

Perancangan Mesin Pencacah Polimer Komposit Kapasitas 10 kg/Jam

Design of Composite Polymer Crusher Machine: Capacity 10 kg/Hour

Rhenaldy Primananda Pangaribuan¹, Iswandi^{1*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan 20223, Indonesia

*Corresponding author: iswandi@staff.uma.ac.id

Diterima: 18-07-2025

Disetujui: 12-08-2025

Dipublikasikan: 30-08-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Peningkatan volume limbah plastik komposit menimbulkan tantangan serius bagi lingkungan sehingga diperlukan solusi pengolahan yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang mesin pencacah plastik komposit berkapasitas 10 kg/jam yang sesuai untuk industri kecil maupun rumah tangga. Metode perancangan dilakukan melalui pendekatan kuantitatif dengan analisis rangka, sistem transmisi sabuk V, dan pemilihan pisau baja karbon. Hasil menunjukkan mesin mampu mencapai kapasitas target dengan konsumsi energi rendah dan stabilitas struktural baik. Kesimpulan penelitian menegaskan bahwa mesin ini berpotensi menjadi solusi tepat guna dalam mendukung program daur ulang plastik berkelanjutan pada skala lokal.

Kata Kunci: Mesin pencacah, Polimer, Perancangan, Kapasitas 10 kg/jam.

Abstract

The increasing volume of composite plastic waste poses serious challenges to the environment, so practical and sustainable treatment solutions are needed. This research aims to design a composite plastic shredding machine with a capacity of 10 kg/h, suitable for small industries and households. The design method employed a quantitative approach, incorporating frame analysis, a V-belt transmission system, and the selection of a carbon steel blade. The results show that the machine can achieve the target capacity with low energy consumption and good structural stability. The study's conclusion confirms that this machine has the potential to be an effective solution in supporting sustainable plastic recycling programs on a local scale.

Keywords: Crushing machine, Polimer, Design, 10 kg/hour capacity.

Pertumbuhan penggunaan plastik di berbagai sektor industri menyebabkan peningkatan signifikan terhadap volume limbah plastik global setiap tahunnya (Geyer et al., 2017). Sifat plastik yang ringan, kuat, tahan korosi, serta biaya produksi rendah menjadikannya material utama dalam kemasan dan komponen teknik (Lebreton and Andrady, 2019). Namun, sifat tidak terdegradasi secara alami mengakibatkan akumulasi limbah plastik yang mencemari tanah, air, dan ekosistem (Tsuchimoto and Kajikawa, 2022). Kondisi ini menimbulkan tantangan serius terkait keberlanjutan lingkungan dan kesehatan manusia (Jambeck et al., 2015).

Selain itu, plastik komposit memiliki karakteristik unik karena terdiri dari campuran polimer dan aditif yang meningkatkan kekuatan maupun ketahanan kimia. Hal ini menyebabkan proses degradasi menjadi semakin sulit dibandingkan plastik tunggal (Ragaert et al., 2017). Akumulasi limbah plastik komposit di lingkungan perkotaan juga menimbulkan masalah sosial ekonomi, karena volume yang besar memerlukan sistem pengelolaan yang efektif (Singh et al., 2021). Upaya daur ulang secara mekanis melalui pencacahan menjadi salah satu pendekatan yang lebih ramah lingkungan dibandingkan metode pembakaran maupun *landfill* (Reddy and

