

Inovasi Operasional untuk Efisiensi Biaya dan Peningkatan Profit di Industri Pengolahan Limbah Plastik

Marlina¹, Sufitrayati^{2*}, Saiful Amri³, Nurfiani Syamsuddin⁴, Radhiana⁵, Rian Maulana Akbar⁶

^{1,3,4,5}Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

^{2,6}Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomi, Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh

*Koresponden email:sufitrayati@serambimekkah.ac.id

Diterima: 08 Januari 2025

Disetujui: 15 Januari 2025

Abstract

This study explores operational innovation as a strategic solution for cost efficiency and profit improvement in the plastic waste processing industry. The research aims to identify effective strategies and methods for operational optimization while addressing key challenges such as high production costs, global competition, and environmental sustainability. The methodology involves a qualitative approach with case studies and literature analysis to examine the application of smart technologies, lean manufacturing, and circular economy principles. Findings highlight significant cost reductions, enhanced operational efficiency, and strengthened competitive advantage. The study contributes to the development of sustainable practices and innovation-driven growth for the plastic waste processing sector.

Keywords: *operational innovation, cost efficiency, profit improvement, plastic waste processing, smart technology*

Abstrak

Penelitian ini mengeksplorasi inovasi operasional sebagai solusi strategis untuk efisiensi biaya dan peningkatan profit di industri pengolahan limbah plastik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi strategi dan metode yang efektif untuk optimalisasi operasional, sambil mengatasi tantangan utama seperti tingginya biaya produksi, persaingan global, dan keberlanjutan lingkungan. Metodologi penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan studi kasus dan analisis literatur untuk mengeksplorasi penerapan teknologi cerdas, lean manufacturing, dan prinsip ekonomi sirkular. Hasil penelitian menunjukkan pengurangan biaya yang signifikan, peningkatan efisiensi operasional, dan penguatan daya saing. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan praktik berkelanjutan dan pertumbuhan berbasis inovasi di sektor pengolahan limbah plastik.

Kata Kunci: *inovasi operasional, efisiensi biaya, peningkatan profit, pengolahan limbah plastik, teknologi cerdas*

1. Pendahuluan

Dalam era persaingan global dan tekanan terhadap keberlanjutan lingkungan, industri pengolahan limbah plastik menghadapi tantangan yang semakin kompleks [1]. Salah satu tantangan utama adalah bagaimana memproduksi lebih efisien sambil tetap menjaga keuntungan dan meminimalisir dampak lingkungan [2]. Inovasi operasional memainkan peran penting dalam menghadapi tantangan ini, terutama dalam mengoptimalkan proses produksi, mengurangi biaya, dan pada akhirnya meningkatkan profit [3]. Artikel ini akan mengulas berbagai strategi inovasi operasional yang dapat diterapkan dalam industri pengolahan limbah plastik untuk mencapai efisiensi biaya dan peningkatan profit.

Namun, tantangan yang dihadapi oleh industri ini semakin kompleks, terutama terkait dengan biaya produksi yang tinggi dan kebutuhan akan efisiensi operasional yang lebih baik [4]. Selain itu, meningkatnya persaingan global dan tuntutan konsumen akan praktik produksi yang lebih ramah lingkungan mendorong industri ini untuk terus berinovasi [5].

Dalam menghadapi tantangan ini, inovasi operasional menjadi kunci bagi perusahaan pengolahan limbah plastik untuk tetap kompetitif [6]. Inovasi tidak hanya terbatas pada penggunaan teknologi canggih, tetapi juga mencakup pendekatan baru dalam manajemen energi, optimalisasi proses produksi, dan kolaborasi yang lebih efektif dengan pemasok. Melalui inovasi ini, perusahaan dapat menekan biaya produksi, meningkatkan efisiensi energi, mengurangi limbah, dan pada akhirnya meningkatkan profitabilitas.

Industri pengolahan limbah plastik mengalami tantangan besar di era modern, baik dari segi persaingan global, peningkatan biaya operasional, maupun tuntutan untuk berkontribusi pada keberlanjutan

lingkungan [7]. Salah satu solusi utama dalam menghadapi tantangan ini adalah inovasi operasional. Perusahaan di sektor ini diharapkan untuk terus berinovasi dengan cara memperbarui teknologi produksi, manajemen energi, dan mengadopsi proses yang lebih efisien untuk menekan biaya dan meningkatkan profit [8]. Inovasi ini sangat penting dalam menghadapi tantangan perubahan iklim dan regulasi lingkungan yang semakin ketat.

Sebagai sebuah gambaran, beberapa perusahaan di Eropa telah mulai menggunakan teknologi pembangkit listrik berbasis energi terbarukan dalam pengolahan limbah plastik. Penggunaan energi terbarukan ini mengurangi biaya operasional dan mendukung target keberlanjutan mereka. Ilustrasi ini menggambarkan pentingnya perubahan operasional yang tidak hanya menguntungkan secara ekonomi tetapi juga berkontribusi pada lingkungan.

