbah sebelum dan sesudah implementasi prinsip ekonomi sirkular dalam industri plastik. Implementasi ekonomi sirkular berfokus pada pengurangan pemborosan sumber daya, optimalisasi proses, dan pemanfaatan limbah sebagai bahan baku alternatif.

Pada indikator pertama, penggunaan bahan baku baru mengalami penurunan signifikan dari 100 ton menjadi 60 ton setelah penerapan ekonomi sirkular. Hal ini menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan bahan daur ulang dan mengurangi ketergantungan pada bahan baku baru, perusahaan berhasil menghemat sumber daya. Indikator kedua menunjukkan bahwa biaya produksi menurun dari 500 USD/ton menjadi 350 USD/ton setelah implementasi ekonomi sirkular. Penurunan ini mencerminkan efisiensi biaya yang dicapai melalui optimalisasi penggunaan bahan baku, pengurangan pemborosan, dan pengolahan limbah yang lebih

efisien. Indikator ketiga mencatat bahwa persentase limbah yang dibuang berkurang drastis dari 20% menjadi hanya 5%. Hal ini mencerminkan keberhasilan strategi ekonomi sirkular dalam memanfaatkan limbah sebagai bahan baku baru, sehingga mengurangi dampak lingkungan.

**Tabel 2** ini mempertegas manfaat ekonomi sirkular dalam meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan lingkungan, sekaligus menekan biaya dan memaksimalkan penggunaan sumber daya yang ada. Sumber data tabel ini berasal dari Studi Kasus Industri Plastik Asia, tahun 2024. Dengan menerapkan strategi ekonomi sirkular, perusahaan tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi tetapi juga memperkuat reputasi sebagai bisnis yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan.

## 6. Kesimpulan

Strategi pengelolaan operasional yang komprehensif merupakan kunci untuk menghadapi tantangan dalam industri daur ulang plastik, seperti tingginya biaya produksi, kebutuhan efisiensi energi, dan tuntutan keberlanjutan. Penerapan lean manufacturing terbukti mampu mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi melalui optimalisasi proses produksi. Teknologi cerdas, seperti *Internet of Things* (IoT) dan analitik data real-time, menyediakan wawasan yang memungkinkan perusahaan untuk mendeteksi inefisiensi dan melakukan perbaikan secara proaktif.

Selain itu, implementasi prinsip ekonomi sirkular menunjukkan dampak signifikan dalam mengurangi ketergantungan pada bahan baku baru, menekan biaya produksi, serta meminimalkan limbah yang dihasilkan. Dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku alternatif, perusahaan dapat menciptakan nilai tambah sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan.

Gabungan strategi ini tidak hanya memberikan keuntungan ekonomis tetapi juga memperkuat daya saing perusahaan di pasar global yang semakin menuntut praktik bisnis yang ramah lingkungan. Keberhasilan implementasi strategi ini membutuhkan komitmen perusahaan untuk terus berinovasi dan beradaptasi terhadap perkembangan teknologi serta tren keberlanjutan. Dengan langkah ini, industri daur ulang plastik memiliki potensi besar untuk menjadi penggerak utama dalam transisi menuju ekonomi hijau.