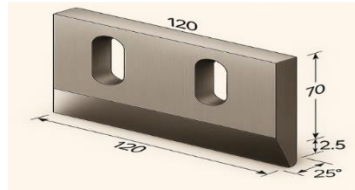
Raju, 2018). Salah satu solusi yang berkembang adalah proses daur ulang plastik melalui teknik mekanis dengan tahapan pencacahan sebagai proses awal (Hossack et al., 2017). Pencacahan plastik mengubah limbah berukuran besar menjadi serpihan kecil sehingga lebih mudah diproses ulang menjadi produk sekunder. Pengembangan mesin pencacah plastik dengan kapasitas sesuai kebutuhan industri kecil sangat penting untuk meningkatkan efektivitas rantai daur ulang. Mesin pencacah sederhana berkapasitas kecil berperan penting dalam mendukung konsep circular economy karena mempermudah proses daur ulang pada skala rumah tangga dan UMKM (Wong et al., 2022a). Namun, pengembangan mesin tersebut masih terbatas pada penelitian prototipe, sehingga kajian sistematis mengenai kapasitas, efisiensi energi, dan stabilitas struktural perlu dilakukan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan mesin pencacah plastik komposit kapasitas 10 kg/jam yang sederhana, efisien, dan dapat diproduksi secara lokal. Pertanyaan penelitian dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang mesin pencacah plastik dengan kapasitas 10 kg/jam yang memenuhi kebutuhan industri kecil dengan efisiensi energi serta biaya produksi yang terjangkau. Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan teknis dengan metode kuantitatif untuk menganalisis kapasitas mesin pencacah plastik komposit. Tahapan penelitian meliputi perancangan rangka, pemilihan material, analisis sistem transmisi, serta perhitungan daya motor listrik yang dibutuhkan. Pemodelan struktur rangka dilakukan dengan mempertimbangkan kekuatan, stabilitas, dan kemudahan fabrikasi (Olodu et al., 2025a). Proses analisis dilengkapi dengan evaluasi kapasitas pencacahan teoritis dan efisiensi energi menggunakan standar perancangan mekanik (Uzosike et al., 2023). Proses perancangan diawali dengan identifikasi kebutuhan kapasitas produksi dan karakteristik material plastik komposit yang umum digunakan. Analisis rangka dilakukan dengan pendekatan perhitungan mekanika teknik untuk memastikan ketahanan terhadap gaya puntir dan getaran. Sistem transmisi sabuk-V dipilih karena efisien, biaya rendah, dan ketersediaannya mudah di pasar lokal. Daya motor ditentukan menggunakan persamaan kebutuhan torsi pada pisau, dengan verifikasi hasil perhitungan menggunakan pendekatan literatur standar desain mesin. Evaluasi rancangan dilakukan secara teoritis untuk memprediksi kapasitas pencacahan serta konsumsi energi.

Perancangan mesin pencacah plastik komposit kapasitas 10 kg/jam menghasilkan konfigurasi komponen utama berupa rangka baja siku, sistem pisau putar, transmisi sabuk V, serta motor listrik 2 HP. Hasil perhitungan daya menunjukkan kebutuhan daya sebesar 1,36 kW, yang masih berada dalam batas kemampuan motor listrik yang digunakan. Analisis torsi pisau diperoleh sebesar 3249 Nm, sehingga struktur rangka dirancang untuk menahan gaya puntir dan getaran selama proses pencacahan. Penggunaan pisau berbahan baja karbon dipilih karena memiliki ketahanan aus yang baik serta kemudahan proses penajaman ulang. Konsep pemilihan material tersebut sejalan dengan hasil penelitian (Dwy et al., 2025; Fauzi et al., 2025; Grigore, 2017), yang menekankan pentingnya keberlanjutan sifat mekanis material daur ulang. Selain itu, dimensi mata pisau $12 \times 7 \times 0,5$ cm dengan sudut tajam 25° (Gambar 1) terbukti mampu mencacah plastik komposit menjadi serpihan berukuran seragam, sehingga memudahkan tahap pengolahan berikutnya.

Rancangan mesin pencacah plastik ditunjukkan pada Gambar 2 dengan konfigurasi komponen yang saling terintegrasi. Hopper (1) berfungsi sebagai wadah masuk material plastik sebelum dicacah, sedangkan pulley (2) dan poros (3) menjadi sistem transmisi utama penggerak pisau. Baut pengunci (4) ditempatkan untuk menjaga keamanan saat penutup mata pisau dipasang, sehingga operator terlindungi dari risiko kecelakaan kerja. Corong hasil cacahan (5) mengarahkan material keluar agar mudah ditampung, sedangkan rangka besi siku (6) berfungsi menopang seluruh komponen mesin agar stabil saat beroperasi. Tutup mata pisau (7) melindungi mekanisme pencacahan dari benda asing, sementara saklar ON/OFF (8) mengendalikan operasi mesin secara praktis. Motor listrik 2 HP (9) menyediakan daya utama yang ditransmisikan melalui sistem sabuk, dengan meja dudukan (10) sebagai penopang motor untuk menjaga keselarasan. Hasil rancangan ini menunjukkan integrasi desain sederhana namun efisien, mendukung kebutuhan daur ulang plastik pada skala kecil dilihat pada Tabel 1. Rangka mesin berbahan baja

profil U dilas secara penuh untuk meningkatkan kekakuan struktural. Konstruksi ini terbukti mampu menahan beban dinamis dan getaran, sejalan dengan temuan (Wong et al., 2022b) yang menekankan pengaruh desain rangka terhadap stabilitas dan umur pakai shredder. Selain itu, sistem transmisi sabuk V dipilih karena efisien, mudah diperoleh, dan memiliki tingkat perawatan rendah, mendukung rekomendasi (Olodu et al., 2025b) terkait penerapan teknologi tepat guna berbasis ketersediaan lokal.

