



Perancangan Produk Rak Sepatu dengan Memanfaatkan Limbah Tutup Botol Plastik untuk Mendukung *Sustainable Development Goals* (SDG 12)

Prameswari R.J^{1*}, Alif Muhammad Shaquille², Audy Aprillia³, Yeni Nurhasanah⁴

¹⁻⁴Program Studi Teknik Industri, Universitas Gunadarma, Indonesia

*Penulis korespondensi: audyaprillia27@gmail.com

Abstract. Plastic waste, particularly bottle caps, poses a significant environmental challenge due to its slow degradation rate. This study aims to design a functional shoe rack utilizing plastic bottle cap waste to support Sustainable Development Goals (SDG 12: Responsible Consumption and Production). The product development process employed the Quality Function Deployment (QFD) method to translate consumer needs into measurable technical specifications. Concept selection was evaluated using the Pugh Matrix, while financial feasibility was analyzed through the Break Even Point (BEP) approach. The research resulted in an optimal shoe rack design measuring 53x32x37 cm, weighing 1.5 kg, and featuring additional side hangers for socks. The production process involves shredding, molding with resin, cutting, and assembling, with a total duration of 367.03 minutes. Financial analysis indicates that the business reaches the break-even point at a minimum production of 2 units or a total sales value of Rp227,272. This research demonstrates that integrating industrial engineering methods into plastic waste management can produce functional, durable, and economically viable products..

Keywords: Break Even Point; Plastic Waste; Product Design; Quality Function Deployment; Shoe Rack.

Abstrak. Limbah plastik, khususnya tutup botol, menjadi tantangan lingkungan yang signifikan karena laju degradasi yang rendah. Penelitian ini bertujuan merancang produk rak sepatu fungsional berbasis material daur ulang limbah tutup botol plastik untuk mendukung *Sustainable Development Goals* (SDG 12: Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab). Proses perancangan produk dilakukan melalui metode Quality Function Deployment (QFD) untuk menerjemahkan Voice of Customer ke dalam spesifikasi teknis yang terukur. Pemilihan konsep desain dievaluasi menggunakan Matriks Pugh, sedangkan kelayakan ekonomi dianalisis melalui pendekatan Break Even Point (BEP). Hasil perancangan menunjukkan desain rak sepatu optimal dengan dimensi 53x32x37 cm, berat 1,5 kg, serta fitur tambahan berupa gantungan kaus kaki. Tahapan produksi meliputi pencacahan limbah, pencetakan menggunakan resin, pemotongan, dan perakitan dengan durasi total 367,03 menit. Analisis kelayakan finansial menunjukkan bahwa bisnis mencapai titik impas (break-even) pada produksi minimal 2 unit dengan total penjualan sebesar Rp227.272. Penelitian ini membuktikan bahwa integrasi metode teknik industri dalam pengolahan limbah plastik dapat menghasilkan produk yang fungsional, tahan lama, dan layak secara ekonomi.

Kata kunci: Break Even Point; Desain Produk; Quality Function Deployment; Rak Sepatu; Sampah Plastik.

1. LATAR BELAKANG

Limbah tutup botol plastik berbahan High-Density Polyethylene (HDPE) dan Polypropylene (PP) telah menjadi salah satu penyumbang volume sampah terbesar yang terus menumpuk di lingkungan masyarakat. Sifat material polimer yang sangat sulit terurai secara alami menjadikan pengelolaan limbah ini sebuah urgensi lingkungan yang harus segera diselesaikan secara terukur. Di sisi lain, kebutuhan masyarakat terhadap perabotan rumah tangga fungsional seperti rak sepatu terus mengalami peningkatan. Mayoritas produk rak sepatu konvensional yang beredar di pasaran saat ini masih sangat mengandalkan material kayu olahan atau lembaran plastik tipis. Tinjauan terhadap beberapa produk terdahulu dan kajian material furnitur menunjukkan bahwa material kayu olahan memiliki kelemahan struktural yang signifikan, yaitu sangat rentan terhadap tingkat kelembapan air yang tinggi, mudah lapuk,

dan rawan mengalami kerusakan permanen akibat serangan hama rayap. Berbagai upaya daur ulang plastik memang telah banyak dilakukan oleh masyarakat maupun industri, namun pemanfaatannya umumnya masih terbatas pada pembuatan kerajinan tangan berskala kecil atau pencetakan konvensional yang kurang menitikberatkan pada aspek ketahanan struktural untuk menahan beban statis sehari-hari.

