

Perancangan Mesin Angkat Sampah dengan Sistem *Ladder Hoist* untuk Aliran Sungai Kecil Berbasis Metode VDI 2222

Dafa Raihan Putra Hamdani¹, Bustami Ibrahim^{2*}

^{1,2} Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: bustami@polman-bandung.ac.id

Informasi Artikel:

Received:
27 April 2026

Accepted:
27 April 2026

Available:
20 Mei 2026

ABSTRAK

Permasalahan pencemaran sungai akibat penumpukan sampah, khususnya di aliran sungai kecil perkotaan seperti di Kota Bandung, masih menjadi isu lingkungan yang signifikan. Aktivitas pengangkutan sampah yang selama ini dilakukan secara manual dinilai kurang efisien karena membutuhkan tenaga besar, waktu lama, dan rentan membahayakan petugas. Untuk itu, dilakukan perancangan mesin angkat sampah dengan sistem *ladder hoist* menggunakan pendekatan metode VDI 2222. Tahapan perancangan meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data lapangan melalui observasi dan wawancara, pengembangan konsep fungsi dan subfungsi, evaluasi alternatif, serta analisis konstruksi dan perhitungan teknis. Mesin dirancang dengan kapasitas angkut maksimal 140 kg, mampu mengangkat 2–4 karung sampah per siklus dan dapat digunakan pada sungai dengan tinggi tebing 2–5 meter. Sistem pengangkat menggunakan motor listrik DC berbasis aki dan struktur rangka galvanis yang dapat dibongkar pasang secara modular. Hasil akhir menunjukkan bahwa mesin ini dapat meningkatkan efisiensi proses pengangkutan sampah hingga lebih dari 2 kali lipat dibandingkan metode manual dan dapat direalisasikan menggunakan komponen lokal yang tersedia di dalam negeri. Dengan desain yang ringkas, portabel, dan berbasis sistem mekanis sederhana, mesin ini diharapkan menjadi solusi aplikatif dalam mendukung kegiatan pembersihan sungai secara berkelanjutan.

Kata Kunci:

Ladder Hoist
Sampah sungai
Mesin angkat
VDI 2222

ABSTRACT

River pollution caused by waste accumulation, especially in small urban streams such as those in Bandung City, remains a significant environmental issue. The current waste-lifting process, which is carried out manually, is inefficient due to high physical labor, long operational time, and safety risks for workers. To address this issue, a river waste lifting machine was designed using a ladder hoist system and the VDI 2222 design methodology. The design stages included problem identification, data collection through observation and interviews, functional and sub-functional concept development, alternative evaluation, construction design, and technical calculations. The machine is designed to lift a maximum load of 140 kg, carry 2–4 waste sacks per cycle, and operate in rivers with embankment heights ranging from 2 to 5 meters. It uses a DC motor powered by a battery, with a modular, detachable frame made from galvanized steel. The final design shows that the system can increase lifting efficiency more than twofold compared to manual methods and can be fabricated using locally available components. With its compact design, portability, and simple mechanical system, the machine offers a practical solution to support sustainable river-cleaning operations.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran sungai akibat penumpukan sampah menjadi masalah lingkungan yang semakin serius. Volume sampah terus meningkat setiap tahun, sementara kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan sampah masih rendah. Akibatnya, aliran air sungai sering terhambat dan memicu banjir [1].

Sungai seharusnya berfungsi sebagai jalur utama aliran air sekaligus penopang ekosistem, namun peran ini berkurang karena kurangnya kepedulian masyarakat. Kondisi serupa terlihat di Kota Bandung, produksi sampah di Kota Bandung masih menjadi permasalahan lingkungan yang signifikan. Dari berbagai jenis sampah yang dihasilkan, sampah plastik menempati posisi tertinggi dengan volume mencapai 268,83 m³/hari, atau setara dengan 30,10% dari total produksi sampah kota. Tingginya persentase sampah plastik ini menunjukkan perlunya penanganan khusus, mengingat sifatnya yang sulit terurai secara alami dan potensi dampak negatifnya terhadap lingkungan, khususnya pada aliran sungai yang menjadi jalur pembuangan akhir sebagian sampah kota dengan Sungai Cikakak, Ciroyom, dan Citepus tercemar parah oleh sampah, terutama plastik. Pencemaran ini merusak ekosistem, meningkatkan risiko banjir saat musim hujan, serta menurunkan kualitas lingkungan dan kesehatan masyarakat sekitar [2].



