

Analisis Kapasitas Mesin Pencacah Limbah Plastik dan Tekstil Menggunakan Unit Penghancur (*Shredder*)

Rivan Muhfidin^{1✉}, Sely Novita Sari², Rizqi Prastowo³

¹ Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia

² Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia

³ Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 24-05-2024

Direvisi : 26-05-2024

Diterima : 30-05-2024

Kata Kunci:

Kapasitas, Mesin, Limbah, Plastik, Tekstil

Keywords :

Capacity, Machinery, Waste, Plastic, Textile.

ABSTRAK

Sampah plastik menjadi isu lingkungan mendesak dengan produksi global mencapai jutaan ton per tahun, berdampak negatif di darat dan laut. Daur ulang sampah plastik adalah salah satu solusi terbaik. Penelitian ini bertujuan menghasilkan mesin pencacah plastik dan tekstil tipe shredder, menggunakan metode eksperimen untuk memodifikasi mesin pencacah yang ada agar lebih sederhana dan sesuai kebutuhan Rumah Sampah Ringas Trengginas. Sampel uji meliputi PET, HDPE, dan sampah tekstil. Data dikumpulkan melalui observasi dan studi literatur, dianalisis berdasarkan perencanaan pembuatan mesin dan hasil Pencacahan limbah. Mesin ini mampu mencacah 100 gram plastik 0,3 mm dalam 27 detik (13,3 kg/jam), plastik 0,5 mm dalam 30 detik (12 kg/jam), dan tekstil 0,2 mm dalam 45 detik (8 kg/jam). Rata-rata kapasitas mesin adalah 10,13 kg/jam.

ABSTRACT

Plastic garbage is a pressing ecological concern, with worldwide production reaching millions of tons annually, causing detrimental effects on both land and water. Recycling plastic garbage is an optimal solution. The objective of this study is to develop a plastic and fabric chopping machine that operates like a shredder. Experimental techniques will be employed to alter the current shredding machine, making it more streamlined and tailored to the requirements of the Ringas Trengginas Waste House. The test materials consist of PET, HDPE, and fabric waste. Data was gathered via observation and literature review, and then analyzed using machine manufacturing planning and waste disposal outcomes. This machine has the ability to shred 100 grams of plastic that is 0.3 mm thick in just 27 seconds, resulting in a shredding rate of 13.3 kg per hour. Similarly, it can shred plastic that is 0.5 mm thick in 30 seconds, resulting in a shredding rate of 12 kilogram per hour. Additionally, it can shred fabric that is 0.2 mm thick in 45 seconds, resulting in a shredding rate of 8 kg per hour. The mean engine capacity is 10.13 kg/hour.

Corresponding Author :

Rivan Muhfidin

Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia
Jl. Babarsari, Tambak Bayan, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

Email: rivanm@itny.ac.id

PENDAHULUAN

Sampah plastik telah menjadi salah satu isu lingkungan yang paling mendesak di dunia modern. Dengan produksi global mencapai jutaan ton per tahun, dampak negatifnya terhadap lingkungan di darat dan laut tidak bisa diabaikan. Manajemen sampah plastik yang tidak efektif menyebabkan pencemaran luas, merusak ekosistem, membahayakan kehidupan liar, dan mengganggu kesehatan manusia. Diperlukan solusi inovatif untuk mengatasi masalah ini, salah satunya melalui pengembangan teknologi daur ulang yang efisien. (Sari dkk, 2023).

Tantangan dalam penanganan limbah di Indonesia masih belum sepenuhnya teratasi. Upaya untuk mengurangi jumlah sampah, baik dari masyarakat sebagai produsen sampah atau di tingkat wilayah, hanya mencapai sekitar 5%, sehingga mayoritas sampah akhirnya berakhir di Tempat Pengolahan Akhir (TPA), yang memiliki keterbatasan lahan. Di TPA, selain sampah organik yang mencapai 70%, juga terdapat sampah non-organik, terutama plastik, yang mencapai 14% (Suhidin dkk., 2020). Plastik, yang menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari karena sifatnya yang mudah digunakan dan tahan lama, dapat merusak lingkungan karena sulit untuk terurai (Triadi dkk., 2020).