Berdasarkan tinjauan kondisi tersebut, terdapat celah penelitian dalam pengembangan rekayasa material substitusi alternatif yang secara fisik lebih tangguh, kedap air, dan memiliki umur pakai yang jauh lebih panjang untuk diaplikasikan pada produk furnitur rumah tangga. Pemanfaatan limbah tutup botol plastik yang dicacah dan kemudian diolah menggunakan teknik pencetakan campuran cairan resin menawarkan sebuah kebaruan solusi material yang jauh lebih kokoh dan solid dibandingkan perabotan kayu konvensional. Inovasi rekayasa pengembangan material ini memiliki urgensi yang tinggi karena tidak hanya memberikan nilai tambah ekonomi pada tumpukan sampah plastik yang terbengkalai, tetapi juga secara langsung mendukung agenda global *Sustainable Development Goals* (SDG) ke-12 yang berfokus penuh pada konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sebuah produk rak sepatu inovatif yang secara penuh memanfaatkan integrasi material daur ulang limbah tutup botol plastik dan pengikat resin. Secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan dan memvalidasi rancangan rak sepatu dengan dimensi ukuran panjang 53 cm, lebar 31 cm, dan tinggi 37 cm, yang memiliki bobot ideal sebesar 1,5 kg. Struktur produk tersebut dirancang secara presisi untuk dirakit menggunakan konfigurasi utama berupa dua keping papan alas dan empat komponen papan kaki penyangga. Melalui perancangan teknis ini, diharapkan dapat tercipta sebuah solusi nyata berupa produk fungsional yang kelayakan produksinya dapat dipertanggungjawabkan, sekaligus mampu menekan laju akumulasi sampah plastik.

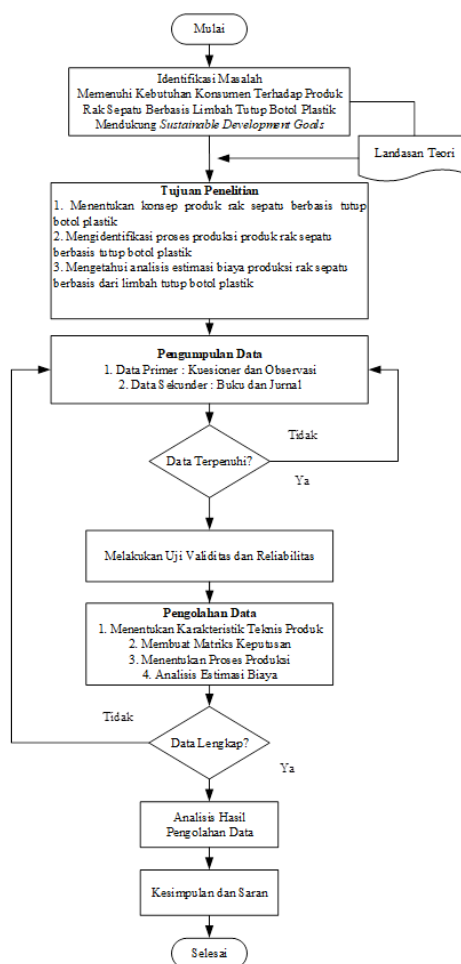
2. KAJIAN TEORITIS

Pembangunan keberlanjutan dalam penelitian ini dilandasi oleh kerangka *Sustainable Development Goals* (SDGs), di mana SDG 12 menitikberatkan pada upaya menghilangkan kebiasaan produksi dan konsumsi yang merusak sumber daya alam. Konsep ini didukung kuat oleh penerapan green manufacturing, yaitu sebuah strategi industri yang mengintegrasikan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan pelestarian alam untuk meminimalisasi dampak negatif pada lingkungan. Material yang diangkat dalam perancangan produk ini adalah jenis polimer *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Polypropylene* (PP) dari limbah plastik yang diolah kembali melalui tahapan penyortiran, pencacahan, pencucian, dan pengolahan. Pengembangan