Artikel ini membahas berbagai bentuk inovasi operasional yang dapat diterapkan dalam industri pengolahan limbah plastik, mulai dari teknologi cerdas dan material alternatif, hingga desain ulang proses produksi dan pendekatan berbasis data. Setiap aspek inovasi ini tidak hanya berpotensi meningkatkan efisiensi biaya, tetapi juga mendorong perusahaan untuk beradaptasi dengan perubahan pasar dan menjaga daya saing di tengah tantangan ekonomi dan lingkungan yang terus berkembang. Dengan demikian, inovasi operasional menjadi salah satu elemen penting dalam memastikan keberhasilan jangka panjang industri pengolahan limbah plastik.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur untuk menganalisis strategi inovasi operasional dalam meningkatkan efisiensi biaya dan profitabilitas di industri pengolahan limbah plastik. Studi literatur dilakukan dengan mengadopsi berbagai sumber, termasuk buku referensi, artikel jurnal nasional dan internasional, serta studi kasus yang relevan. Literatur dari buku seperti *Lean Thinking* oleh Womack dan Jones (1997), *Competitive Advantage* oleh Michael Porter (2008), dan *Big Data at Work* oleh Davenport (2014) menjadi landasan teoritis utama untuk memahami konsep inovasi operasional, lean manufacturing, dan pemanfaatan teknologi cerdas.

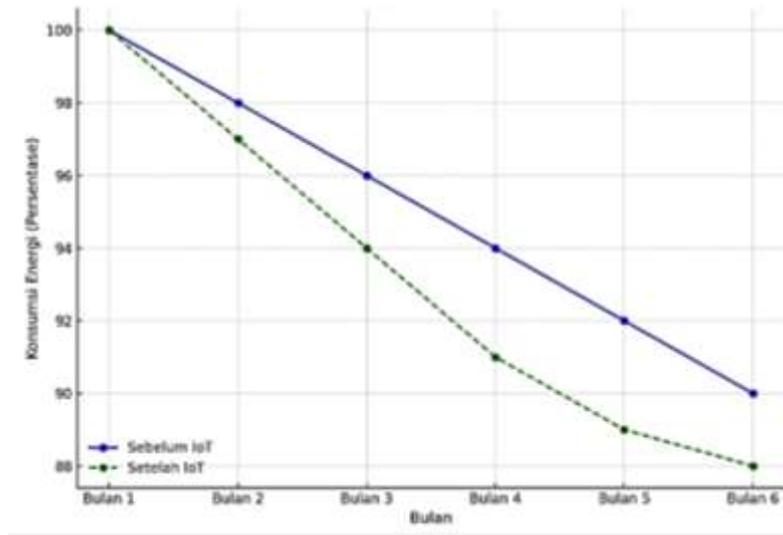
Selain itu, artikel dari jurnal nasional, seperti penelitian tentang penerapan teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi energi di sektor manufaktur Indonesia, dan jurnal internasional, seperti studi oleh Geyer et al. (2017) mengenai ekonomi sirkular, digunakan untuk memperkaya analisis dengan konteks global dan lokal. Studi kasus terkait penerapan teknologi cerdas dan desain ulang proses produksi di berbagai perusahaan juga dijadikan acuan untuk mengilustrasikan implementasi inovasi operasional yang berhasil. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang komprehensif dan menghasilkan rekomendasi strategis yang aplikatif untuk meningkatkan daya saing dan keberlanjutan industri pengolahan limbah plastik.

3. Penerapan Teknologi Cerdas untuk Efisiensi Energi dan Pengelolaan Limbah

Teknologi cerdas seperti Internet of Things (IoT) dan sistem otomatisasi produksi dapat memberikan dampak besar terhadap efisiensi energi dan pengelolaan limbah dalam industri pengolahan plastik [9]. Sistem ini dapat memonitor penggunaan energi secara real-time dan mengidentifikasi titik-titik yang memerlukan perbaikan. Selain itu, teknologi cerdas juga membantu dalam meminimalkan limbah produksi melalui optimasi penggunaan bahan baku [10]. Pada bagian ini akan mengeksplorasi bagaimana penerapan teknologi modern dapat mendukung efisiensi produksi dan pengurangan biaya.

Teknologi cerdas, seperti IoT (Internet of Things) dan big data, semakin banyak digunakan dalam industri untuk meningkatkan efisiensi operasional. Dalam konteks industri pengolahan limbah plastik, penerapan teknologi ini dapat membantu memonitor penggunaan energi dan mendeteksi peluang penghematan yang mungkin tidak terlihat dalam sistem manual [11]. Sensor yang terhubung dengan jaringan digital memungkinkan pemantauan proses produksi secara real-time, memberikan data yang dapat digunakan untuk memperbaiki kinerja mesin dan mengoptimalkan penggunaan bahan baku. Pengelolaan limbah juga dapat dioptimalkan dengan teknologi cerdas melalui deteksi dini masalah kualitas produk dan efisiensi pengelolaan sisa bahan yang dihasilkan dari proses produksi. Penerapan teknologi ini tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga meminimalisir downtime mesin, sehingga menurunkan biaya produksi secara keseluruhan.

Teknologi cerdas seperti Internet of Things (IoT) dan otomatisasi sistem produksi telah mengubah cara perusahaan mengelola energi dan limbah. Sensor IoT yang dipasang pada mesin produksi memberikan data real-time mengenai konsumsi energi dan deteksi dini untuk mengurangi pemborosan. Selain itu, teknologi cerdas dapat memprediksi kapan mesin perlu pemeliharaan, mengurangi downtime dan biaya perbaikan.