Mengolah kembali sampah plastik merupakan salah satu metode efektif dalam penanganan sampah plastik. Mesin penghancur plastik beroperasi dengan mengubah botol plastik menjadi potongan-potongan kecil, yang memfasilitasi proses daur ulang (Suhidin dkk., 2020). Daurl ulang plastik tidak hanya mengurangi volume sampah di tempat pembuangan akhir tetapi juga mengurangi kebutuhan produksi plastik baru, yang pada gilirannya mengurangi emisi karbon dan penggunaan sumber daya alam (Hermawan dkk., 2012). Teknologi daur ulang yang efektif, seperti mesin pencacah plastik, memegang peranan penting dalam siklus hidup sampah plastik, memungkinkan bahan tersebut digunakan kembali dalam rantai produksi sebagai bahan baku sekunder (Napitupulu dkk., 2018).

Mesin pencacah plastik dirancang untuk meningkatkan efisiensi proses daur ulang dengan mengubah sampah plastik menjadi potongan-potongan kecil yang lebih mudah diolah (Anggraeni dkk, 2018). Tujuan dari pembuatan mesin ini adalah untuk memberikan solusi yang dapat diandalkan dan berkelanjutan untuk pengelolaan sampah plastik (Azhari dan Maulana, 2018). Manfaat dari pengembangan dan penggunaan mesin ini mencakup peningkatan kapasitas daur ulang lokal, pengurangan impor bahan baku sekunder, dan dukungan terhadap kebijakan-kebijakan pengelolaan sampah yang lebih baik (Soewono dkk, 200021).

Sampah plastik merupakan jenis limbah non-organik yang paling sering ditemui di Tempat Pengolahan Akhir (TPA), dan proses daur ulang menjadi cara terbaik dalam penanganannya. Mesin penghancur plastik, yang beroperasi dengan mengubah botol plastik menjadi potongan-potongan kecil, sangat efektif dalam proses ini. Penelitian tentang desain mesin penghancur plastik, sebuah mesin dengan kapasitas 75 kg/jam, menggunakan metode desain Pahl & Beitz (Suhidin dkk, 2020). Pisau potong adalah komponen penting dalam mesin pencacah, karena harus mampu menghasilkan gaya potong yang cukup untuk mencacah sampah plastik menjadi serpihan kecil (Huha Desi dkk, 2018). Peningkatan mesin penghancur adalah langkah penting yang perlu diambil, tidak hanya melibatkan sampah plastik tetapi juga sampah organik dan tekstil, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian tentang pengembangan mesin penghancur sampah organik (Huzein dan Hasballah, 2021). Perancangan konstruksi mesin pencacah plastik merancang mesin dengan berbagai inovasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam mencacah sampah plastik. (Djumhariyanto dan Badriani, 2016; Anggraeni dan Latief, 2018).

Dalam kajian literatur, mesin Pencacah plastik yang dirancang dengan kapasitas spesifik, serta jenis plastik seperti PET (*polyethylene terephthalate*) dan HDPE (*high density polyethylene*) dibahas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas mesin pencacah limbah plastik dan tekstil yang telah dirancang sebelumnya sesuai kebutuhan Rumah Sampah Ringas Trengginas (Sari dkk., 2023). Analisis yang dilakukan berupa pengujian kapasitas Pencacah limbah plastik dan tekstil dengan jenis shredder. Jenis plastik yang akan dihancurkan mencakup PET, HDPE, dan limbah tekstil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan eksperimental dengan melakukan penyesuaian pada mesin Pencacah plastik yang sudah ada untuk membuatnya lebih simpel dan menyesuaikan dimensi, kapasitas, dan mekanisme penggeraknya dengan kebutuhan Rumah Limbah Ringas Trengginas. Materi uji yang digunakan dalam penelitian ini termasuk PET (*polyethylene terephthalate*), HDPE (*high density polyethylene*), dan limbah tekstil. Limbah tekstil yang digunakan sisa hasil produksi seperti potongan benang atau kain, bisa juga berupa barang bekas seperti baju, juga berupa kain perca (sisa menjahit dan produksi).