desain produk mengacu pada fase terstruktur dari Ulrich dan Eppinger yang berfokus penuh pada pemenuhan dimensi kualitas seperti kinerja, fitur pelengkap, keandalan fisik, dan umur pemakaian produk. Transformasi kebutuhan konsumen menjadi spesifikasi yang dapat diukur secara teknis diselesaikan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang diawali dengan penyusunan matriks *House of Quality* (HoQ). Tahap penyaringan dan pemilihan desain terbaik kemudian dievaluasi secara obyektif menggunakan *Matriks Pugh*. Evaluasi kelayakan produksi fabrikasi akhirnya dinilai melalui perhitungan *Break Even Point* (BEP) guna menetapkan target produksi minimum agar terhindar dari kerugian.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa industri dalam merancang dan mengembangkan produk secara sistematis. Populasi dan sampel dalam riset ini adalah 102 orang responden mahasiswa aktif yang berusia antara 19 hingga 25 tahun. Pengumpulan data primer dilakukan menggunakan kuesioner terbuka dan tertutup untuk menangkap kebutuhan spesifik pelanggan terkait fungsi utama, ketahanan bahan, fitur tambahan, serta elemen estetika dari rak sepatu. Instrumen pengukuran ini divalidasi dan diuji reliabilitasnya menggunakan perangkat lunak statistik SPSS. Suara pelanggan yang telah divalidasi selanjutnya diolah melalui metode *Quality Function Deployment* (QFD) untuk menghasilkan *House of Quality* (HoQ) guna memetakan karakteristik teknis yang dibutuhkan produk. Beberapa alternatif konsep bentuk disaring dan diberikan pembobotan evaluatif menggunakan *Matriks Pugh* (*Concept Scoring*) untuk menetapkan desain yang akan direalisasikan. Tahapan berikutnya mencakup pemetaan kegiatan operasional dari tahap persiapan material hingga perakitan menggunakan Peta Proses Operasi (PPO), serta dilanjutkan dengan penentuan kelayakan biaya menggunakan metode analisis finansial *Break Even Point* (BEP).



Gambar 1. Tahapan Perancangan Penelitian.
(Sumber: Software Visio, 2025).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Untuk memastikan bahwa desain rak sepatu yang dikembangkan menjawab permasalahan nyata pengguna, dilakukan identifikasi *Voice of Customer* melalui kuesioner terbuka. Berikut adalah rangkuman dari atribut produk yang paling banyak diinginkan oleh responden.

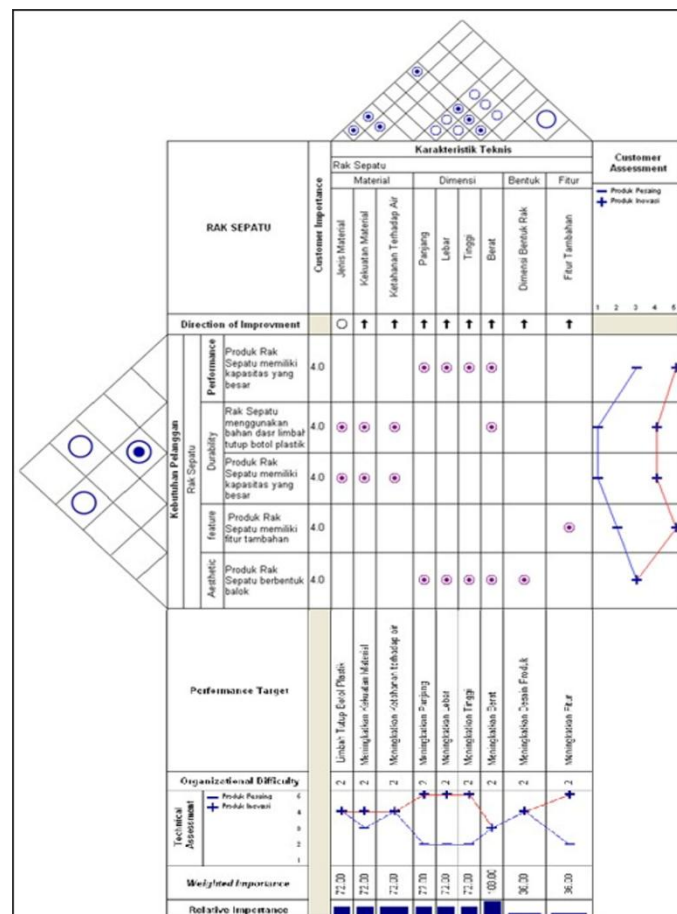
Tabel 1. Kesimpulan Kuesioner Terbuka.

