

Perancangan mesin pencacah dan *injection molding* limbah plastik untuk produksi vas bunga berbasis SolidWorks

Rendy Maulana Saputra¹, Rany Puspita Dewi¹

¹Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Universitas Tidar, Kota Magelang

Penulis Korespondensi : Rendy Maulana Saputra (e-mail: rendy.maulana.saputra@students.untidar.ac.id)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan merancang mesin pencacah plastik dan *injection molding* terintegrasi untuk mendukung proses daur ulang limbah plastik menjadi produk bernilai guna berupa vas bunga. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan perancangan dan simulasi berbasis SolidWorks. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, perhitungan numerik, pembuatan desain tiga dimensi, *assembly*, dan simulasi *frequency analysis* untuk mengetahui karakteristik getaran serta kestabilan rangka mesin. Mesin dirancang menggunakan rangka berbahan ASTM A36 Steel dengan sistem pencacah dan *injection molding* dalam satu rangkaian proses. Hasil simulasi menunjukkan amplitudo tertinggi sebesar 1,008 mm pada frekuensi 66,541 Hz dan amplitudo terendah sebesar 0,007 mm pada frekuensi 25,03 Hz. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rancangan memiliki karakteristik dinamis yang stabil dan dapat digunakan sebagai validasi awal sebelum tahap fabrikasi. Penelitian ini diharapkan mendukung pengolahan limbah plastik secara lebih efektif dan berkelanjutan.

KATA KUNCI limbah plastik; mesin pencacah; *injection molding*; solidworks; simulasi frekuensi

1. PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi plastik dipengaruhi oleh gaya hidup modern yang mengutamakan kepraktisan dan biaya yang ekonomis. Sifat plastik yang ringan dan murah membuatnya banyak digunakan pada berbagai kebutuhan sehari-hari, seperti kantong kresek dan kemasan produk. Namun penggunaan tersebut menyebabkan meningkatnya akumulasi limbah plastik, dimana pada tahun 2023 sektor rumah tangga menyumbang 42,23% dari total 17,4 juta ton sampah plastik nasional [1].

Limbah plastik menjadi permasalahan lingkungan yang serius karena sulit terurai secara alami dan membutuhkan waktu lama untuk terdegradasi. Penanganannya dapat dilakukan melalui proses daur ulang agar limbah plastik memiliki nilai ekonomis kembali. Untuk mendukung proses tersebut, diperlukan mesin pencacah plastik yang mampu mengubah limbah berukuran besar menjadi serpihan kecil agar lebih mudah diolah kembali [2].

Plastik memiliki peranan penting dalam perkembangan teknologi karena bersifat ringan serta tahan terhadap kelembapan dan korosi, sehingga banyak menggantikan material logam dan kaca. Material ini juga memiliki fleksibilitas tinggi dalam pengembangan produk dengan dukungan teknologi cetakan seperti *blow molding*, ekstrusi, kompresi, dan injeksi, dimana metode injeksi menjadi teknik yang paling banyak digunakan

saat ini [3].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa mesin pencacah mampu mengolah 1 kg plastik dengan ketebalan 0,3–0,5 mm dalam 25 detik dan ketebalan 0,5–1 mm dalam 20 detik. Mesin ini efektif mencacah limbah plastik lunak seperti botol minuman dan kemasan oli hingga ketebalan 2 mm. Namun, meskipun kinerja pencacahan cukup baik, aspek stabilitas getaran belum dianalisis secara mendalam, padahal putaran tinggi pada poros dan pisau berpotensi menimbulkan gaya eksitasi yang memengaruhi ketahanan struktur mesin [4].

Hasil lain penelitian menunjukkan bahwa temperatur dan durasi preheat berpengaruh signifikan terhadap kualitas produk pada mesin *injection molding* manual. Pengaturan suhu dan waktu pemanasan awal yang tepat dapat mengurangi cacat produk, mempermudah proses produksi, dan menjaga stabilitas warna hasil cetakan [5].