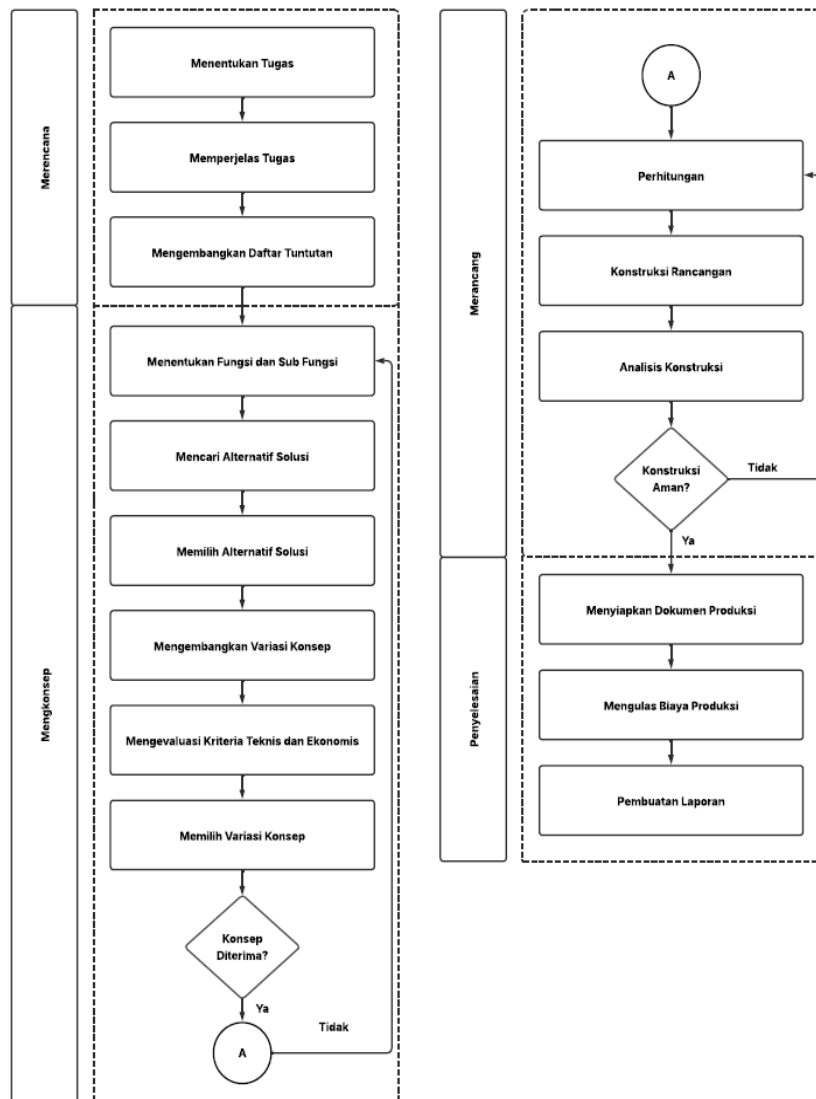
Gambar 1 Penumpukan sampah di Sungai Citepus

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan upaya kolektif dari berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta, yang salah satunya adalah River Cleanup Indonesia. *River Cleanup* Indonesia adalah bagian dari gerakan global bernama River Cleanup, yang bertujuan untuk membersihkan sungai dari sampah, terutama plastik, sebelum mencapai lautan. *River Cleanup* bekerja sama dengan organisasi lokal, komunitas, dan pemerintah untuk mengurangi polusi sungai dengan metode seperti *Trashboom*, yang digunakan untuk menghalangi sampah plastik mengapung agar dapat dikumpulkan dan didaur ulang.

Trashboom ini memiliki kapasitas menahan sampah sebanyak 800—1000 kg dalam waktu 24 jam. Setiap karung berisi sampah bercampur sedikit air dengan berat sekitar 5—35 kg per karung. Dalam satu kali pengangkatan ke atas sungai, biasanya dapat diangkat hingga 2 karung sampah sekaligus. Saat ini, proses pengangkatan sampah dilakukan secara manual dengan menarik karung-karung tersebut dan membutuhkan dua orang pekerja. Karena proses ini dilakukan berulang kali, dibutuhkan tenaga fisik yang besar dan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, diperlukan mesin bantu pengangkat sampah otomatis untuk membuat proses pengangkatan lebih efisien, aman, dan mengurangi beban kerja pada pekerja [3].