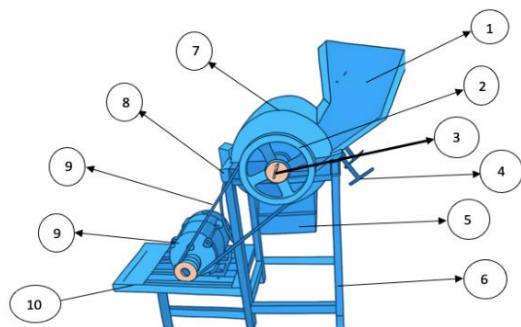


Gambar 1. Dimensi mata pisau

Tabel 1. Parameter perancangan mesin pencacah polimer komposit

No	Parameter	Rumus / Perhitungan	Hasil
1	Tegangan Geser yang diizinkan (K_s)	$K_s = 0,86 \times S_u$; $S_u = 620 \text{ N/mm}^2$	$K_s = 533,3 \text{ N/mm}^2$
2	Luas Penampang Pisau (A_s)	$A_s = \frac{1}{2} \times t \times b = \frac{1}{2} \times (15 \times 25) \text{ mm}^2$	$187,5 \text{ mm}^2$
3	Tahanan Geser Pisau (F_s)	$F_s = K_s \times A_s = 533,3 \times 187,5$	99.975 N
4	Torsi pada Pisau Putar (T_1)	$T_1 = F_s \times R = 99.975 \times 0,0325$	$3.249,1 \text{ Nm}$
5	Momen Inersia Poros (I_p)	$I_p = \frac{1}{2} \times m \times r^2 = \frac{1}{2} \times 8 \times (0,0325)^2$	$0,0042 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$
6	Daya	$P = (T \times n) / 9550$; $T = 9,76 \text{ Nm}$	$1,47 \text{ kW}$
7	Data Perancangan	$N_1 = 1400 \text{ rpm}$; $N_2 = 400 \text{ rpm}$; $P = 2 \text{ HP}$; $C = 950 \text{ mm}$; Sabuk V : Tipe E	-
8	Kecepatan Linier Sabuk (V)	$V = (d_p \times n_1) / (60 \times 1000) = (76,2 \times 1500) / (60 \times 1000)$	$0,635 \text{ m/s}$
9	Panjang Sabuk (L)	$L = 2C + 1,1(D_1 + D_2) + (D_1 - D_2)^2 / (4C) = 1000 + 330 + 5$	$1335 \text{ mm (52,5 in)}$
10	Daya Rencana (P_d)	$P_d = F_c \times P = 1,1 \times 136$	136 kW
11	Momen Puntir Rencana (T)	$T = 9,74 \times 10^5$	$88.309 \text{ kg}\cdot\text{mm}$
12	Material Poros	S40C (AISI 1040) dengan $\sigma_B = 40 \text{ kg/mm}^2$	-
13	Tegangan yang diizinkan (σ_a)	$\sigma_a = \sigma_B / (Sf_1 \times Sf_2) = 40 / (6 \times 3)$	$2,22 \text{ kg/mm}^2$

Uji kapasitas teoritis menunjukkan mesin mampu menghasilkan output mendekati target 10 kg/jam dengan konsumsi energi relatif rendah. Evaluasi efisiensi energi mengacu pada pendekatan yang menekankan pentingnya optimasi desain untuk menekan biaya operasional. Dengan demikian, mesin ini tidak hanya layak digunakan pada skala rumah tangga dan industri kecil, tetapi juga mendukung konsep ekonomi sirkular melalui peningkatan laju daur ulang plastik komposit.