Mesin Pencacah Limbah Plastik dan Tekstil ini dilakukan identifikasi kebutuhan menyesuaikan kegunaan mesin ini nantinya, rencana mesin ini akan digunakan di Rumah Sampah Ringas Trengginas, maka kapasitas dan kebutuhan akan menyesuaikan kegunaan nantinya di rumah sampah tersebut. Identifikasi awal dilakukan dengan survei lapangan dan didapatkan kapasitas dan kebutuhan dari pengolahan limbah di Rumah Sampah Ringas Trengginas. Spesifikasi mesin pencacah limbah plastik dan tekstil yang dirancang menggunakan unit penghancur (*shredder*) di dalamnya untuk mencacah tekstil menjadi ukuran yang diinginkan (Ansori dkk, 2022). Desain mesin pencacah tekstil dan limbah ini merujuk pada desain rancang bangun mesin penghancur limbah plastik (Adit dan Kurniawati, 2022) dan mesin pengolah limbah tekstil (Dahlan dkk, 2015). Spesifikasi mesin pencacah tekstil dan limbah yang akan dirancang dapat diilustrasikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Pencacah

No	Parameter	Keterangan
1	Dimensi	75x25x115 cm
2	Kapasitas	10 - 20 kg/jam
3	Penggerak	Motor Listrik 2 HP
4	Material Pisau Pencacah	Hardox 450
5	Material Tabung	SS 304

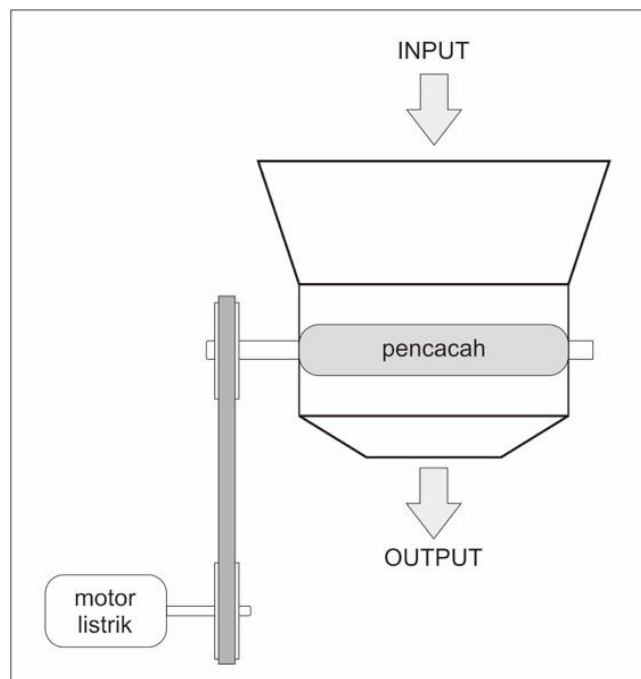
Mesin pencacah plastik dan tekstil merupakan perangkat yang dibuat untuk mereduksi plastik dan tekstil menjadi fragmen kecil dengan dimensi tertentu, sehingga cocok untuk tahapan pemrosesan berikutnya. Secara umum, mesin pencacah terdiri dari dua elemen utama, yaitu mesin penggerak dan unit pencacah (*shredder*). Mesin penggerak bertindak sebagai sumber daya untuk menggerakkan rotor yang akan memutar pisau pencacah. Sedangkan unit pencacah (*shredder*) adalah komponen yang menyimpan pisau berputar yang bertugas untuk menggiling plastik dan tekstil (Triadi dkk, 2020).

Mesin Pencacah plastik dan tekstil adalah perangkat yang dirancang untuk mengubah plastik dan tekstil menjadi potongan-potongan kecil berukuran spesifik, yang kemudian dapat digunakan dalam proses berikutnya (Wardani dkk., 2023). Secara umum, mesin pencacah memiliki dua komponen utama, yakni mesin penggerak dan unit pencacah (*shredder*). Mesin penggerak berfungsi sebagai penggerak motor yang akan memutar pisau pencacah. Sedangkan unit pencacah (*shredder*) adalah komponen yang didalamnya terdapat pisau yang berputar dan akan menggiling tekstil maupun plastik seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Unit Pencacah (Shredder)

Cara kerja mesin ini diawali dengan memasukkan plastik atau tekstil ke bagian input sedikit demi sedikit. Selanjutnya, plastik atau tekstil tersebut akan dicacah oleh *shredder* yang ada di dalam unit pencacah. Pisau pencacah tersebut digerakkan dengan motor listrik yang ditransmisikan dengan *van belt* sehingga bisa memutar poros pisau (Dahlan dkk, 2015). Hasil cacahan akan keluar melalui bagian saringan dengan lubang yang sudah disesuaikan ukurannya sehingga hasil yang keluar memiliki ukuran yang sama. Adapun skema mesin pencacah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Skema Mesin Pencacah

Mesin ini bekerja dengan cara memotong limbah plastik menggunakan dua sumbu yang dilengkapi dengan pisau berputar yang bergerak dalam arah yang berlawanan. Pisau tersebut berbentuk bulat dan memiliki cakar di setiap tepinya untuk menangkap limbah plastik sehingga dapat dihancurkan. Gambar 4 menunjukkan mesin Pencacah limbah plastik yang telah selesai dibuat dan siap untuk digunakan.