Inovasi penelitian ini terletak pada integrasi mesin pencacah plastik dan unit *injection molding* untuk menciptakan proses produksi vas bunga yang lebih efisien. Dengan perancangan berbasis SolidWorks, teknologi ini dirancang untuk memanfaatkan limbah rumah tangga menjadi produk bernilai guna, sehingga proses daur ulang menjadi lebih ekonomis dan mendukung pengelolaan limbah plastik yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan merancang mesin pencacah plastik dan *injection molding* yang sesuai untuk skala

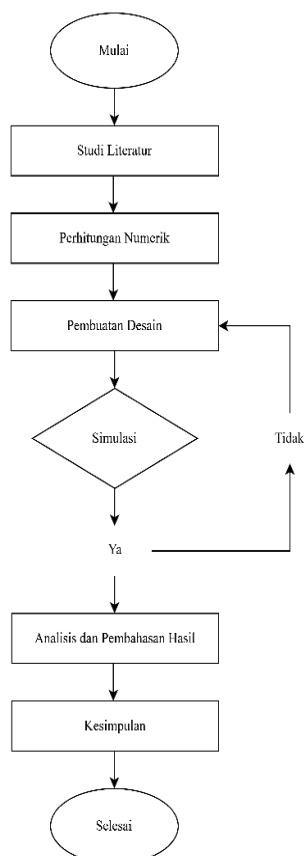
kecil untuk masyarakat serta mengintegrasikan keduanya dalam satu proses produksi yang efisien. Selain itu, penelitian juga bertujuan mengetahui kesesuaian rancangan mesin melalui simulasi sederhana sebagai validasi awal sebelum proses manufaktur.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan perancangan dan simulasi untuk menghasilkan desain mesin pencacah plastik yang terintegrasi dengan sistem *injection molding*. Penelitian dilakukan melalui perhitungan dan analisis data numerik secara sistematis, diawali dengan studi literatur serta pengumpulan data melalui observasi dan kajian referensi terkait material plastik HDPE dan PET, spesifikasi komponen mesin, dan parameter yang dibutuhkan dalam proses perancangan.

Tahap selanjutnya adalah perhitungan numerik untuk menentukan dimensi dan spesifikasi komponen mesin, seperti daya motor, torsi, kecepatan putar, dan kapasitas produksi, yang kemudian digunakan sebagai dasar pembuatan desain 3D menggunakan SolidWorks hingga tahap *assembly*. Setelah itu dilakukan simulasi dan analisis menggunakan metode *frequency analysis* untuk mengevaluasi kekuatan, kestabilan rangka, frekuensi alami, serta potensi resonansi mesin. Hasil analisis digunakan untuk menilai keamanan dan kinerja desain sebagai dasar optimasi sehingga diperoleh rancangan mesin yang optimal dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Flowchart

Perhitungan Numerik

Dalam perancangan mesin diperlukan perhitungan yang akurat untuk memperoleh hasil sesuai kebutuhan. Salah satu aspek penting adalah elemen mesin, yaitu komponen seperti roda gigi, poros, dan sabuk yang memiliki fungsi tertentu dalam sistem mekanis. Perhitungan yang tepat akan meningkatkan kinerja dan keandalan mesin [6].

a. Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (1)$$

ω = kecepatan sudut (rad/s)

n = putaran (rpm)

60 = konversi menit (detik)

2π = 1 putaran penuh (radian)

b. Torsi

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (2)$$

T = torsi (Nm)

P = Daya (Watt)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

c. Daya

$$P = T \cdot \omega \quad (3)$$

P = Daya (Watt)

T = torsi (Nm)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

d. Tegangan geser

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4)$$

τ = tegangan geser material (Pa)

F = gaya potong (N)

A = luas potongan yang dipotong (m²)

e. Kapasitas produksi

$$Q = \frac{M}{T} \quad (5)$$

Q = kapasitas produksi (kg/jam)

M = massa material (kg)

T = waktu proses (jam)

f. Perhitungan volume

$$V = \frac{M}{\rho} \quad (6)$$

V = volume

M = massa (kg)

ρ = massa jenis plastik

g. Tekanan injeksi

$$P = \frac{F}{A} \quad (7)$$

P = Tekanan (Pa)

F = Gaya dorong (N)

A = Luas penampang (m²)

h. Frekuensi sudut alami

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (8)$$

$$\omega_n = 2\pi f_n \quad (9)$$

f_n = frekuensi alami (Hz)

