

Studi Performa Mesin Pencacah Polimer Komposit Berbasis Uji Laboratorium

Experimental Performance Study of a Composite Polymer Crushing Machine in Laboratory Scale

Danial Jack Marbis Sianturi¹, Theo Fredrik Tumangger¹, Iswandi¹, Yopan Rahmad Aldori^{1*}, Bobby Umroh¹

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

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

Diterima: 24-07-2025

Disetujui: 18-08-2025

Dipublikasikan: 30-08-2025

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



Abstrak

Polimer merupakan hasil polimerisasi monomer dengan densitas lebih rendah dibanding logam, namun memiliki modulus elastisitas yang jauh lebih kecil sehingga kurang kaku dan sangat dipengaruhi oleh suhu. Penelitian ini mengevaluasi kinerja mesin pencacah skala laboratorium untuk polipropilena yang dicampur karbon aktif dengan variasi komposisi. Mesin menggunakan pisau putar baja karbon yang digerakkan motor listrik 1 HP melalui transmisi gear box. Hasil uji menunjukkan waktu pencacahan rata-rata 3,5–4 menit/kg. Sampel polipropilena murni menghasilkan 72% fraksi halus, sedangkan penambahan 10% karbon aktif menurunkannya menjadi 65%. Efisiensi pencacahan tetap di atas 85%, membuktikan performa mesin stabil dan layak untuk aplikasi material komposit.

Kata Kunci: Polimer, Karbon Aktif, Mesin Pencacah, Efisiensi Pencacahan.

Abstract

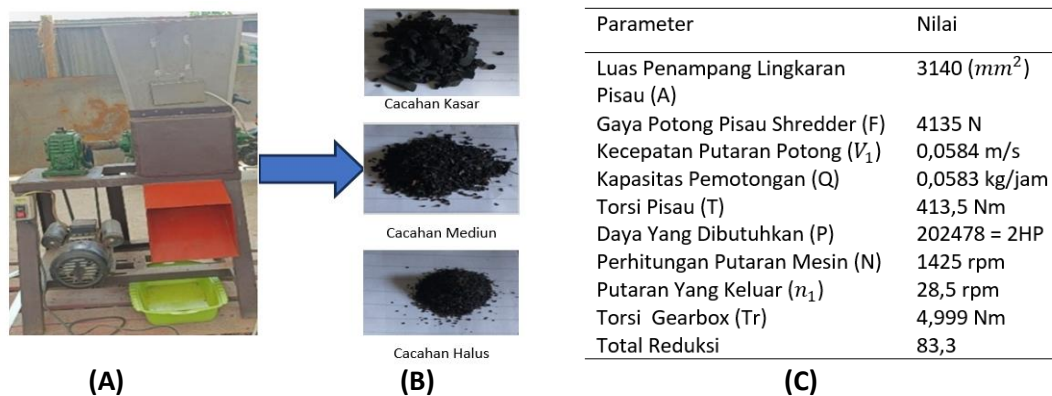
Polymers are the result of monomer polymerization with a lower density than metals but a much smaller elastic modulus, making them less rigid and strongly affected by temperature. This study evaluates the performance of a laboratory-scale crushing machine for polypropylene blended with activated carbon at varying compositions. The machine employed carbon steel rotary blades driven by a 1 HP electric motor through a gearbox transmission. Results showed average crushing times of 3.5–4 minutes/kg. Pure polypropylene produced a 72% fine fraction, while adding 10% activated carbon reduced it to 65%. Crushing efficiency remained above 85%, demonstrating stable performance and feasibility for composite material applications.

Keywords: Polymer, Activated Carbon, Crushing Machine, Crushing Efficiency.

Plastik merupakan polimer dengan rantai panjang atom yang saling berikatan berulang. Rantai ini tersusun atas unit molekul dasar yang disebut monomer (Neto, et al. 2022). Secara umum, istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetis maupun semi sintetis (Botha, et al. 2023). Beberapa polimer alami juga dapat digolongkan sebagai plastik (Harijono, Syah and Hartono 2022). Proses pembentukannya terjadi melalui kondensasi organik atau polimerisasi adisi (Yim and Kim 2023). Untuk meningkatkan sifat mekanik dan efisiensi ekonomi, plastik sering ditambahkan zat aditif (T.S, et al. 2021). Penelitian sebelumnya menilai pengaruh variasi putaran mesin terhadap kinerja pencacah plastik (Purba, Iswandi and Umroh 2023).

Pemanfaatan plastik daur ulang semakin penting untuk mengurangi dampak lingkungan (Aminur, et al. 2023). Proses pencacahan berfungsi memperkecil ukuran material sehingga lebih mudah diproses ulang (Nayan and Hafli 2022). Penambahan bahan pengisi seperti karbon aktif

dapat memperbaiki sifat fungsional komposit (Khalil, et al. 2022). Oleh karena itu, penelitian performa mesin pencacah skala laboratorium menjadi relevan dalam mendukung inovasi material berkelanjutan (Rasyid, Zulfikar and Iswandi 2022). Mesin menggunakan dua silinder berpisau yang berputar berlawanan arah. Selama proses, plastik menjadi lebih lunak dan mudah dicacah. Putaran mesin divariasikan pada 200, 300, dan 400 rpm. Sampel uji berupa wadah nasi dalam kondisi utuh maupun berlubang. Hasil pencacahan berbentuk butiran plastik yang dapat didaur ulang. Pada 200 rpm diperoleh ukuran dengan selisih 6,68. Pada 400 rpm massa butiran meningkat dengan selisih 12,6. Hasil ini menunjukkan variasi kecepatan putaran berpengaruh signifikan terhadap performa pencacahan.