2. METODE PERANCANGAN

Metode penelitian dalam perancangan mesin angkat sampah ini menggunakan metodologi perancangan VDI 2222 (*Verein Deutscher Ingenieure* atau Persatuan Insinyur Jerman) sebagai acuan utama [4], [5]. Metode ini memiliki empat fase utama, yaitu: merencana, mengonsep, merancang, Penyelesaian. Berikut merupakan diagram alir metode perancangan VDI 2222, yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir metodologi perancangan VDI 2222

2.1. Perencanaan

Tahap pertama dalam metode perancangan VDI 2222 adalah tahap Merencana. Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah yang tengah di hadapi oleh River Cleanup Indonesia, yaitu dibutuhkan mesin angkut karung sampah yang dapat bekerja efisien dan aman untuk digunakan di beberapa sungai kecil di Kota Bandung. Adapun dilakukannya pengumpulan data sebagai perencanaan solusi desain berupa studi pustaka, wawancara, dan observasi di lapangan. Untuk memperkuat isi tugas, dilakukan wawancara dan observasi lapangan dengan perwakilan River Cleanup Indonesia guna memperoleh informasi lebih mendalam terkait proses pengangkatan karung sampah. Dari wawancara dan observasi lapangan ini diperoleh data dan wawasan penting yang menjadi dasar dalam penyusunan analisis serta rekomendasi.

Hasil dari tahapan ini adalah berupa daftar tuntutan yang diperoleh melalui memperjelas tugas dan menguraikan spesifikasi. Daftar tuntutan yang telah diperoleh pada tahap klarifikasi tugas dapat dilihat pada Tabel 1.

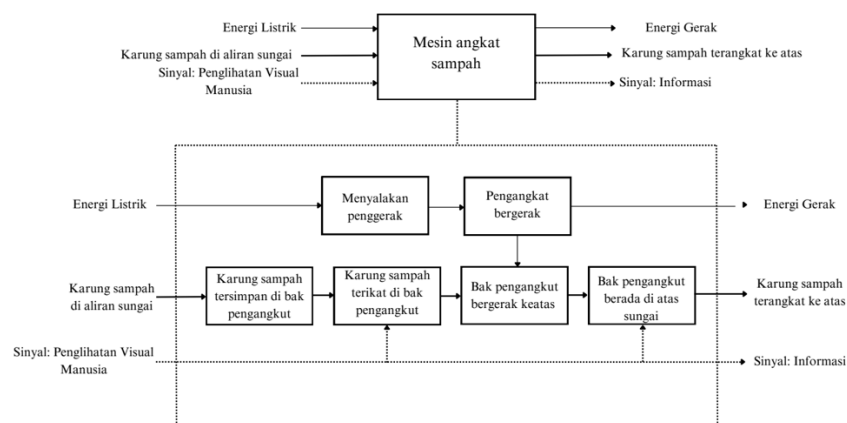
Tabel 1 Daftar tuntutan

Daftar Tuntutan Utama	
Tuntutan	Keterangan
Tinggi Dimensi	Dapat disesuaikan dengan minimal 2 meter dan maksimal 5 meter
Perakitan	Dapat di bongkar pasang dengan mudah
Kapasitas karung	2-4 karung
Material/komponen	Standard (anti karat)
Kapasitas beban	100-140 kg
Mekanisme	Mekanisasi
Total sampah yang diangkut	800-1000 kg
Daftar Tuntutan Tambahan	
Tuntutan	Keterangan
Pengoperasian	Mudah dan nyaman untuk dipahami dalam pengoperasian oleh operator
Mekanisme	Terdapat pengukur berat
Perawatan	Material terdapat di pasar Indonesia Mudah dalam mengganti komponen