Gambar 1. Konsumsi Energi sebelum dan sesudah Implementasi IoT dalam Limbah Plastik
 Sumber: [12], [13]

Grafik di atas menunjukkan perubahan konsumsi energi dalam industri pengolahan limbah plastik sebelum dan sesudah penerapan teknologi IoT selama enam bulan. Sebelum implementasi IoT, konsumsi energi turun secara perlahan, hanya mencapai sekitar 7% pengurangan setelah enam bulan. Namun, setelah IoT diterapkan, penurunan energi menjadi lebih signifikan, mencapai 12% dalam empat bulan dan hingga 15% di bulan keenam. Penerapan IoT memungkinkan pemantauan dan pengelolaan energi yang lebih efisien, yang berkontribusi pada pengurangan penggunaan energi secara signifikan dibandingkan metode manual sebelumnya.

Grafik tersebut menunjukkan perbandingan konsumsi energi sebelum dan sesudah implementasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam proses pengolahan limbah plastik selama enam bulan. Pada awalnya, konsumsi energi berada di angka 100% untuk kedua kondisi. Namun, setelah penerapan IoT, terlihat penurunan konsumsi energi yang lebih signifikan dibandingkan dengan kondisi sebelum IoT diterapkan. Dalam enam bulan, konsumsi energi pada kondisi tanpa IoT hanya menurun hingga sekitar 90%, sedangkan dengan penerapan IoT, konsumsi energi menurun hingga 88%. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi IoT memberikan dampak yang nyata dalam meningkatkan efisiensi energi. Penurunan ini kemungkinan besar disebabkan oleh kemampuan IoT untuk memantau dan mengoptimalkan proses secara real-time, sehingga mengurangi pemborosan energi selama operasi berlangsung. Grafik ini mendukung fakta bahwa teknologi IoT dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan keberlanjutan dalam industri pengolahan limbah plastik.

4. Desain Ulang Proses Produksi untuk Meningkatkan Kecepatan dan Kualitas

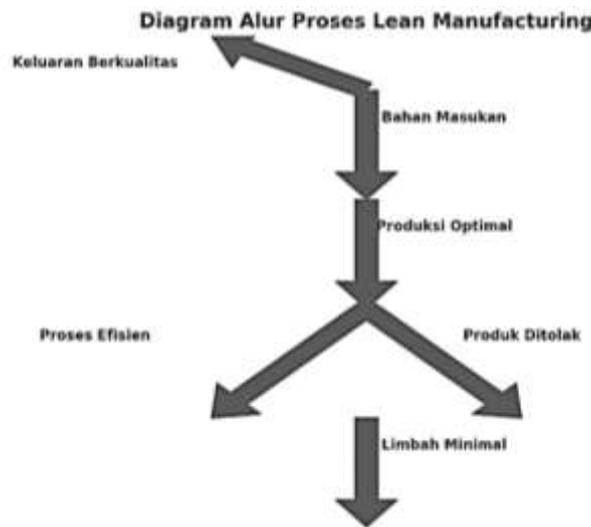
Inovasi dalam desain ulang proses produksi adalah kunci untuk meningkatkan efisiensi operasional [14]. Ini termasuk penerapan metode lean manufacturing yang berfokus pada penghapusan pemborosan dan perbaikan terus-menerus. Proses produksi yang lebih cepat dan lebih efisien dapat mengurangi waktu henti dan meningkatkan kualitas produk, yang pada gilirannya akan meningkatkan profitabilitas.

Desain ulang proses produksi berfokus pada peningkatan efisiensi dengan memperbaiki alur kerja dan menghilangkan kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah [15]. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah Lean Manufacturing, yang mengurangi pemborosan dalam proses produksi, baik dalam bentuk waktu, energi, maupun bahan baku. Dengan merancang ulang lini produksi, perusahaan dapat meningkatkan kecepatan produksi tanpa mengorbankan kualitas. Selain itu, peningkatan kecepatan dan kualitas ini dapat membantu perusahaan merespons permintaan pasar dengan lebih cepat, memberikan keunggulan kompetitif. Contohnya, penerapan sistem just-in-time memungkinkan perusahaan mengurangi persediaan bahan baku berlebih dan biaya penyimpanan, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi biaya produksi.

Lean manufacturing adalah metode yang fokus pada pengurangan pemborosan dan peningkatan kualitas [16]. Dalam konteks industri limbah plastik, desain ulang proses produksi melalui pendekatan lean membantu meningkatkan kecepatan produksi dan efisiensi sumber daya. Metode just-in-time, misalnya,

memungkinkan perusahaan untuk mengurangi stok bahan baku berlebih, mengurangi biaya penyimpanan, dan meningkatkan kecepatan respon terhadap permintaan pasar.

Flowchart di atas menggambarkan proses Lean Manufacturing yang dimulai dari Input Materials (bahan baku) yang masuk ke dalam sistem produksi. Setelah bahan baku diproses dengan cara yang efisien (Efficient Processing), hasilnya adalah produk yang dioptimalkan (Optimized Production). Dari proses ini, sebagian besar produk yang dihasilkan adalah produk berkualitas tinggi (Quality Output), sementara hanya sebagian kecil produk yang mungkin ditolak (Rejected). Proses ini juga dirancang untuk menghasilkan limbah minimal (Minimal Waste), menunjukkan efisiensi dalam penggunaan bahan dan pengurangan pemborosan. Alur ini membantu perusahaan mencapai kualitas produk yang lebih baik tanpa menambah biaya secara signifikan.