Gambar 1. (A) Mesin pencacah polimer, (B) Hasil cacahan polimer, (C) Parameter pencacah polimer

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil pada proses pencacahan agar mendapatkan hasil cacahan halus dan kasar berdasarkan campuran bahan dan ukuran pada mesh dengan menggunakan software Minitab. Data yang didapat berdasarkan hasil pengamatan pada saringan/mesh dengan menggunakan ISO 3310-1:2000. Pemodelan penelitian menggunakan mechanical (MINITAB STATISTICAL) dengan material polimer komposit 3 variasi Pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan hasil

Jenis Polimer	Waktu	Mesh	Hasil (g)
90%PP	2 menit	53 msh	0,627
90%PP	4 menit	90 msh	0,703
90%PP	6 menit	Tak terayak	58,67
80%PP	2 menit	90 msh	0,614
80%PP	4 menit	Tak terayak	58,836
80%PP	6 menit	53 msh	0,55
70%PP	2 menit	Tak terayak	58,853
70%PP	4 menit	53 msh	0,535
70%PP	6 menit	90 msh	0,612

Dari hasil percobaan maka akan dilakukan pengolahan data dengan metode Taguchi dan dapat dihitung nilai rata-rata, nilai SNR, dengan variabel seperti dibawah ini.

Tabel 2. Jumlah faktor dan level pada percobaan Taguchi

Variabel	Variasi		
	level 1	level 2	level 3
Jenis Polimer	90%PP+10%KA	80%PP+20%KA	70%PP+30%KA
Waktu	6 menit	4 menit	2 menit
Mesh	Tidak ter-ayak	90mic	53mic

Tabel 3. Response table for signal to noise ratios smaller is better

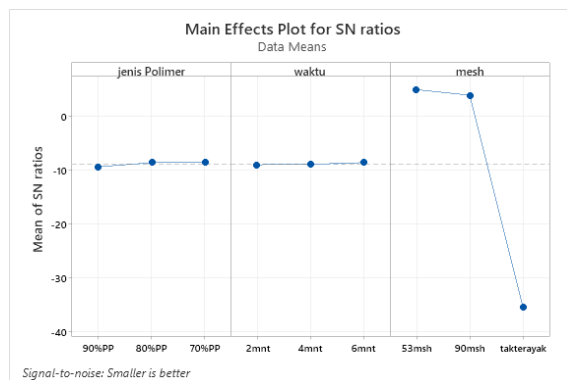
Level	Jenis Polimer	Waktu	Mesh
1	-9.418	-9.035	4.893
2	-8.654	-8.966	3.854
3	-8.566	-8.637	-35.386
Delta	0.852	0.398	40.279
Rank	2	3	1

Tabel 4. Respon tabel for mean

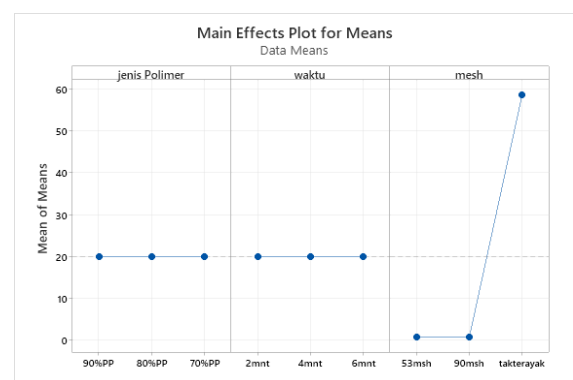
Level	Jenis Polimer	Waktu	Mesh
1	20.0000	20.0313	0.5707
2	20.0000	20.0247	0.6430
3	20.0000	19.9440	58.7863
Delta	0.0000	0.0873	58.2157
Rank	3	2	1

Tabel 5. Analysis of variance

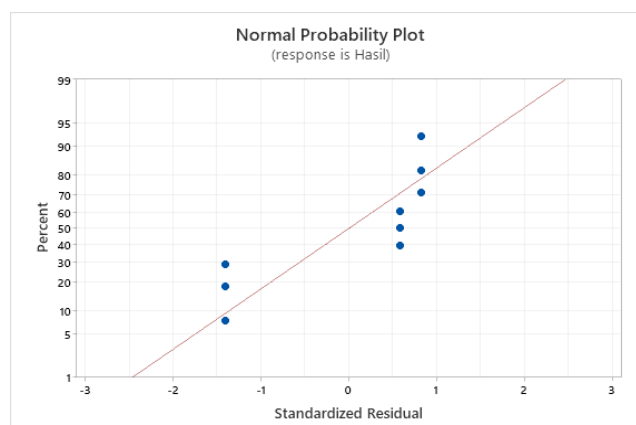
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Jenis Polimer	2	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00	1.000
Waktu	2	0.01	0.00%	0.01	0.01	0.86	0.538
Mesh	2	6769.72	100.00%	6769.72	3384.86	409277.11	0.000
Error	2	0.02	0.00%	0.02	0.01		
Total	8	6769.75	100.00%				