No	Pertanyaan	Jawaban	Responden
1	Menurut Anda, seberapa penting keberadaan rak sepatu di rumah atau tempat tinggal Anda? Jelaskan alasannya.	Sangat penting karena menjaga kerapian sepatu	88
		Penting supaya rumah terlihat bersih	14
2	Bagaimana pendapat Anda tentang penggunaan bahan daur ulang seperti tutup botol plastik untuk membuat rak sepatu?	Sangat bagus karena ramah lingkungan	86
		Setuju jika kualitas tetap baik	16
3	Menurut anda, fitur tambahan apa yang diharapkan untuk produk rak sepatu? (Contoh: Penyimpanan Berlapis, Bersusun, Gantungan, dan Memiliki Laci, dsb)	Gantungan	93
		Bersusun	4
		Memiliki laci/tambahan penyimpanan	5

No	Pertanyaan	Jawaban	Responden
4	Menurut anda, bahan seperti apa yang sesuai untuk produk rak sepatu? (Contoh: Kayu, muktipleks, Plastik, Alumunium, dan Akrilik, dsb)	Plastik	93
		Kayu	8
		Multipleks/kombinasi bahan	1
5	Menurut anda, apa saja faktor yang mempengaruhi daya tahan dari produk rak sepatu?	Bahan/material	90
		Lingkungan	12
6	Menurut anda, bentuk seperti apa yang anda harapkan untuk produk rak sepatu? (Contoh: Lingkaran, Persegi, dan Persegi Panjang, dsb)	Persegi panjang	99
		Persegi	3
		Kapasitas besar	11
7	Menurut anda, apa kelebihan dari rak sepatu yang pernah anda gunakan?	Kokoh dan tahan lama	91
		Kapasitas besar	11
8	Menurut anda, apa kekurangan dari rak sepatu anda yang pernah anda gunakan?	Daya tahan kurang	90
		Tidak <i>Aesthetic</i>	12

House of Quality (HoQ)

Analisis matriks *House of Quality* (HoQ) memperlihatkan bahwa sasaran teknis yang wajib difokuskan oleh tim pengembang adalah modifikasi jenis material, ketahanan kekuatan beban, resistansi air, serta proporsi dimensi (panjang, lebar, dan tinggi) produk.



Gambar 2. Matriks House of Quality (HoQ).

Evaluasi Matriks Pugh

Evaluasi menggunakan *Matriks Pugh* membandingkan performa empat konsep usulan (A, B, C, D) dengan satu buah produk referensi yang sudah ada di pasaran. Hasil kumulatif memutuskan Konsep D sebagai rancangan terbaik dengan perolehan nilai tertimbang tertinggi yaitu 4,5.