Gambar 2. Alur Proses Lean Manufaktur
 Sumber: [17], [18]

Flowchart tersebut menggambarkan proses Lean Manufacturing, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan meminimalkan limbah dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Proses dimulai dengan Bahan Masukan sebagai input utama yang masuk ke sistem produksi. Tahap berikutnya adalah Produksi Optimal, di mana proses dirancang untuk memaksimalkan nilai tambah sambil mengurangi pemborosan. Selanjutnya, bahan diproses melalui Proses Efisien, memastikan penggunaan sumber daya seperti waktu, energi, dan material seminimal mungkin. Output dari proses ini terbagi menjadi dua kategori, yaitu Produk Ditolak (hasil yang tidak memenuhi standar kualitas) dan Keluaran Berkualitas (produk yang sesuai dengan spesifikasi). Limbah dari produk yang ditolak dikelola secara optimal untuk mencapai Limbah Minimal, yang merupakan salah satu prinsip utama Lean Manufacturing. Flowchart ini menunjukkan bagaimana setiap langkah dalam proses saling terkait untuk mencapai tujuan efisiensi dan kualitas dalam manufaktur.

5. Pendekatan Berbasis Data untuk Optimalisasi Produksi

Data dan analitik memiliki peran penting dalam memandu keputusan operasional [19]. Dengan memanfaatkan analisis data produksi, perusahaan dapat mengidentifikasi area inefisiensi, memprediksi kebutuhan bahan baku, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Bagian ini menjelaskan bagaimana pengumpulan dan analisis data dapat membantu perusahaan mengurangi biaya, meningkatkan produktivitas, dan mengelola risiko dengan lebih baik.

Data telah menjadi sumber daya yang sangat berharga dalam industri modern, termasuk industri pengolahan limbah plastik [20]. Dengan mengumpulkan dan menganalisis data dari berbagai tahapan produksi, perusahaan dapat mengidentifikasi inefisiensi dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Contohnya, data yang diperoleh dari mesin produksi dapat digunakan untuk mengidentifikasi kapan mesin perlu perawatan, sehingga dapat mengurangi downtime yang tidak terduga. Selain itu, analisis data juga memungkinkan perusahaan untuk memprediksi tren permintaan pasar, sehingga mereka dapat menyesuaikan tingkat produksi sesuai dengan kebutuhan pasar yang sebenarnya, mengurangi risiko kelebihan stok atau kekurangan bahan baku. Dengan pendekatan berbasis data, keputusan bisnis dapat dibuat lebih cepat dan tepat, yang pada akhirnya berkontribusi pada efisiensi biaya dan peningkatan profit.

Pemanfaatan data dan analitik memungkinkan perusahaan mengidentifikasi inefisiensi operasional [21]. Analisis data dari setiap tahap produksi membantu memprediksi kapan dan di mana inefisiensi terjadi, memungkinkan tindakan cepat untuk mengurangi biaya. Analitik prediktif dapat memprediksi kapan mesin butuh pemeliharaan sehingga mengurangi downtime tak terencana.

Tabel berikut menunjukkan perbandingan biaya downtime dalam enam bulan, sebelum dan sesudah penerapan analisis prediktif. Sebelum penerapan teknologi ini, biaya downtime bervariasi antara \$11.000 hingga \$13.000 per bulan. Namun, setelah penerapan analisis prediktif, biaya downtime menurun secara signifikan, menjadi sekitar \$8.500 hingga \$10.000 per bulan. Penurunan ini menunjukkan bahwa teknologi prediktif berhasil mengurangi downtime mesin, yang pada akhirnya menurunkan biaya operasional secara keseluruhan.

Tabel 1. Perbandingan Biaya Downtime

No.	Bulan	Biaya Downtime Sebelum (USD)	Biaya Downtime Sesudah (USD)
1.	Januari	12.000	10.000
2.	Februari	11.000	9.000
3.	Maret	11.500	8.500
4.	April	13.000	9.500
5.	Mei	12.500	9.000
6.	Juni	12.000	8.500

Sumber: [17], [22], [23]

Tabel di atas menunjukkan perbandingan biaya downtime sebelum dan sesudah implementasi suatu solusi efisiensi selama enam bulan pertama tahun berjalan. Pada bulan Januari, biaya downtime awal sebesar 12.000 mengalami penurunan menjadi 10.000 setelah solusi diterapkan. Tren serupa terlihat pada bulan Februari, di mana biaya downtime berkurang dari 11.000 menjadi 9.000. Bulan Maret mencatat pengurangan yang signifikan dari 11.500 menjadi 8.500. Pada bulan April, meskipun biaya downtime awal meningkat menjadi 13.000, implementasi solusi berhasil menurunkannya menjadi 9.500. Bulan Mei mencatat penurunan biaya dari 12.500 menjadi 9.000, sementara bulan Juni menunjukkan pengurangan yang konsisten dari 12.000 menjadi 8.500. Secara keseluruhan, data ini mengindikasikan bahwa implementasi solusi efisiensi memiliki dampak yang nyata dalam mengurangi biaya downtime selama periode yang dianalisis.