Keterangan Gambar:

1. Hopper
2. Pulley
3. Poros
4. Baut pengunci tutup mata pisau
5. Corong hasil cacahan
6. Rangka besi siku
7. Tutup mata pisau
8. Saklar ON/OFF
9. Motor listrik 2 HP
10. Meja dudukan motor listrik

Gambar 2. Rancangan mesin pencacah plastik

Secara keseluruhan, hasil perancangan membuktikan bahwa kombinasi desain sederhana, material lokal, dan efisiensi energi dapat menjawab keterbatasan mesin komersial yang cenderung mahal dan boros daya. Temuan ini sejalan dengan arah penelitian global tentang teknologi pengolahan limbah plastik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Al-Salem et al., 2009). Penelitian ini berhasil merancang mesin pencacah plastik komposit dengan kapasitas 10 kg/jam yang sederhana, efisien, dan dapat diproduksi secara lokal. Perancangan mencakup analisis rangka, pemilihan material pisau, serta sistem transmisi sabuk V dengan motor listrik 2 HP. Hasil evaluasi menunjukkan kapasitas pencacahan tercapai sesuai target dengan konsumsi energi rendah dan stabilitas struktural yang baik. Mesin ini diharapkan menjadi solusi tepat guna bagi industri kecil dan rumah tangga dalam mendukung program daur ulang plastik berkelanjutan, sekaligus menjawab keterbatasan mesin komersial yang mahal dan kurang efisien.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Medan Area, khususnya Program Studi Teknik Mesin, atas dukungan fasilitas dan bimbingan penelitian. Apresiasi juga diberikan kepada keluarga, sahabat, serta rekan sejawat yang telah memberi motivasi, bantuan, dan doa dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Al-Salem, S.M., Lettieri, P., Baeyens, J., 2009. "Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review". *Waste Management* 29, 2625–2643. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.004>.
- Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L., 2017. "Production, use, and fate of all plastics ever made". *Sci Adv* 3. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>.
- Dwy, S., Hermanto, T., Iswandi, I., Darianto, D., 2025. "Analisis Kinerja Mesin Peniris Bawang Untuk Industri Makanan Skala Kecil". *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 4, 59–68. <https://doi.org/10.56862/iraitma.v4i1.199>.
- Fauzi, Rizky, Iswandi Iswandi, and Tino Hermanto. 2025. "Development of An Electric-Powered Oil Palm Harvesting Tool Prototype to Improve Productivity". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 4 (1):76-86. <https://doi.org/10.56862/iraitma.v4i1.179>.
- Grigore, M., 2017. "Methods of Recycling, Properties and Applications of Recycled Thermoplastic Polymers". *Recycling* 2, 24. <https://doi.org/10.3390/recycling2040024>.
- Hossack, B.R., Puglis, H.J., Battaglin, W.A., Anderson, C.W., Honeycutt, R.K., Smalling, K.L., 2017. "Widespread legacy brine contamination from oil production reduces survival of chorus frog larvae". *Environmental Pollution* 231, 742–751. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.070>.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., Law, K.L., 2015. "Plastic waste inputs from land into the ocean". *Science* (1979) 347, 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>.
- Lebreton, L., Andrady, A., 2019. "Future scenarios of global plastic waste generation and disposal". *Palgrave Commun* 5, 6. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>.
- Olodu, D.D., Aluya, F.O., Walters, S., Falobi, B.A., 2025a. "Design and Fabrication of a Locally Made Plastic Shredder". *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)* 8, 226–239. <https://doi.org/10.53982/ajerd.2025.0801.24-j>.
- Ragaert, K., Delva, L., Van Geem, K., 2017. "Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste". *Waste Management* 69, 24–58. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044>.
- Reddy, S., Raju, T., 2018. "Design and Development of mini plastic shredder machine". *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 455, 012119. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/455/1/012119>.
- Singh, S., Dwivedi, S.P., Kumar, A., Anand, V., Vikram Singh, V., Tauqueer Ansari, Md., 2021. "A critical review on the utilization of waste PET and marble dust in the development of composite material". *Mater Today Proc* 47, 4034–4040. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.535>.
- Tsuchimoto, I., Kajikawa, Y., 2022. "Recycling of Plastic Waste: A Systematic Review Using Bibliometric Analysis". *Sustainability* 14, 16340. <https://doi.org/10.3390/su142416340>.
- Uzosike, C.C., Yee, L.H., Padilla, R.V., 2023. "Small-Scale Mechanical Recycling of Solid Thermoplastic Wastes: A Review of PET, PEs, and PP". *Energies (Basel)* 16, 1406. <https://doi.org/10.3390/en16031406>.
- Wong, J.H., Gan, M.J.H., Chua, B.L., Gakim, M., Siambun, N.J., 2022a. "Shredder machine for plastic recycling: A review paper". *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 1217, 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1217/1/012007>.
- Wong, J.H., Gan, M.J.H., Chua, B.L., Gakim, M., Siambun, N.J., 2022b. "Shredder machine for plastic recycling: A review paper". *IOP Conf Ser Mater Sci Eng* 1217, 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1217/1/012007>.