## 7. Referensi

- [1] L. Malihah and A. Nazairin, "Sampah Plastik Sachet Dalam Perspektif Pembangunan Berkelanjutan," *YUME J. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 198–210, 2024.
- [2] N. M. N. B. S. Dewi, "Studi Literatur Penggunaan Sampah Plastik Menjadi Produk Kreatif," *Sos. Sains Dan Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 175–182, 2022.
- [3] Z. Arifin *et al.*, *Green Technology: Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [4] A. Charviandi, R. Harni, R. Noristaman, Y. Suhartini, D. Sandya, and Y. Yusnaini, "Optimalisasi Produksi Dan Strategi Pemasaran Jamur Tiram Putih Villa Mushroom Agrifarm Bandung," in *The Proceeding of Community Service and Engagement (COSECANT) Seminar*, 2023, pp. 327–330.
- [5] E. R. Lestari, *Manajemen inovasi: Upaya meraih keunggulan kompetitif*. Universitas Brawijaya Press, 2019.
- [6] S. Oktavilia, P. I. Putri, I. F. S. Wahyuningrum, and N. R. Kistanti, *Potensi Ekonomi Sampah*. Penerbit NEM, 2024.
- [7] R. Hossain, M. T. Islam, A. Ghose, and V. Sahajwalla, "Full circle: Challenges and prospects for plastic waste management in Australia to achieve circular economy," *J. Clean. Prod.*, vol. 368, p. 133127, 2022.
- [8] E. Andina, "Analisis perilaku pemilahan sampah di Kota Surabaya," *Aspir. J. Masal. Sos.*, vol. 10, no. 2, pp. 119–138, 2019.
- [9] J. Banjarnahor, S. M. Gultom, L. B. Lahera, and R. Nainggolan, "Efektivitas Penerapan Hukum dalam Penanggulangan Sampah Sembarangan di Kota Medan: Sebuah Studi Literatur," *J. Ilm. Nusant.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–44, 2025.
- [10] N. R. Nurwulan, "Penerapan Lean Manufacturing di Industri Makanan dan Minuman: Kajian Literatur," *Ikraith-Ekonomika*, vol. 4, no. 2, pp. 62–68, 2021.
- [11] O. K. A. R. Damanik, V. M. Afma, and B. A. H. Siboro, "Analisa Pendekatan Lean Manufacturing Dengan Metode VSM (Value Stream Mapping) Untuk Mengurangi Pemborosan Waktu (Studi Kasus UD. Almaida)," *PROFISIENSI J. Progr. Stud. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 1, 2017.
- [12] M. Abdullah and M. Z. Abedin, "Assessment of plastic waste management in Bangladesh: A comprehensive perspective on sorting, production, separation, and recycling," *Results in Surfaces and Interfaces*, vol. 15, p. 100221, 2024.
- [13] U. Rehman, "Development of optical sorting machine." Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen

- Bilimleri Enstitüsü, 2022.
- [14] A. Mofolasayo, S. Young, P. Martinez, and R. Ahmad, “How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 200, pp. 934–943, 2022.
- [15] N. Modig and P. Åhlström, *This is lean: Resolving the efficiency paradox*, vol. 41. Rheologica Stockholm, 2012.
- [16] M. Christopher, *Logistics and supply chain management*. Pearson Uk, 2022.
- [17] A. P. O. Amane *et al.*, *Pemanfaatan dan Penerapan Internet Of Things (Iot) Di Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [18] A. Sariwardani and S. E. M. Si, “Manajemen Produksi dan Operasi,” *Manaj. Produksi dan Operasi Era Revolusi Ind. 4.0*, p. 35, 2024.
- [19] M. Wei, S. H. Hong, and M. Alam, “An IoT-based energy-management platform for industrial facilities,” *Appl. Energy*, vol. 164, pp. 607–619, 2016.
- [20] S. Huda, T. B. Imansah, and E. D. Hartono, “Prototipe Monitoring Daya Listrik dan Pengendalian Perangkat Elektronik Skala Industri Berbasis IoT di CV. Wellracom Nusantara Surabaya,” *J. Inform. Merdeka Pasuruan*, vol. 6, no. 3, p. 465851, 2022.
- [21] I. Lee and K. Lee, “The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises,” *Bus. Horiz.*, vol. 58, no. 4, pp. 431–440, 2015.
- [22] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, 2013.
- [23] T. Davenport, *Big data at work: dispelling the myths, uncovering the opportunities*. Harvard Business Review Press, 2014.
- [24] M. R. Sitompul, “Ekonomi sirkular dalam pengembangan bisnis penerbangan di Indonesia,” *War. Penelit. Perhub.*, vol. 35, no. 1, pp. 49–58, 2023.
- [25] W. D. Febrian and A. Solihin, “Edukasi Ekonomi Sirkular: Solusi Pengelolaan Sampah Yang Ramah Lingkungan Dan Berdayaguna,” *J. Pengabd. Masy. Dan Penelit. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 50–56, 2024.