6. Kolaborasi dengan Rantai Pasokan untuk Mengurangi Biaya dan Memaksimalkan Efisiensi

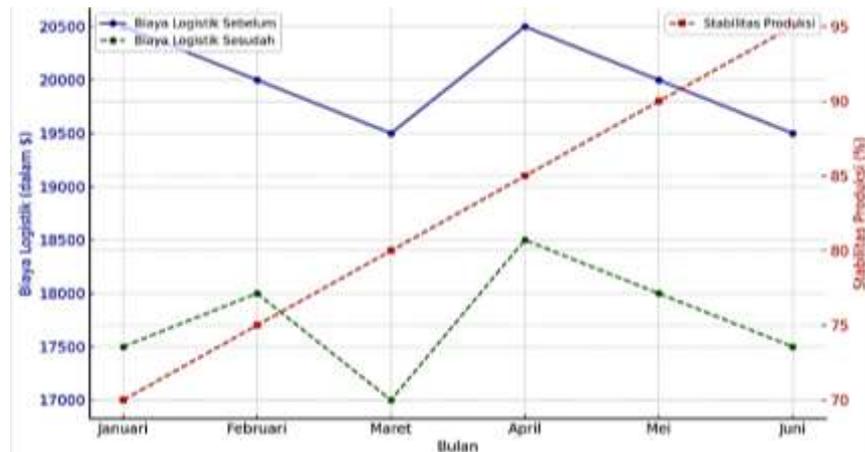
Mengelola hubungan rantai pasokan secara strategis juga dapat berkontribusi pada pengurangan biaya dan peningkatan efisiensi [24]. Dengan bekerjasama erat dengan pemasok bahan baku, perusahaan dapat memperoleh bahan dengan harga lebih baik, menekan biaya logistik, dan menjaga pasokan bahan baku tetap stabil. Selain itu, kolaborasi juga dapat mencakup kemitraan untuk inovasi produk dan proses yang lebih ramah lingkungan. Bagian ini akan mengulas keuntungan dari strategi kolaboratif dalam rantai pasokan.

Dalam industri pengolahan limbah plastik, kolaborasi yang baik dengan rantai pasokan dapat memberikan keuntungan yang signifikan dalam hal efisiensi biaya [24]. Pemasok yang mampu memberikan bahan baku dengan harga kompetitif dan kualitas yang konsisten membantu mengurangi biaya produksi. Selain itu, hubungan yang solid dengan pemasok memungkinkan perusahaan memperoleh akses prioritas terhadap bahan baku selama periode permintaan tinggi atau fluktuasi harga. Strategi kolaborasi ini juga dapat mencakup program berbagi data yang memungkinkan seluruh rantai pasokan bekerja secara lebih terintegrasi, mengurangi risiko gangguan dan meminimalkan pemborosan di seluruh tahap produksi.

Kolaborasi yang erat dengan rantai pasokan dapat menghasilkan pengurangan biaya dan meningkatkan efisiensi [25]. Pemasok bahan baku yang dapat menawarkan harga kompetitif dengan pengiriman tepat waktu membantu menjaga kestabilan produksi. Strategi ini juga mencakup inovasi bersama dengan pemasok untuk menciptakan bahan baku yang lebih ramah lingkungan, membantu perusahaan menekan biaya sekaligus meningkatkan kualitas produk.

Grafik berikut menunjukkan bagaimana kolaborasi dengan pemasok dalam rantai pasokan membantu mengurangi biaya logistik dan meningkatkan stabilitas produksi. Sebelum kolaborasi, biaya logistik berkisar antara \$19.500 hingga \$20.500 per bulan. Namun, setelah adanya kolaborasi, biaya tersebut berkurang menjadi \$17.000 hingga \$18.500 per bulan. Di sisi lain, stabilitas produksi meningkat secara signifikan, dari 70% di awal hingga mencapai 95% dalam periode enam bulan. Hal ini menunjukkan

bahwa kolaborasi ini tidak hanya mengurangi biaya logistik tetapi juga meningkatkan kestabilan produksi secara keseluruhan. Disamping itu, menunjukkan bahwa kerja sama dengan pemasok tidak hanya menurunkan biaya operasional, tetapi juga membuat proses produksi menjadi lebih stabil dan efisien.



Gambar 2. Dampak Kolaborasi Rantai Pasokan Terhadap Biaya Logistik dan Stabilitas Produksi
 Sumber: [26], [27]

Grafik tersebut menggambarkan dampak kolaborasi rantai pasokan terhadap biaya logistik dan stabilitas produksi selama enam bulan pertama. Biaya logistik sebelum kolaborasi (digambarkan dengan garis biru) cenderung lebih tinggi, dengan nilai tertinggi sebesar \$20.500 pada bulan Januari dan April. Setelah kolaborasi rantai pasokan diterapkan (garis hijau), terjadi penurunan biaya logistik secara signifikan, dengan nilai terendah sebesar \$17.000 pada bulan Maret. Di sisi lain, stabilitas produksi (garis merah) menunjukkan peningkatan yang konsisten dari 70% pada bulan Januari hingga mencapai 95% pada bulan Juni. Hal ini mengindikasikan bahwa kolaborasi rantai pasokan tidak hanya berhasil menurunkan biaya logistik, tetapi juga meningkatkan kestabilan proses produksi secara keseluruhan. Grafik ini menyoroti manfaat kolaborasi dalam menciptakan efisiensi dan keberlanjutan operasional.