Tabel 2. *Scoring Concept.*

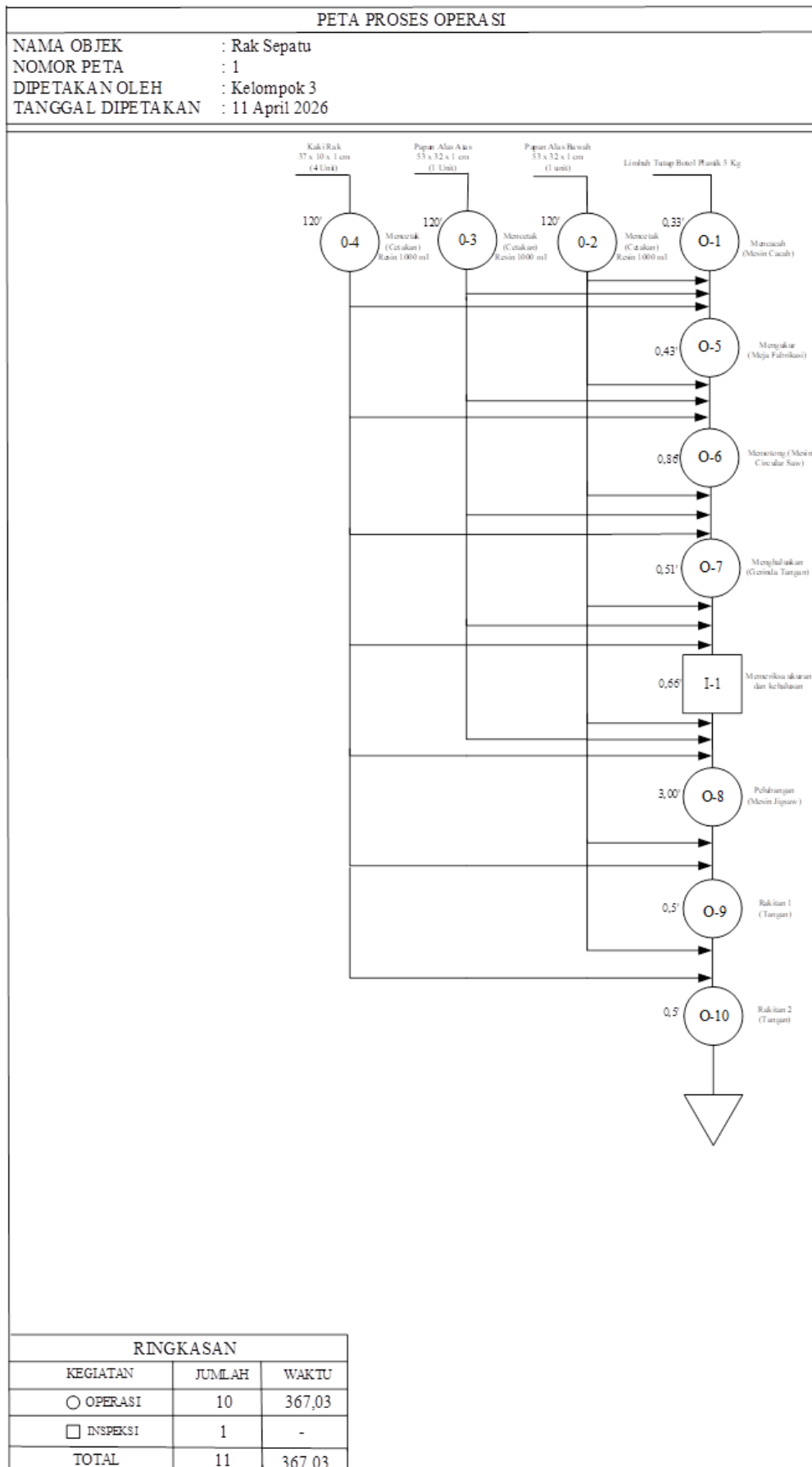
Kriteria Seleksi	Bobot Nilai	Konsep B		Konsep C		Konsep D	
		Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot	Rating	Nilai Bobot
Kapasitas Besar	35%	3	1.05	5	1.75	5	1.75
Bermaterial Plastik	25%	5	1.25	3	0.75	5	1.25
Sifat Tahan Lama	25%	3	0.75	3	0.75	3	0.75
Fitur Tambahan	25%	3	0.75	3	0.75	3	0.75
Total Nilai			3.8		4		4.5
Rank			3		2		1
Lanjutkan?			T		C2		C1



Gambar 2. Desain Akhir Rak Sepatu Limbah Plastik.

Proses Produksi

Alur manufaktur pembuatan rak sepatu ini dimulai dengan mengumpulkan 5 kg bahan limbah tutup botol plastik yang kemudian dikecilkan ukurannya melalui mesin pencacah. Material cacahan tersebut kemudian dicampur menggunakan 3 kg cairan resin beserta katalis, lalu dituang ke dalam cetakan silikon fleksibel yang telah dilumasi *miracle glaze*. Tahap pencetakan (*molding*) ini akan menghasilkan komponen struktural berupa 2 papan alas dan 4 komponen papan kaki. Proses selanjutnya beralih pada tahap pengukuran presisi, pemotongan sudut dengan *circular saw*, penghalusan pinggiran dengan gerinda, serta pelubangan pengait menggunakan bor dan *jigsaw* sebelum masuk pada perakitan akhir.



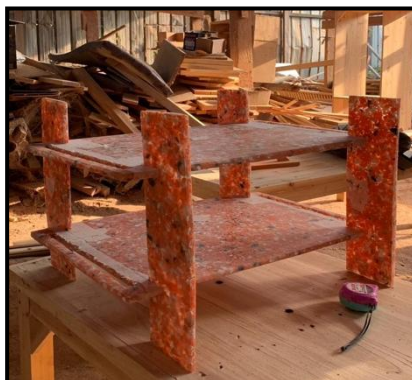
Gambar 3. Peta Proses Operasi Perakitan Rak Sepatu.