2.2. Pengonsepan

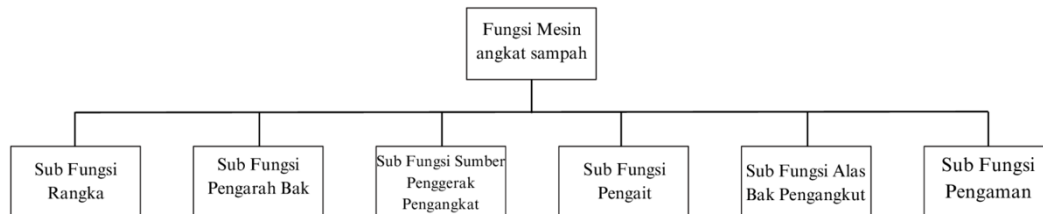
Tahap kedua dalam proses perancangan berdasarkan metodologi VDI 2222 adalah tahap pengonsepan (mengonsepan). Pada tahap ini, dilakukan pengembangan berbagai alternatif solusi berdasarkan daftar tuntutan yang telah disusun sebelumnya. Luaran dari tahap ini adalah konsep awal rancangan, yang mencakup gambaran umum mekanisme, prinsip kerja, serta kemungkinan konfigurasi sistem yang akan digunakan.

Fungsi utama dari konstruksi yang dirancang adalah memindahkan karung sampah dari dasar sungai menuju ke bagian atas sungai. Untuk mempermudah pendefinisian fungsi dari setiap bagian yang dibutuhkan, digunakan pendekatan dengan diagram *black box* sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Melalui diagram tersebut, kondisi *input*, proses, dan *output* dari alat angkat sampah dapat diuraikan secara lebih sistematis.



Gambar 3 Pendefinisian fungsi bagian pada mesin angkat sampah

Setelah seluruh fungsi bagian pada alat pengangkut sampah ini terdefinisi, dan dengan mengacu pada konsep rancangan yang telah ditetapkan, maka struktur fungsi bagian dapat disusun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

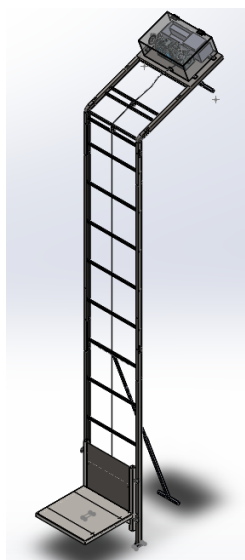


Gambar 4 Struktur fungsi bagian

Untuk mencapai hasil desain yang optimal, diperlukan perancangan serta penetapan beberapa alternatif komponen yang mampu memenuhi fungsi-fungsi yang telah ditentukan. Setidaknya, perlu disusun tiga alternatif rancangan komponen sebagai bahan perbandingan. Dengan membandingkan setiap alternatif terhadap aspek teknis maupun ekonomis, diharapkan dapat diperoleh rancangan yang paling sesuai dan efisien.

2.3. Perancangan

Berdasarkan hasil penilaian dari aspek teknis dan aspek ekonomis, alternatif yang terpilih adalah alternatif fungsi kombinasi konsep tiga (AVK-3). Secara lebih rinci, alternatif variasi konsep ini menggunakan rangka profil UNP, pengarah bak dengan *single flanged guide roller*, sumber penggerak berupa aki, pengait tipe *eye bolt*, alas bak dari *steel plate*, serta pengaman menggunakan *ratchet strap*. Dengan demikian, alternatif variasi konsep yang terpilih ditunjukkan pada Gambar 5.