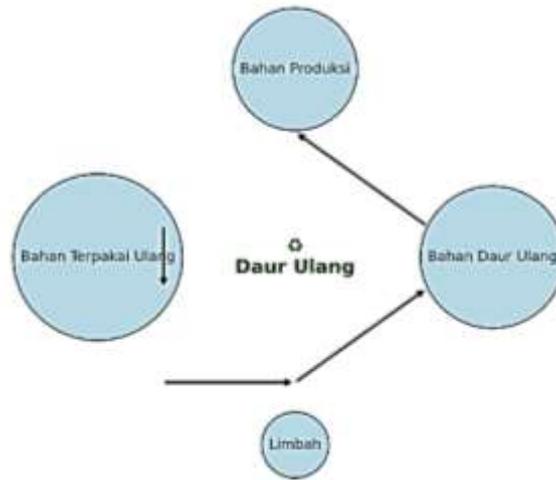
7. Pemanfaatan Ekonomi Sirkular untuk Mengurangi Pemborosan dan Meningkatkan Nilai Tambah

Ekonomi sirkular adalah pendekatan yang mendorong penggunaan kembali limbah sebagai bahan baku baru, sehingga meminimalisir pemborosan dan menciptakan nilai tambah baru. Dalam konteks industri pengolahan limbah plastik, penerapan konsep ekonomi sirkular dapat mengurangi kebutuhan akan bahan baku primer dan meningkatkan efisiensi produksi. Sub-judul ini akan menjelaskan konsep ekonomi sirkular serta bagaimana implementasinya dapat meningkatkan keuntungan perusahaan.

Ekonomi sirkular adalah pendekatan di mana limbah dari satu proses dapat digunakan kembali sebagai bahan baku dalam proses lain, sehingga meminimalkan pemborosan dan memaksimalkan nilai tambah. Dalam industri pengolahan limbah plastik, konsep ini bisa diterapkan dengan mendaur ulang sisa produksi menjadi bahan baku baru yang dapat digunakan kembali dalam proses pembuatan produk plastik. Pemanfaatan ekonomi sirkular ini tidak hanya mengurangi biaya bahan baku, tetapi juga menarik perhatian konsumen yang semakin peduli pada praktik bisnis berkelanjutan. Perusahaan yang menerapkan prinsip ekonomi sirkular juga dapat memanfaatkan insentif pemerintah yang mendorong praktik-praktik bisnis ramah lingkungan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan margin keuntungan.

Ekonomi sirkular adalah konsep di mana limbah produksi dapat diolah kembali menjadi bahan baku yang dapat digunakan dalam produksi baru. Ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada bahan baku primer tetapi juga mengurangi pemborosan. Industri pengolahan limbah plastik dapat memanfaatkan sisa-sisa produksi untuk menghasilkan produk baru, meningkatkan nilai tambah sekaligus mendukung praktik bisnis yang lebih berkelanjutan.

Gambar di atas menunjukkan dua versi flowchart sederhana dari proses daur ulang dalam ekonomi sirkular. Keduanya menggambarkan tahapan dasar yang mencakup Waste (limbah), Recycling (proses daur ulang), Reprocessed Materials (bahan yang diolah kembali), dan Production (produksi). Alur ini membentuk siklus berkelanjutan di mana limbah dari satu tahap diolah ulang menjadi bahan baru yang kemudian digunakan kembali dalam proses produksi. Setiap tahap terhubung dengan panah, menunjukkan kontinuitas proses daur ulang dalam sistem yang efisien dan ramah lingkungan.



Gambar 3. Siklus Proses Daur Ulang
 Sumber: [28], [29]

Bagan tersebut menggambarkan siklus proses daur ulang yang terdiri dari empat tahapan utama. Proses dimulai dari Limbah, yang merupakan bahan sisa dari aktivitas manusia atau industri. Limbah ini kemudian masuk ke tahap Bahan Daur Ulang, di mana bahan diproses untuk diolah kembali menjadi material yang dapat digunakan. Setelah itu, bahan daur ulang ini dimanfaatkan dalam tahap Bahan Produksi, yang mengubahnya menjadi produk baru. Produk yang telah digunakan kembali masuk ke tahap Bahan Terpakai Ulang, memastikan bahwa sumber daya dimanfaatkan secara maksimal sebelum kembali menjadi limbah. Di tengah siklus ini terdapat konsep Daur Ulang, yang menjadi inti dari proses, menekankan pentingnya keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya yang efisien. Siklus ini mencerminkan prinsip ekonomi sirkular yang bertujuan untuk mengurangi limbah, memanfaatkan sumber daya secara berulang, dan mendukung keberlanjutan lingkungan

8. Pengukuran Kinerja dan Manfaat Finansial dari Efisiensi Operasional

Bagian ini membahas cara perusahaan mengukur kinerja inovasi operasional yang diterapkan. Dengan menggunakan berbagai metrik seperti pengurangan biaya, peningkatan produktivitas, dan return on investment (ROI), perusahaan dapat mengevaluasi sejauh mana efisiensi yang dicapai memberikan dampak finansial positif.

Untuk memastikan bahwa inovasi operasional benar-benar memberikan dampak yang diinginkan, penting bagi perusahaan untuk mengukur kinerja secara berkala [30]. Dengan menggunakan metrik seperti cost per unit, lead time, dan return on investment (ROI), perusahaan dapat menilai apakah investasi dalam inovasi telah berhasil menurunkan biaya produksi dan meningkatkan profitabilitas. Selain itu, pengukuran kinerja yang berkelanjutan memungkinkan perusahaan mengidentifikasi peluang perbaikan lebih lanjut, serta memastikan bahwa proses operasional tetap efisien seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan pasar.

Perusahaan perlu mengukur dampak dari inovasi operasional yang diterapkan untuk memastikan bahwa strategi tersebut memberikan hasil yang diinginkan [31]. Pengukuran seperti return on investment (ROI), lead time, dan cost per unit dapat digunakan untuk menilai efektivitas. Metrik ini membantu perusahaan memutuskan apakah investasi dalam teknologi baru benar-benar mengurangi biaya dan meningkatkan profit.