Spesifikasi Teknis Produk

Rak sepatu hasil rancangan ini mengedepankan efisiensi material dan fungsionalitas ruang. Spesifikasi teknis mendetail mengenai desain produk, mulai dari dimensi hingga berat material, dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 3. Karakteristik Teknis Produk Inovasi.

No	Karakteristik Teknis		Spesifikasi Produk Pesaing	Satuan
1	Material	Jenis Material	Limbah tutup botol plastik	-
2	Dimensi	Panjang	53	cm
		Lebar	32	cm
		Tinggi	37	cm
		Berat	1,5	kg
4	Bentuk	Desain bentuk rak	Persegi Panjang	-
5	Fitur Tambahan	Gantungan kaos kaki	2 gantungan di samping rak	-



Gambar 4. Foto Produk Rak Sepatu Inovasi.

Estimasi Biaya dan Kelayakan

Kajian biaya material untuk pembuatan 1 unit rak sepatu memerlukan biaya bahan baku sebesar Rp115.000, belanja peralatan senilai Rp10.000, beban upah tenaga kerja Rp30.000, serta tambahan biaya *overhead* pabrik sekitar Rp7.512. Kalkulasi komprehensif Harga Pokok Produksi (HPP) mencatatkan angka Rp161.067, yang kemudian dibulatkan menjadi perhitungan biaya variabel sebesar Rp162.512 per unit produksi. Tim menetapkan harga jual final produk sebesar Rp170.000 per unit untuk mengakomodasi target keuntungan minimal sebesar 5% dari modal produksi. Hasil analisis impas atau *Break Even Point* (BEP) dengan patokan biaya tetap sebesar Rp10.000 menunjukkan bahwa skala bisnis ini akan mencapai titik balik modal ketika penjualan menyentuh angka 2 unit rak sepatu, atau ekuivalen dengan akumulasi total penjualan senilai Rp227.272.

Tabel 4. Rincian Harga Pokok Produksi dan Analisis BEP.

No	Keterangan	Biaya (Rp)
1	Biaya Bahan Baku dan Peralatan	Rp125.000
2	Biaya Tenaga Kerja	Rp30.000
3	Biaya <i>Overhead</i>	Rp7.512
4	Total Biaya Produksi	Rp161.067

Tabel 5. Perhitungan Harga Jual.

No	Biaya Produksi 1 Unit Rak Sepatu	Harga (Rp)
2	Biaya Produksi	Rp162.512
3	Laba 5% $\times$ Rp161.067	Rp8.125
4	Harga Jual	Rp169.120
5	Harga Jual per Unit	Rp169.120
6	Pembulatan Harga Jual	Rp170.000

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan produk rak sepatu yang memanfaatkan substitusi material dari limbah tutup botol plastik telah berhasil dirumuskan secara terukur menjadi sebuah desain fisik berukuran 53 x 32 x 37 cm yang menyertakan fitur gantungan kaus kaki samping, dengan mengandalkan integrasi metode *Quality Function Deployment* (QFD) dan *Matriks Pugh*. Seluruh aktivitas produksi mulai dari pencacahan plastik, proses pencetakan menggunakan larutan resin, penyesuaian dimensi, hingga perakitan final telah divalidasi dapat diimplementasikan dalam sebuah sistem operasional yang praktis dan efisien. Evaluasi biaya memverifikasi kelayakan ekonomi produk ini saat dijual dengan harga pasar Rp170.000 per unit, di mana perusahaan dapat langsung mencapai titik impas (*Break Even Point*) hanya dengan berhasil menjual minimal 2 unit produk atau mencapai sebesar Rp227.272. Tim merekomendasikan perlunya modifikasi lebih lanjut pada penyusunan kekuatan kerangka desain, serta penerapan otomatisasi permesinan modern, guna mendongkrak efisiensi waktu, menyeragamkan kualitas produk jadi, dan meningkatkan kapasitas jumlah produksi harian pabrik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi Teknik Industri, Universitas Gunadarma, atas dukungan akademis dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian ini berlangsung. Penghargaan yang setinggi-tingginya juga ditujukan kepada seluruh anggota tim pengembang serta dosen pembimbing atas segala diskusi, arahan, dan masukan yang sangat membantu dalam penyempurnaan rancangan produk rak sepatu ramah lingkungan ini. Tidak lupa, ucapan terima kasih yang tulus disampaikan kepada 100 responden mahasiswa yang telah bersedia meluangkan waktu untuk berpartisipasi

dalam pengisian kuesioner, sehingga pengumpulan data suara pelanggan dapat terlaksana dengan baik dan valid.