Gambar 3. Mesin Pencacah Limbah Plastik dan Tekstil

Hasil dari pengujian yang dilakukan pada mesin Pencacah limbah plastik, yang melibatkan limbah jenis PET (*Polyethylene Terephthalate*), HDPE (*High Density Polyethylene*), dan limbah tekstil kapasitas alat dapat dihitung dengan menggunakan rumus 1 (Surya dkk, 2019).

$$C = (W/t) \times 3600 \dots \dots \dots (1)$$

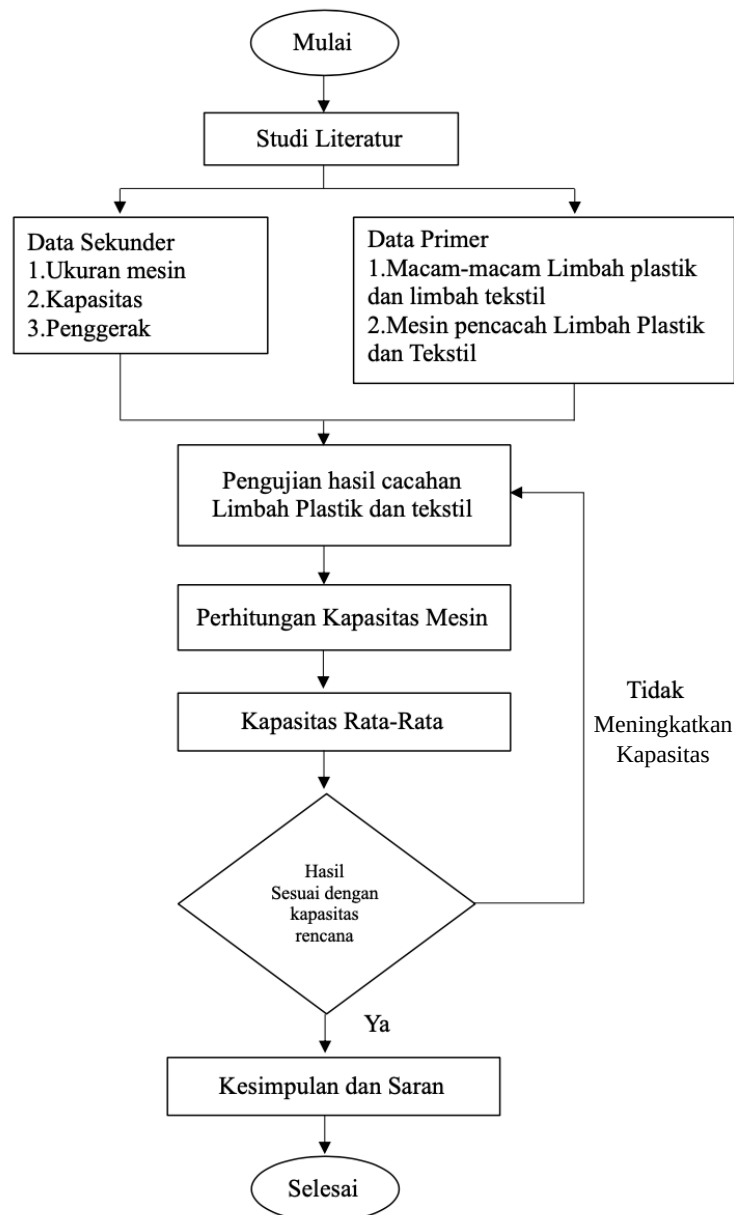
Dimana:

C : Kapasitas Alat [Kg/jam]

W : Bobot Bahan yang dicacah [kg]

t : waktu yang dibutuhkan untuk mencacah [detik]