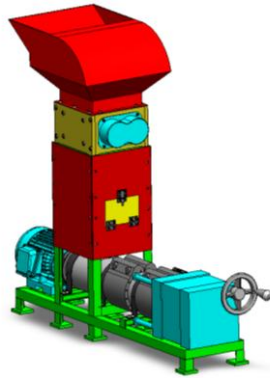
ω_n = frekuensi sudut alami (rad/s)

k = kekakuan pegas (N/m)

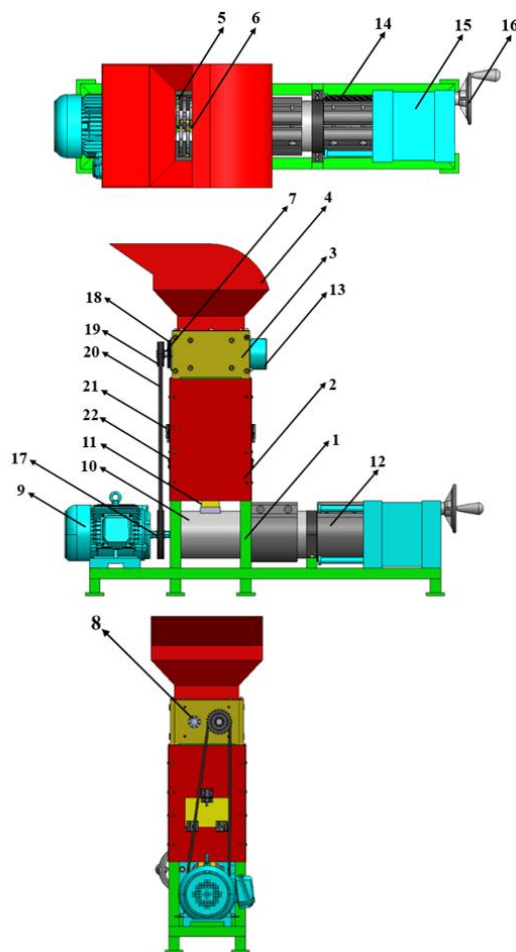
m = massa sistem (kg)

2π = konstanta ($\approx 3,14$)

Desain alat



Gambar 2. Desain Mesin Pengayak dan Injection Molding Limbah Plastik



Gambar 3. Komponen Mesin

Keterangan:

- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1. Rangka | 12. Heater |
| 2. Plat Body | 13. Penutup poros |
| 3. Shadder Box | 14. Ulir Pengunci |
| 4. Hopper In | 15. Molding Vas Bunga |
| 5. Pisau Pencacah | 16. Putaran |
| 6. Saringan | 17. Pulley Ø160 mm |
| 7. Poros | 18. Gear |
| 8. Bearing | 19. Pulley Ø80 mm |
| 9. Motor Listrik | 20. Belt |
| 10. Pipa Besi | 21. Pengunci |
| 11. Hopper Out | 22. Hinged |

Tahap desain mesin pencacah dan *injection molding* limbah plastik diawali dengan penyusunan tuntutan teknis dan fungsional sebagai dasar perancangan. Selanjutnya dilakukan analisis rancangan untuk menentukan komponen utama berdasarkan hasil observasi, studi literatur, serta beberapa alternatif desain yang dipertimbangkan. Desain mesin meliputi rangka, motor penggerak, sistem transmisi, poros, *gear*, *bearing*, *hopper*, *barrel*, pemanas, dan *molding*.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan rangka mesin adalah besi siku ASTM A36 *Steel* dengan spesifikasi ukuran 35 mm × 35 mm dan ketebalan 3 mm, yang dipilih karena memiliki kekuatan mekanik yang baik serta mampu menopang konstruksi mesin secara stabil. Material ini juga memiliki sifat mudah dilas dan mudah diperoleh di pasaran sehingga sesuai untuk penerapan pada perancangan mesin skala desa.