DAFTAR REFERENSI

- Akbar, F., Siregar, M., & Anwar, K. (2022). Analisis break even point sebagai dasar dalam menyusun anggaran penjualan dan perencanaan laba. *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*, 15(2), 112-120.
- Aryan, L. O., Wijaya, H., & Pratama, R. (2024). Analisis manajemen kualitas dan desain produk menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 13(1), 45-56.
- Azizah, N., & Chalimatusadiah, C. (2025). Uji validitas dan uji reliabilitas instrumen penelitian kualitas produk. *Jurnal Metodologi Penelitian*, 8(1), 22-30.
- Faisal, R. A., Hidayat, T., & Saputra, E. (2025). Proses manufaktur: Operasi pemrosesan pada industri manufaktur modern. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri*, 10(2), 88-97.
- Gauri, O., Kusuma, A., & Lestari, S. (2025). Perencanaan produksi dan pengendalian bahan baku di industri kecil dan menengah. *Jurnal Teknik Industri*, 26(1), 34-45.
- Gusnanda, M. D., Prasetyo, B., & Setiawan, D. (2025). Proses produksi stool berbahan dasar plastik HDPE menggunakan metode molding. *Jurnal Inovasi Produk Ramah Lingkungan*, 5(2), 110-118.
- Hartini, S., Ciptomulyono, U., & Winarni, B. (2022). *Sustainable manufacturing dan circular economy: A systematic literature review*. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 21(1), 1-15.
- Irawan, R. (2022). Analisa hasil cacahan plastik terhadap kekuatan tarik material plastik jenis PP dan PET. *Jurnal Teknik Mesin Dan Material*, 9(3), 215-223.
- Khusuma, D. T., & Utomo, H. (2021). Pengaruh dimensi kualitas produk terhadap adap kepuasan konsumen. *Jurnal Manajemen Kualitas*, 14(2), 150-162.
- Nasution, R. S. (2015). Berbagai cara penanggulangan limbah plastik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 13(1), 55-64.
- Nurhayati, E. (2022). Pendekatan *quality function deployment* (QFD) dalam proses pengembangan desain produk. *Jurnal Desain Dan Manufaktur*, 17(2), 80-92.
- Rahajeng, N. D., & Oktavina, R. (2024). Pemilihan dan penurunan konsep pada perancangan dan pengembangan produk rak sepatu. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 7(1), 40-52.
- Rangkuti, R. A. (2024). Pemanfaatan limbah plastik menjadi material bangunan menggunakan metode *experiment design*. *Jurnal Rekayasa Material*, 11(2), 105-115.
- Rizal, R. (2018). Manufaktur berkelanjutan (*sustainable manufacturing*) dan manufaktur hijau (*green manufacturing*). *Jurnal Sistem Produksi*, 8(1), 20-35.
- Sarifah, F., Ramadhan, M., & Wulandari, S. (2024). Kontribusi PTPP terhadap *Sustainable Development Goals* pada tahun 2020-2022. *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 6(1), 12-25.

- Shafasty, A. (2020). Perhitungan biaya satuan unit (*unit cost*) dengan menggunakan step down method. *Jurnal Akuntansi Manajerial*, 12(3), 210-222.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2001). *Product design and development* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Wati, W., Siregar, I., & Harahap, A. (2024). Dampak pemanfaatan limbah plastik terhadap kemandirian ekonomi pemulung. *Jurnal Ekonomi Sosial*, 9(2), 77-89.
- Zadry, H. R., Susanti, L., & Yuliandra, B. (2015). Analisis dan perancangan sistem kerja. *Andalas University Press*.
- Zuhdi, Z. (2025). Analisis *break even point* (BEP), *forecasting* penjualan, dan skenario dalam perencanaan laba. *Jurnal Perencanaan Bisnis*, 4(1), 33-45.