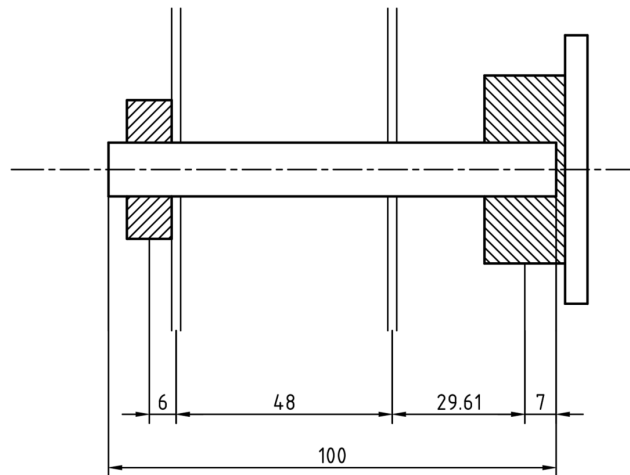


Gambar 5 Alternatif variasi konsep terpilih

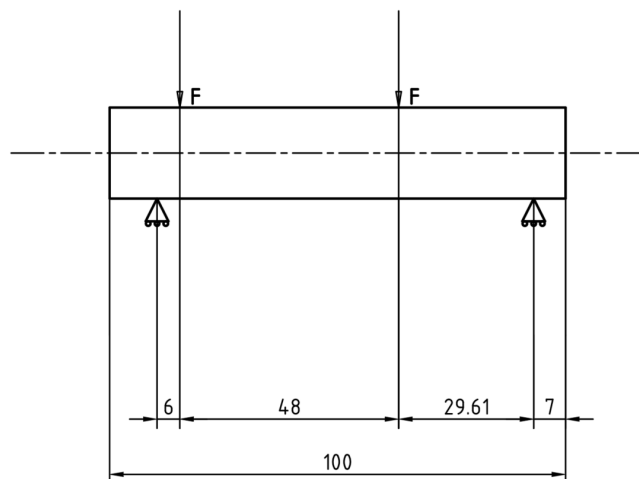
3.2. Perhitungan Lanjutan

3.2.1. Mencari Diameter Minimum Poros

Pada bak pengangkut terdapat empat buah poros *guide roller* yang berfungsi sebagai penopang sekaligus pengarah pergerakan. Keempat poros tersebut menanggung beban total dari bak pengangkut beserta tambahan beban berupa empat karung sampah. Dengan asumsi distribusi beban merata, maka total pembebanan dibagi ke dalam 4 poros, di mana setiap poros memiliki 2 titik tumpuan. Dengan demikian, total pembebanan terbagi menjadi 8 titik tumpuan.



Gambar 1 Poros *guide roller*



Gambar 8 DBB poros *guide roller*

$$F_{total} = 1700,532 \text{ N}$$

$$F_p = \frac{F_{total}}{8}$$

$$F_p = \frac{1700,532 \text{ N}}{8} = 212,566 \text{ N}$$

Besar pembebanan yang terjadi adalah $F = 212,566 \text{ N}$

$$M_p = 4517,18 \text{ Nmm}$$

Tegangan bengkok maksimum yang dapat ditahan oleh material SS304 adalah sebesar $\sigma_{bp} = 215 \text{ N/mm}^2$. Nilai ini digunakan sebagai batas izin tegangan dalam perhitungan kekuatan poros untuk memastikan bahwa tegangan akibat momen lentur yang bekerja tidak melebihi kapasitas material, sehingga struktur tetap aman dan tidak mengalami kegagalan selama operasi.

$$dp' = 3,4 \times \sqrt[3]{\frac{M_p}{\sigma_{bp}}} \quad (1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diameter minimum poros *guide roller* yang aman untuk digunakan adalah sebesar 9,382 mm. Namun, dalam perancangan aktual, poros *guide roller* dipilih menjadi diameter 12 mm. Pemilihan ini dilakukan untuk memberikan margin keamanan tambahan terhadap beban kerja yang mungkin melebihi asumsi awal serta untuk meningkatkan kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi selama pengoperasian mesin.

3.2.2. Perhitungan kekuatan *Beam* Pengait

Kondisi tegangan-tegangan yang terjadi dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut

$$\begin{aligned} \tau_{beam} &= \frac{V_{BY} \times Q_{beam}}{I_{beam} \times t_{beam}} \\ \sigma_{beam} &= \frac{M_{beam} \times c_{beam}}{I_{beam}} \\ SF_{\tau_{beam}} &= \frac{\sigma_{beamizin}}{\tau_{beam}} \\ SF_{\sigma_{beam}} &= \frac{\sigma_{beamizin}}{\sigma_{beam}} \end{aligned} \quad (2)$$