Simulasi

Simulasi adalah teknik yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis perilaku suatu sistem atau mesin secara virtual dalam berbagai kondisi operasional tanpa harus membuat prototipe bentuk fisik, sehingga memungkinkan insinyur memprediksi kinerja, mengevaluasi berbagai alternatif desain, dan juga dapat mengidentifikasi potensi masalah secara lebih efisien dalam proses pengembangan [7].

Simulasi dilakukan untuk menganalisis kekuatan rangka terhadap getaran yang diberikan. Melalui proses ini, dapat diketahui kemampuan struktur dalam menerima getaran (*frequency*) yang terjadi selama pengoperasian. Selain itu, hasil simulasi juga digunakan untuk mengevaluasi respon struktur terhadap beban dinamis sehingga dapat dipastikan bahwa rangka memiliki kinerja yang aman dan stabil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan

- a. Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 500}{60}$$

$$\omega = 52,36 \text{ rad/s}$$

- b. Torsi

$$T = \frac{5500}{52,36}$$

$$T = 105,1 \text{ Nm}$$

- c. Daya

$$P = 105,1 \times 52,36$$

$$P = 5,5 \text{ kW}$$

- d. Tegangan geser

$$\tau = \frac{450}{1,5 \times 10^{-5}}$$

$$\tau = 3,0 \times 10^7 \text{ Pa}$$

- e. Kapasitas produksi

$$Q = \frac{1}{0,1}$$

$$Q = 10 \text{ kg/jam}$$

- f. Perhitungan volume

$$V = \frac{20}{0,95}$$

$$V = 21,05 \text{ cm}^3$$

- g. Perhitungan tekanan

$$P = \frac{1200}{1,5 \times 10^{-5}}$$

$$P = 8,0 \times 10^7 \text{ Pa}$$

- h. Frekuensi sudut alami
Frekuensi alami (f_n) = 66,541 Hz (dari simulasi)

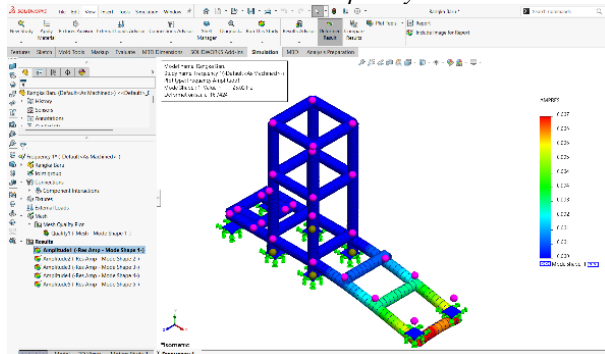
$$\omega_n = 2\pi \times 66,541$$

$$\omega_n = 417,87 \text{ rad/s}$$

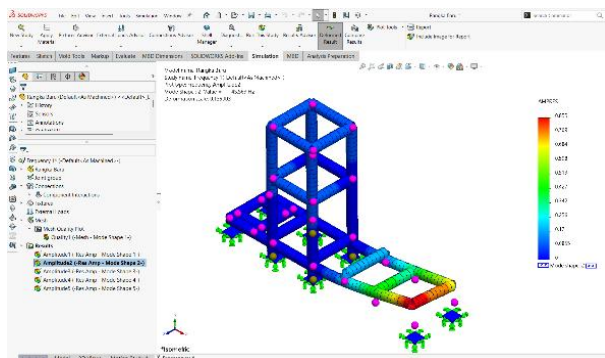
Frekuensi sudut alami (ω_n) = 417,87 rad/s