Metode pengumpulan data melibatkan observasi langsung dan penelaahan literatur. Data dianalisis berdasarkan perhitungan yang berasal dari desain pembuatan mesin dan hasil dari proses Pencacahan limbah PET, HDPE, dan limbah tekstil menggunakan mesin tersebut. Alur penelitian diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kapasitas mesin pencacah limbah plastik dan tekstil menggunakan unit penghancur (*shredder*) dimulai dengan mengumpulkan data tentang karakteristik limbah, seperti jenis, ukuran, dan kekerasan material. Limbah plastik yang digunakan untuk uji kapasitas ini adalah PET (*polyethylene terephthalate*), HDPE (*high density polyethylene*), Tekstil bekas baju (Katun dan *Polyester*) dan campuran penggunaan limbah plastik dan tekstil. Limbah plastik diambil dari Rumah Sampah Ringas Trengginas sebagai penyalur limbah plastik dan tekstil pada penelitian ini. Dari limbah plastik dan tekstil yang dimiliki selanjutnya dilakukan pemilahan berdasarkan jenis limbah, dilakukan pengukuran ukuran limbah, ukuran limbah ini dilakukan bukan dengan menghitung secara rinci, namun hanya bertujuan untuk mengelompokkan ketebalan limbah yang sama berdasarkan jenis limbahnya.

Uji coba dilakukan dengan mengoperasikan mesin pencacah untuk mencacah sejumlah limbah plastik dan tekstil, sambil mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses tersebut. Sebelum pencacahan dimulai, berat material limbah yang akan dicacah diukur dan

dicatat. Setelah proses pencacahan selesai, berat material hasil cacahan juga diukur untuk mengetahui perbedaan berat sebelum dan sesudah pencacahan. Data yang diperoleh selama uji coba dianalisis untuk menghitung kapasitas mesin pencacah dalam satuan kilogram per jam (kg/jam) dengan membagi berat limbah yang dicacah dengan waktu yang dibutuhkan sesuai dengan rumus 1. Analisis ini memberikan gambaran tentang performa mesin, memungkinkan penilaian apakah mesin bekerja sesuai dengan kapasitas yang diharapkan.

Hasil analisis diperiksa untuk menentukan apakah mesin mencapai kapasitas yang ditargetkan, dan penyesuaian dilakukan jika diperlukan. Seluruh prosedur dan hasil pengujian didokumentasikan secara rinci untuk menghasilkan laporan komprehensif yang mencakup metode, hasil, analisis, dan saran untuk peningkatan lebih lanjut. Dokumentasi dilakukan dengan membagi subjek penelitian menjadi empat bagian pengujian, yaitu Uji 1 yang melibatkan limbah plastik jenis PET, Uji 2 yang melibatkan limbah plastik jenis HDPE, Uji 3 yang melibatkan limbah tekstil dari pakaian bekas, dan Uji 4 yang melibatkan campuran limbah plastik dan tekstil. Uji 1 memiliki ketebalan 0,3 mm dan berat 100 gr, dan dimasukkan ke dalam mesin pencacah limbah plastik dan tekstil, dengan waktu pencacahan selama 27 detik. Untuk Uji 2, yang memiliki ketebalan lebih besar dari Uji 1 yaitu 0,5 mm dari limbah HDPE, pengujian yang sama dilakukan dan menghasilkan waktu pencacahan selama 30 detik. Waktu pencacahan untuk Uji 3 dan 4 dapat dilihat pada Tabel 2.

Perhitungan kapasitas mesin dilakukan berdasarkan hasil dokumentasi pengujian yang dilakukan berdasarkan rumus 1. Pengujian kapasitas alat pencacah limbah plastik dan tekstil, melibatkan dua parameter utama yaitu bobot bahan yang dicacah (dalam kilogram) dan waktu yang dibutuhkan untuk mencacah (dalam detik). Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan produktifitas alat dalam mencacah bahan. Alat pencacah plastik ditunjukkan memiliki kapasitas sekitar 10-20 Kg/jam. Pengambilan data dilakukan dalam 100 gr bahan uji menghasilkan waktu pencacahan selama beberapa detik. Dengan demikian, pengujian ini memberikan gambaran tentang kinerja alat dalam kondisi operasional tertentu. Selain itu, hasil pengujian ini juga dapat digunakan untuk melakukan penyesuaian atau perbaikan pada desain dan pengoperasian alat untuk meningkatkan kinerjanya.