Tabel berikut menampilkan ROI (Return on Investment) dari penerapan teknologi IoT dalam pengolahan limbah plastik selama enam bulan. Terlihat bahwa dengan investasi bertahap pada teknologi IoT, perusahaan mengalami peningkatan penghematan operasional dan ROI yang signifikan, dari 75% di bulan Januari hingga 84% pada bulan Juni. Ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi cerdas seperti IoT mampu meningkatkan efisiensi dan profitabilitas perusahaan.

Tabel 2 menunjukkan analisis Return on Investment (ROI) dari implementasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam pengolahan limbah plastik selama enam bulan. Investasi dalam IoT meningkat secara bertahap dari \$20.000 pada bulan Januari hingga \$25.000 pada bulan Juni. Seiring dengan investasi tersebut, penghematan operasional juga meningkat dari \$15.000 pada bulan Januari menjadi \$21.000 pada bulan Juni.

Tabel 2. ROI of IoT Implementation in Plastic Waste Processing

No.	Bulan	Investasi IoT (\$)	Penghematan Operasional (\$)	ROI (%)
1.	Januari	20000	15000	75.0
2.	Februari	21000	16000	76.2
3.	Maret	22000	17000	77.3
4.	April	23000	18500	80.4
5.	Mei	24000	20000	83.3
6.	Juni	25000	21000	84.0

Sumber: [22]

ROI dihitung dalam persentase, menunjukkan efisiensi investasi dalam menghasilkan penghematan operasional. ROI dimulai dari 75,0% pada bulan Januari dan terus meningkat hingga mencapai 84,0% pada bulan Juni. Data ini menunjukkan bahwa implementasi IoT memberikan manfaat yang signifikan dengan peningkatan efisiensi operasional dan pengembalian investasi yang stabil dalam pengolahan limbah plastik.

9. Kesimpulan

Inovasi operasional sangat penting bagi industri pengolahan limbah plastik dalam upaya meningkatkan efisiensi biaya, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan profitabilitas. Dalam menghadapi tekanan terhadap keberlanjutan dan tingginya biaya produksi, inovasi menjadi kunci bagi perusahaan untuk tetap kompetitif. Penerapan teknologi cerdas seperti Internet of Things (IoT) dan analitik big data memungkinkan perusahaan memantau dan mengelola proses produksi secara real-time, sehingga dapat mengidentifikasi area inefisiensi dan mengoptimalkan kinerja. Ini membantu mengurangi penggunaan energi dan biaya, serta meningkatkan efektivitas dalam pengelolaan limbah dan kualitas produk.

Selain itu, inovasi dalam material, seperti penggunaan plastik daur ulang dan bioplastik, membantu mengurangi ketergantungan pada bahan baku konvensional, yang tidak hanya menekan biaya tetapi juga mendukung keberlanjutan. Desain ulang proses produksi melalui pendekatan seperti Lean Manufacturing dan Just-in-Time juga memberikan kontribusi besar dalam mengurangi pemborosan, meningkatkan kecepatan produksi, dan menjaga kualitas produk, yang pada akhirnya meningkatkan margin keuntungan. Penggunaan mesin berteknologi tinggi mampu mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual, meningkatkan efisiensi energi, dan menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih konsisten.

Di sisi lain, kolaborasi yang lebih erat dengan rantai pasokan memungkinkan perusahaan memperoleh bahan baku dengan harga lebih kompetitif dan kualitas yang stabil, serta mengurangi biaya logistik dan waktu henti produksi. Selain itu, penerapan konsep ekonomi sirkular memungkinkan perusahaan mengurangi pemborosan dan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku baru, menciptakan nilai tambah sekaligus mendukung keberlanjutan. Dengan pengukuran kinerja yang konsisten menggunakan indikator seperti biaya per unit dan return on investment (ROI), perusahaan dapat mengevaluasi dampak positif dari inovasi operasional terhadap efisiensi dan profitabilitas. Secara keseluruhan, inovasi operasional memberikan alat yang sangat efektif bagi perusahaan pengolahan limbah plastik untuk menghadapi tantangan biaya dan keberlanjutan, sehingga mereka dapat tetap kompetitif di pasar yang terus berkembang.

10. Referensi

- [1] F. Hanum, S. Yana, and P. Mauliza, *Pemberdayaan Masyarakat Pedagang Kaki Lima dalam Meningkatkan Perekonomian*. Mega Press Nusantara, 2024.
- [2] R. F. Wirabuana and B. P. Prasetya, "Strategi Jitu PT. Unilever Indonesia Mengoptimalkan Operasional Di Tengah Dinamika Global," *J. Explor. Dyn. Probl.*, vol. 1, no. 3, pp. 143–152, 2024.
- [3] S. Yana, R. Nengsih, and F. Hanum, "Keuntungan Bio-Ekonomi dan Lingkungan dari Energi Terbarukan: Tinjauan Komprehensif terhadap Praktik Terbaik," *J. Serambi Eng.*, vol. 9, no. 2, 2024.
- [4] A. Aoun, A. Ilinca, M. Ghandour, and H. Ibrahim, "A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 162, p. 107746, 2021.
- [5] W. Cai and G. Li, "The drivers of eco-innovation and its impact on performance: Evidence from China," *J. Clean. Prod.*, vol. 176, pp. 110–118, 2018.
- [6] T. D. Moshood *et al.*, "Green product innovation: A means towards achieving global sustainable product within biodegradable plastic industry," *J. Clean. Prod.*, vol. 363, p. 132506, 2022.