Hasil simulasi

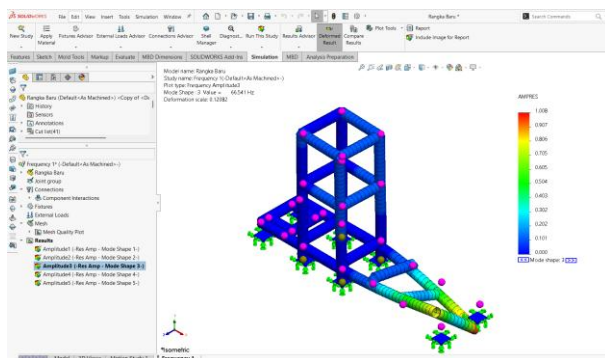
a. Hasil Simulasi *Frequency*



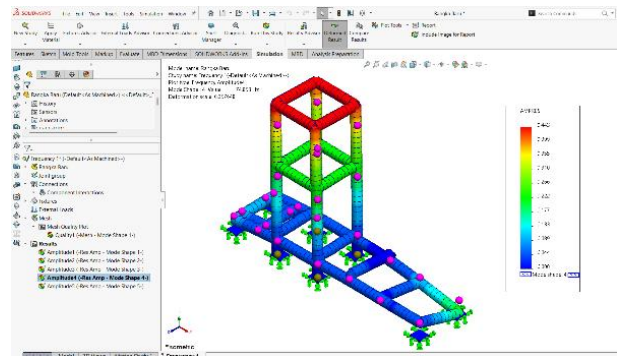
Gambar 4. Mode pada Amplitudo 1



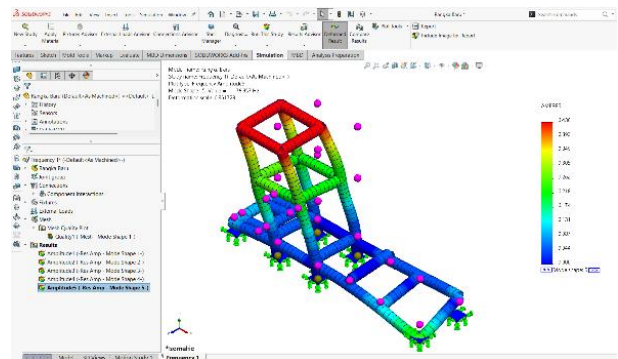
Gambar 5. Mode pada Amplitudo 2



Gambar 6. Mode pada Amplitudo 3



Gambar 7. Mode pada amplitudo 4



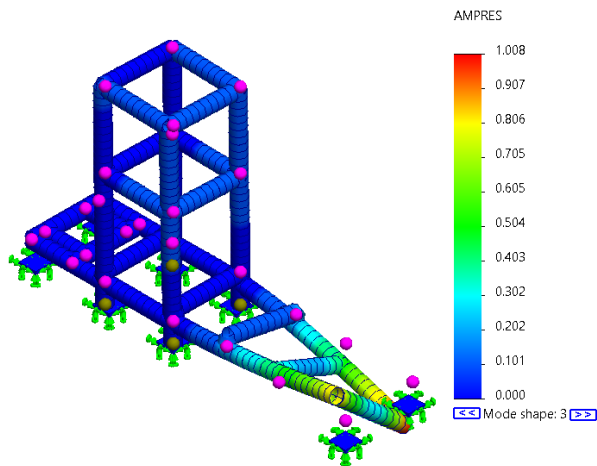
Gambar 8. Mode pada amplitudo 5

Dari analisis simulasi *frequency* yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada tabel 1.

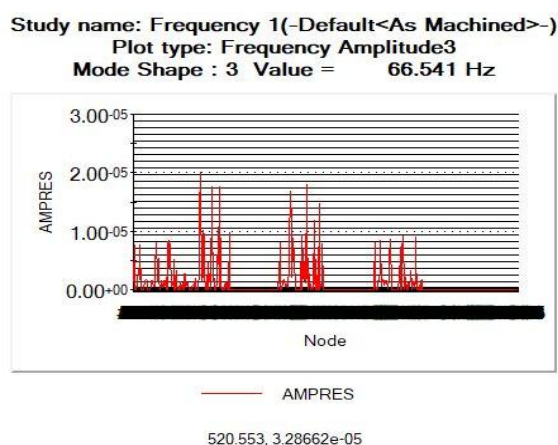
Tabel 1. Hasil simulasi frekuensi

Mode	AMPERS Tertinggi	Frekuensi (Hz)
Amplitudo 1	0,007	25,03
Amplitudo 2	0,855	45,563
Amplitudo 3	1,008	66,541
Amplitudo 4	0,443	74,853
Amplitudo 5	0,436	76,957

Hasil simulasi menggunakan metode *frequency analysis* pada mode amplitudo 3 digunakan sebagai contoh untuk mengetahui karakteristik getaran dan distribusi deformasi pada struktur rangka mesin saat menerima eksitasi pada frekuensi tertentu. Analisis ini ditampilkan dalam bentuk gambar deformasi dan grafik amplitudo guna memperlihatkan bagian struktur yang mengalami getaran paling dominan, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi kestabilan, kekuatan, serta potensi terjadinya resonansi pada rangka mesin yang dirancang. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 dan gambar 10.