Pada Uji 1 yaitu limbah plastik jenis PET memiliki ketebalan 0,3 mm dengan Berat Limbah setiap uji dibuat sama yaitu 100 gr, dari yang telah dilakukan pengujian di lapangan didapatkan waktu pencacah yaitu 27 detik sehingga memiliki kapasitas produksi alatnya menggunakan rumus 1 yaitu:

$$C = \left(\frac{0,1}{27} \right) \times 3600 = 13,3 \text{ Kg/Jam}$$

Hasil perhitungan kapasitas alat pada uji 2, 3 dan 4 dapat diringkaskan sesuai dengan Tabel 2. Rata-rata hasil uji Analisa kapasitas alat didapatkan dengan menghitung rata-rata dari keempat uji yang dilakukan yang didapatkan sebesar 10,13 Kg/jam sesuai dengan kapasitas yang direncanakan diawal.

Tabel 2. Hasil Uji Coba yang dilakukan pada Mesin Pencacah Limbah Plastik

Uji	Jenis Limbah	Tebal (mm)	Berat Limbah (gr)	Waktu Pencacah (Detik)	Produksi (kg/jam)
1	PET (polyethylene terephthalate)	0,3	100	27	13,3
2	HDPE (high density polyethylene)	0,5	100	30	12
3	Tekstil bekas baju (Katun dan Polyester)	0,2	100	45	8
4	Campuran Plastik dan Tekstil	0,3	100	50	7,25
Rata-rata					10,13

Pada pengujian dipenelitian ini menggunakan jenis limbah dengan ketebalan limbah 0,2-0,5 mm. Dalam lingkup pengukuran, konsep kunci yang harus dipahami adalah bahwa 1 milimeter (mm) ekuivalen dengan 1000 mikron. Jadi, jika memiliki nilai dalam milimeter dan ingin mengkonversinya ke mikron, cukup dikalikan nilai tersebut dengan 1000. Sebagai ilustrasi, ukuran 0.3 mm dan 0.5 mm, dapat dikonversi ke mikron dengan cara 0.3 mm dikalikan dengan 1000 menjadi 300 mikron, dan 0.5 mm dikalikan dengan 1000 menjadi 500 mikron. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa 0.3 mm dan 0.5 mm ekuivalen dengan 300 dan 500 mikron. Konversi ini sangat penting dalam berbagai aplikasi teknis dan ilmiah.

Setelah melakukan serangkaian pengujian, mesin Pencacah limbah plastik dan tekstil menunjukkan performa yang memuaskan. Mesin ini mampu menghancurkan 100 gram plastik berketebalan 0,3 mm dalam waktu 27 detik, dengan kapasitas mencapai 13,3 kg/jam. Untuk plastik berketebalan 0,5 mm, mesin memerlukan waktu 30 detik dan menghasilkan kapasitas 12 kg/jam. Limbah tekstil berketebalan 0,2 mm dapat dihancurkan dalam waktu 45 detik dengan kapasitas 8 kg/jam. Ketika menghancurkan limbah plastik dan tekstil dengan ketebalan rata-rata 0,3 mm, mesin memerlukan waktu 50 detik dan menghasilkan kapasitas 7,25 kg/jam, sehingga kapasitas rata-rata mesin Pencacah limbah plastik dan tekstil ini adalah 10,13 kg/jam.



Gambar 5. Hasil Cacahan Limbah Plastik dan Tekstil

Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya tentang desain alat Pencacah limbah plastik dengan kapasitas lebih dari 33 kg (Burlian dkk., 2019) dan desain mesin Pencacah plastik dengan kapasitas 75 kg/jam (Suhidin dkk., 2020). Hasil dari proses Pencacahan dapat dilihat pada Gambar 5.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perancangan mesin pencacah limbah plastik ini dapat ditarik kesimpulan bahwa Mesin ini mampu menghancurkan 100 gram plastik berketebalan 0,3 mm dalam waktu 27 detik, dengan kapasitas mencapai 13,3 kg/jam. Untuk plastik berketebalan 0,5 mm, mesin memerlukan waktu 30 detik dan menghasilkan kapasitas 12 kg/jam. Limbah tekstil berketebalan 0,2 mm dapat dihancurkan dalam waktu 45 detik dengan kapasitas 8 kg/jam. Ketika menghancurkan limbah plastik dan tekstil dengan ketebalan rata-rata 0,3 mm, mesin memerlukan waktu 55 detik dan menghasilkan kapasitas 7,25 kg/jam, sehingga kapasitas rata-rata mesin Pencacah limbah plastik dan tekstil ini adalah 10,13 kg/jam.