- [7] J. Maldonado-Romo *et al.*, “Advancing sustainable manufacturing: a case study on plastic recycling,” *Prod. Manuf. Res.*, vol. 12, no. 1, p. 2425672, 2024.
- [8] H. Dijkstra, P. van Beukering, and R. Brouwer, “Business models and sustainable plastic management: A systematic review of the literature,” *J. Clean. Prod.*, vol. 258, p. 120967, 2020.
- [9] S. E. Nurul Hidayat *et al.*, *Eksplorasi Proses Manufaktur Untuk Masa Depan Teknologi Dan Produksi*. Cendikia Mulia Mandiri, 2024.
- [10] A. Pratama and S. Nurfadila, “Implementasi strategi operasi manufaktur hijau menuju keberlanjutan manufaktur,” *Ekon.* <http://ejournal.lembahdempo.ac.id/index.php/ITBis-E/article/download/253/185>, 2022.
- [11] Z. Arifin *et al.*, *Green Technology: Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan Berbagai Bidang*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [12] J. Lee, H.-A. Kao, and S. Yang, “Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment,” *Procedia cirp*, vol. 16, pp. 3–8, 2014.
- [13] A. GhaffarianHoseini, J. Tookey, A. GhaffarianHoseini, N. Naismith, and J. O. Bamidele Rotimi, “Integrating alternative technologies to improve built environment sustainability in Africa: Nexus of energy and water,” *Smart Sustain. Built Environ.*, vol. 5, no. 3, pp. 193–211, 2016.
- [14] B. Harto, P. Pramuditha, A. Dwijayanti, L. Parlina, and H. Sofyan, “Strategi Bisnis Berkelanjutan Melalui Inovasi Model Operasional Di Era Digitalisasi Bisnis,” *ATRABIS J. Adm. Bisnis*, vol. 9, no. 2, pp. 243–251, 2023.
- [15] D. Zahra, “Penggunaan Konsep Lean untuk Meningkatkan Efisiensi Pelayanan Instalasi Farmasi Rawat Jalan di Rumah Sakit Anna Medika Bekasi,” *J. Adm. Rumah Sakit*, vol. 2, no. 1, pp. 29–42, 2015.
- [16] N. R. Nurwulan, A. A. Taghsya, E. D. Astuti, R. A. Fitri, and S. R. K. Nisa, “Pengurangan Lead Time dengan Lean Manufacturing: Kajian Literatur Lead Time Reduction using Lean Manufacturing: A Review,” *JIME (Journal Ind. Manuf. Eng.)*, vol. 5, no. 1, pp. 30–40, 2021.
- [17] N. Modig and P. Åhlström, *This is lean: Resolving the efficiency paradox*, vol. 41. Rheologica Stockholm, 2012.
- [18] J. P. Womack and D. T. Jones, “Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation,” *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 48, no. 11, p. 1148, 1997.
- [19] B. Harto *et al.*, *Wirausaha Bidang Teknologi Informasi: Peluang usaha dalam meyongsong era society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [20] A. Putriyanti, “Keterlibatan Mahasiswa Relawan Dalam Pengelolaan Sampah Berbasis Kampus (Studi Bank Sampah Universitas Syiah Kuala).” UIN Ar-Raniry, 2021.
- [21] K. Conboy, P. Mikalef, D. Dennehy, and J. Krogstie, “Using business analytics to enhance dynamic capabilities in operations research: A case analysis and research agenda,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 281, no. 3, pp. 656–672, 2020.
- [22] T. Davenport, *Big data at work: dispelling the myths, uncovering the opportunities*. Harvard Business Review Press, 2014.
- [23] B. S. Blanchard, *System engineering management*. John Wiley & Sons, 2004.
- [24] Y. Qi, B. Huo, Z. Wang, and H. Y. J. Yeung, “The impact of operations and supply chain strategies on integration and performance,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 185, pp. 162–174, 2017.
- [25] K.-H. Um and S.-M. Kim, “The effects of supply chain collaboration on performance and transaction cost advantage: The moderation and nonlinear effects of governance mechanisms,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 217, pp. 97–111, 2019.
- [26] M. Christopher, *Logistics and supply chain management*. Pearson Uk, 2022.
- [27] D. M. Lambert and M. C. Cooper, “Issues in supply chain management,” *Ind. Mark. Manag.*, vol. 29, no. 1, pp. 65–83, 2000.
- [28] R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law, “Production, use, and fate of all plastics ever made,” *Sci. Adv.*, vol. 3, no. 7, p. e1700782, 2017.
- [29] E. MacArthur, “Towards the circular economy,” *J. Ind. Ecol.*, vol. 2, no. 1, pp. 23–44, 2013.
- [30] H. Subhan, “Implementasi Implementasi Balanced Scorecard sebagai Alat Manajemen Strategi dalam Peningkatan Kinerja Perusahaan Balanced Scorecard Sebagai Alat Manajemen Strategi dalam Peningkatan Kinerja Perusahaan,” *J. Inov. Glob.*, vol. 2, no. 7, pp. 696–711, 2024.
- [31] Rita, Rita. “Pengaruh strategi inovasi terhadap kinerja operasional perusahaan manufaktur.” *Binus Business Review* 1.2 (2010): 474-487.