Gambar 9. Hasil simulasi pada mode amplitude 3



Gambar 10. Grafik hasil simulasi mode pada amplitudo 3

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mesin pencacah plastik dan *injection molding* berhasil dirancang sebagai satu kesatuan sistem efektif, sederhana, dan mudah dioperasikan oleh masyarakat. Rancangan mesin dibuat dengan mempertimbangkan kemudahan proses produksi, penggunaan komponen yang mudah diperoleh, serta integrasi antara proses pencacahan dan pencetakan plastik guna meningkatkan efisiensi pengolahan limbah plastik menjadi produk yang dapat dimanfaatkan kembali. Selain itu, hasil analisis simulasi menunjukkan bahwa rancangan mesin memiliki karakteristik respons getaran yang berbeda pada setiap variasi frekuensi. Nilai amplitudo tertinggi diperoleh pada Amplitudo 3 sebesar 1,008 mm dengan frekuensi 66,541 Hz, sedangkan nilai amplitudo terendah terjadi pada Amplitudo 1 sebesar 0,007 mm pada frekuensi 25,03 Hz. Berdasarkan hasil tersebut, simulasi mampu memberikan validasi awal terhadap perilaku dinamis rancangan mesin serta menjadi acuan dalam mengevaluasi kestabilan dan kelayakan desain sebelum memasuki tahap fabrikasi dan pengujian secara langsung.

Dengan demikian, perancangan mesin pencacah plastik dan *injection molding* yang terintegrasi ini diharapkan mampu mendukung proses pengolahan limbah plastik secara lebih efektif dan efisien di lingkungan masyarakat. Hasil analisis simulasi yang telah dilakukan juga menunjukkan bahwa rancangan mesin memiliki karakteristik dinamis yang masih berada dalam kondisi aman untuk tahap perancangan awal, sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengembangan menuju tahap fabrikasi dan pengujian lebih lanjut. Selain itu, mesin yang dirancang diharapkan dapat membantu meningkatkan nilai guna limbah plastik, mengurangi pencemaran lingkungan, serta mendukung kegiatan daur ulang skala rumah tangga maupun usaha kecil menengah dapat membantu meningkatkan nilai guna limbah plastik, mengurangi pencemaran lingkungan, serta mendukung kegiatan daur ulang skala rumah tangga maupun usaha kecil menengah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rihi, Gusnawati, and A. Sanusi, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik Rumah Tangga," *J. Mesin Nusantara*, vol. 8, no. 1, pp. 77–86, 2025.
- [2] Y. V. Servianus, A. D. Baha, and D. D. Fernandez, "Desain Mesin Pengolahan Sampah Plastik Menggunakan Teknologi Mesin Pencacah," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 3, no. 4, pp. 290–302, 2024.
- [3] N. Endriatno, "DESAIN KOMPONEN MESIN PENCACAH MATERIAL TIPE ROTARY CHOPPER," *Din. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 298–303, 2025.
- [4] I. Sujana and F. Imansyah, "IMPLEMENTASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA: KAJI TERAP MESIN PENCACAH PLASTIK UNTUK PENGOLAHAN SAMPAH SKALA KOMUNITAS," *J. ABDI Insa.*, vol. 12, no. 6, pp. 2667–2676, 2025.
- [5] A. N. Huda, I. A. Hendaryanto, B. T. Prayoga, D. T. Mesin, S. Vokasi, and U. G. Mada, "Analisis Pengaruh Temperatur dan Durasi Preheat Terhadap Cacat Produk pada Mesin Injection Molding Manual," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 8, no. 2, pp. 106–112, 2024.
- [6] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 11th ed. Jakarta: Pradnya Paramita, 2004.
- [7] H. Sianturi, "Penggunaan Teknologi Simulasi untuk Optimalisasi Desain Mesin," pp. 1–12, 2024.