Saran

Disarankan untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengembangkan material pisau yang lebih tahan lama, serta mengurangi kebisingan mesin. Pengujian lebih lanjut dengan berbagai jenis limbah plastik dan tekstil, integrasi teknologi otomatisasi untuk keamanan, dan desain modular serta portabel juga diperlukan. Pelatihan penggunaan, analisis ekonomi, dan studi komparatif dengan mesin pencacah lain dapat membantu memperbaiki dan mengoptimalkan performa mesin pencacah ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPPMI (Lembaga Penelitian Pengabdian Masyarakat dan Inovasi) ITNY atas Hibah Pengabdian Kepada Masyarakat Skema Abdimas Kolaborasi TTG dengan Bantuan Dana Abdimas dari ITNY Tahun Anggaran 2024.

REFERENSI

- Adit, A. P., & Kurniawati, D. (2022). A Perancangan Mesin Penghancur Sampah Plastik Dengan Kapasitas 100kg/jam. *Journal Technology Urgency Breaktrugh in Engineering*, 1(1), 29-36.
- Anggraeni, N. D., & Latief, A. E. (2018). Rancang bangun mesin pencacah plastik tipe gunting. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, 2(2).
- Ansori, S., Juniar, F. R. A., Lefmanut, D. D., Khoeruzaman, A., & Muhfidin, R. (2022). Rancang Bangun Mesin Penyuir Daging Dengan Pisau Sistem Heliks. *ReTII*, 541-546.
- Azhari, C., & Maulana, D. (2018). perancangan mesin pencacah plastik tipe crusher kapasitas 50 kg/jam. *Jurnal Online Sekolah Tinggi Teknologi Mandala*, 13(2), 7-14.
- Burlian, F., Yani, I., Ivfransyah, & Jhosua, A. S. (2019). Rancang Bangun Alat Penghancur Sampah Botol Plastik Kapasitas ± 33 Kg/Jam. *Seminar Nasional Teknoka ke-4*, 4(2502), 7. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v%vi%i.4286>
- Dahlan, M., Winarso, R., & Slamet, S. (2015). Rancang Bangun Mesin Pengolah Limbah Tekstil dan Kertas Sebagai Serat Penguat Untuk Industri Pembuatan Eternit. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, 1(1).
- Hermawan, Y., Badriani, R. E., & Sakharuddin, M. (2012). Perancangan Dan Pengembangan Mesin Penghancur Sampah Organik Model Pisau Putar (Rotary). *ROTOR*, 5(2), 18-25.

- Huzein, R., & Hasballah, T. (2021). Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Jenis PET (Polyethylene Terephthalate) Kapasitas 50 Kg/Jam. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 1(1), 1-8.
- Napitupulu, R., Subkhan, M., & Nita, L. D. (2011). Rancang bangun mesin pencacah sampah plastik. *Jurnal Manutech*, 3(1), 1-5.
- Nuha Desi, A., & Alfian Ekajati, L. (2018). Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Tipe Gunting. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 2(2).
- Sari, S. N., Muhfidin, R., Prastowo, R., Puspitasari, S. P., & Kurniawan, T. (2023). Pelatihan Pembuatan Website Untuk Peningkatan Aspek Pemasaran Pada Guwosari Training Center. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(4), 1517-1525.
- Soewono, A. D., Liutomo, J., & Darmawan, M. (2021). Rancang Bangun Plastic Waste Shredder untuk Mengolah Sisa Limbah Plastik Proses Injection Mould. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 1-8.
- Suhidin, I., Djatmiko, E., & Maulana, E. (2020, December). Perancangan Mesin Pencacah Plastik Kapasitas 75 Kg/Jam. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ* (Vol. 2020).
- Surya, A. S., Azharul, F., & Arso, W. (2019). Rancang Bangun Alat Penghancur Sampah Organik Skala Rumah Tangga. *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy*, 3(2), 92-99.
- Triadi, N. Y., Martana, B., & Pradana, S. (2020). Perancangan Mesin Pencacah Plastik Tipe Shredder dan Alat Pemotong Tipe Reel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(2), 144-153.
- Wardani, A. R., Martana, B., & Prayitno, S. (2023). Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Berjenis Multilayer Dengan Model Pisau Shredder. *Journal of Sustainable Mechanical Engineering*, 1(1), 16-20.
- Wati, D. A. R., & Samudra, A. (2022). Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik. *Steam Engineering*, 4(1), 9-13.