(A)



(B)



(C)

Gambar 2. (A) Plot For SN Ratios , (B) Main Effects Plot For Mean, (C) Pareto Charts Of The Standardized Effects

Dari penelitian yang dilakukan berdasarkan hasil pengambilan data dan perhitungan baik menggunakan Minitab Statistical maupun manual dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut, dari tabel analisis of variance Maka didapat nilai F hitung sebesar 409277.11 dan dari tabel titik Persentase Distribusi F untuk Probabilita 0,05, df untuk nilai pembilang (N_1) = 2, dan df untuk nilai penyebut (N_2) 6. Maka nilai F hitung sebesar 409277.11 > dari F table. Dari data yang didapatkan dari hasil penelitian maka dapat disimpulkan hasil pencacahan polimer komposit 60 gram menggunakan 3 variasi mesh. Karena hasil F hitung lebih besar dari pada f tabel. Adalah sama dengan tidak kasar atau bisa disebut halus.

Daftar Pustaka

- Aminur, Aminur, Sudarsono Sudarsono, Raden Rinova Sisworo, Prinob Aksar, Citra Yurnidar Syah, and Wa Ode Nartin Hamundu. 2023. "Studi Sifat Mekanik Komposit Polimer Serat Bambu Dengan Struktur Berlapis." *Jurnal Teknik Mesin Sinergi* 21 (1). <https://doi.org/10.31963/sinergi.v21i1.3808>.
- Botha, Natasha, Roelof Coetzer, Helen M. Inglis, and F. J. W. J. Labuschagne. 2023. "Statistical analysis of the effect of varying material and manufacturing conditions on the mechanical properties of high-density polyethylene/layered double hydroxide composites." *SPE Polymers* 4 (4). <https://doi.org/10.1002/pls2.10098>.
- Harijono, Fahmi Juhan Syah, and Hartono. 2022. "Rekayasa Kekuatan Tarik terhadap Polymer Hybrid Composite Variasi Penambahan Serat Daun Nanas dan Serbuk Arang." *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium* 1 (2022). <https://doi.org/10.25047/plp.v1i2.3016>.
- Khalil, Yas, Neil Hopkinson, Adam J. Kowalski, and John Patrick A. Fairclough. 2022. "Investigating the Feasibility of Processing Activated Carbon/UHMWPE Polymer Composite Using Laser Powder Bed Fusion." *Polymers* 14 (16). <https://doi.org/10.3390/polym14163320>.
- Nayan, Ahmad, and Teuku Hafli. 2022. "Analisa Stuktur Mikro Material Komposit Polimer Berpenguat Serbuk Cangkang Kerang." *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology* 6 (1). <https://doi.org/10.29103/mjmst.v6i1.8184>.
- Neto, Jorge, Henrique Queiroz, Ricardo Aguiar, Rosemere Lima, Daniel Cavalcanti, and Mariana Doina Banea. 2022. "A Review of Recent Advances in Hybrid Natural Fiber Reinforced Polymer Composites." *Journal of Renewable Materials* 10 (3). <https://doi.org/10.32604/jrm.2022.017434>.
- Purba, Jepriadi, Iswandi, and Bobby Umroh. 2023. "Pembuatan Mesin Internal Mikser Biji Plastik Kapasitas 50 g/h." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin dan Industri* 2 (1). <https://doi.org/10.31289/jitmi.v2i1.1952>.
- Rasyid, M. A., A. J. Zulfikar, and Iswandi. 2022. "Analisis Kekuatan Tarik Komposit Laminat Jute Berdasarkan Pola Kerusakan Kolom Silinder Metode Split Tensile Test." *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (2). <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.15>.
- Sivalingam, S., T. P Sathishkumar, L Rajeshkuma, and M. Sathishkumar. 2025. "Failure analysis of hybrid fiber reinforced polymer composite tubes subjected to quasi-static compressive load: an experimental study." *Scientific Reports* 15 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-12242-w>.
- Tumanggor, Theo Fredrik. *Analisis Unjuk Kerja Mesin Pencacah Polimer Komposit Skala Laboratorium*. Skripsi. Universitas Medan Area, 2024.
- T.S, Frawito, Sihombing, Christoper Hutasoit, and Trio Ismanto Padang. 2021. "Desain dan Pembuatan Papan Tiruan dari Bahan Komposit Laminat Diperkuat Lembaran Batang Pisang." *Journal Of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials And Energy*. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v5i1.4094>.
- Yim, Yoon-Ji, and Byung-Joo Kim. 2023. "Preparation and Characterization of Activated Carbon/Polymer Composites: A Review." *polymers* (MDPI) 15 (16). <https://doi.org/10.3390/polym15163472>.