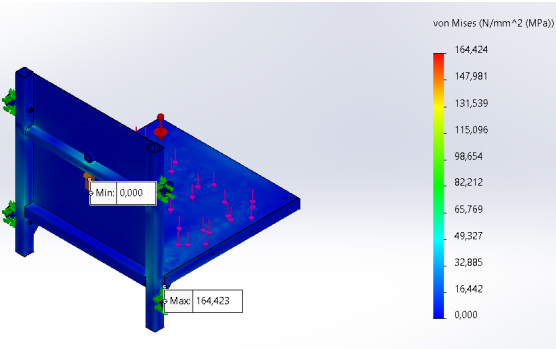
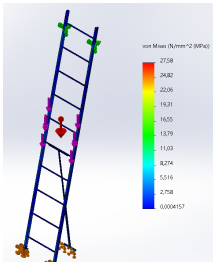
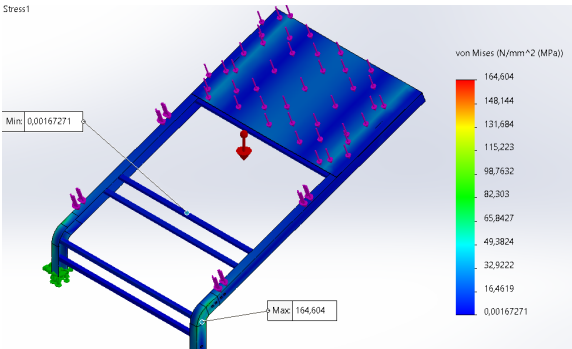
Dari hasil analisis diperoleh tegangan geser sebesar 36,041 MPa dan tegangan bengkok sebesar 153,148 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, *beam* pengait memiliki faktor keamanan terhadap tegangan geser sebesar 6,936, yang menunjukkan bahwa material tidak akan mengalami kegagalan akibat geser. Sementara itu, faktor keamanan terhadap tegangan lentur bernilai 1,632, yang masih berada di atas batas minimum yang diprasyaratkan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa konstruksi *beam* pengait dinyatakan aman terhadap beban kerja yang terjadi.

3.3. Kontrol dan Validasi Menggunakan Perangkat Lunak

Setelah dilakukan kontrol perhitungan secara teoritis, langkah selanjutnya adalah melakukan kontrol dan validasi melalui simulasi numerik menggunakan perangkat lunak rekayasa. Proses simulasi dilakukan dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan SolidWorks Simulation pada komponen kritis yaitu (1) bak pengangkut, (2) *frame ladder*, dan (3) *frame* atas.

Perancangan Mesin Angkat Sampah dengan Sistem Ladder Hoist untuk Aliran Sungai Kecil Berbasis Metode VDI 2222

Tabel 3 Hasil simulasi

Simulasi bak pengangkut		
	Tegangan	164,424 Mpa
	Safety Factor	1,258
Simulasi frame ladder		
	Tegangan	27,58 Mpa
	Safety Factor	
Simulasi frame atas		
	Tegangan	164,604 Mpa
	Safety Factors	

4. KESIMPULAN

Perancangan dengan metode VDI 2222 dapat diterapkan pada studi kasus perancangan mesin angkat sampah seperti yang dijelaskan pada poin-poin berikut:

- 1) mesin angkat sampah dengan sistem *ladder hoist* berhasil dirancang menggunakan metode VDI 2222, dengan kapasitas angkut 140 kg dan tinggi operasional hingga 5 meter;
- 2) rancangan mesin ini terbukti lebih efisien dibandingkan metode manual, meningkatkan kecepatan dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja;
- 3) struktur modular yang mendukung aspek portabilitas, perawatan, dan ketersediaan komponen lokal;
- 4) mesin ini diharapkan dapat menjadi solusi aplikatif dalam mendukung program pembersihan sungai secara berkelanjutan.

5. REFERENSI

- [1] A. Maryono, *Menangani Banjir, Kekeringan dan Lingkungan*. Yogyakarta: UGM PRESS, 2020.
- [2] "Jumlah Produksi Sampah Menurut Jenisnya di Kota Bandung | Open Data Kota Bandung." Diakses: 5 Desember 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://opendata.bandung.go.id/dataset/jumlah-produksi-sampah-menurut-jenisnya-di-kota-bandung>
- [3] J. Nikiema dan Z. Asiedu, *A Review of The Cost and Effectiveness of Solutions to Address Plastic Pollution*, vol. 29. 2022.
- [4] G. Pahl, K. Wallace, L. Blessing, dan G. Pahl, Ed., *Engineering design: a systematic approach*, 3rd ed. London: Springer, 2007.
- [5] H. Wittel, D. Jannasch, J. Voßiek, dan C. Spura, "Roloff/Matek Maschinenelemente".