



Rancang Bangun Mesin Pencacah Botol Plastik dengan Motor Penggerak DC

Moh Azizi Hakim¹, Fahmi Qudratullah², Erik Heriana³, Sony Sukmara⁴, Ari Ekoprianto⁵, Liyana bt Ramli⁶

^{1,2,3,4,5} Fakultas teknologi dan informatika universitas matlaulanwar banten

⁶ Universiti Sains Islam Malaysia

Email: *zeehakim@gmail.com

Abstrak. Peningkatan volume limbah botol plastik membutuhkan dukungan teknologi sederhana untuk memperkecil ukuran material sebelum proses daur ulang. Penelitian ini bertujuan merancang bangun mesin pencacah botol plastik berpenggerak motor DC yang portabel, hemat energi, dan mudah dioperasikan pada skala rumah tangga atau unit bank sampah. Metode penelitian meliputi identifikasi kebutuhan, perancangan konsep, perhitungan daya dan torsi, pemilihan komponen, pembuatan desain mekanik, serta evaluasi rancangan berdasarkan kapasitas, konsumsi daya, keamanan, dan kemudahan perawatan. Rancangan menggunakan motor DC 24 V 500 W, sistem kontrol kecepatan PWM, transmisi sabuk-puli, poros pisau baja, hopper pengarah, dan rangka baja siku. Hasil perhitungan menunjukkan kebutuhan torsi minimum sebesar 12,5 Nm dan putaran poros kerja direncanakan 180-220 rpm. Kapasitas rancangan ditargetkan 10-15 kg/jam untuk botol PET tipis yang telah dibersihkan. Mesin ini diharapkan menjadi alternatif teknologi tepat guna yang ringkas, ekonomis, dan sesuai untuk pengolahan awal limbah plastik.

Kata kunci: mesin pencacah; botol plastik; motor DC; transmisi; desain mesin

1 Pendahuluan

Limbah botol plastik merupakan salah satu jenis sampah anorganik yang banyak ditemukan pada aktivitas rumah tangga, perkantoran, kantin, dan lingkungan Pendidikan [1]. Plastik jenis PET memiliki karakter ringan, mudah dibentuk, dan banyak digunakan sebagai kemasan minuman. Namun, bentuk botol yang berongga menyebabkan volume penyimpanan menjadi besar sehingga proses pengumpulan, pengangkutan, dan pemrosesan awal sering tidak efisien [2]. Salah satu cara meningkatkan efisiensi penanganan adalah mengubah botol plastik menjadi serpihan kecil melalui proses pencacahan sebelum tahap pencucian, pengeringan, atau peleburan [3].

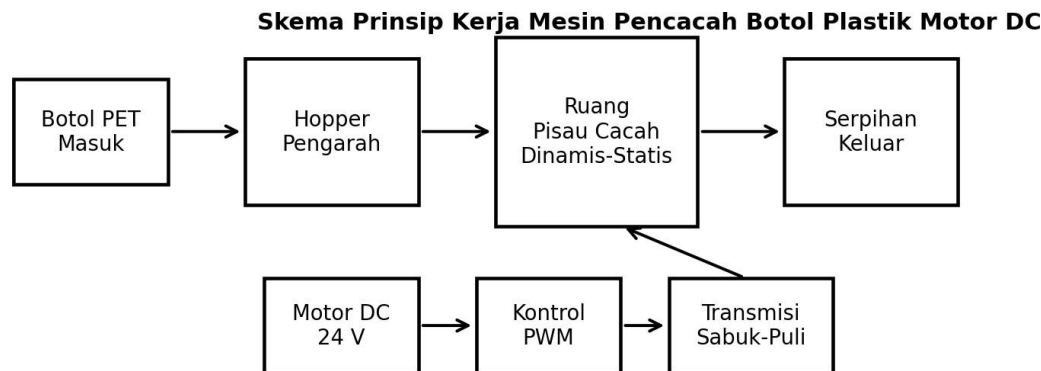
Mesin pencacah plastik pada umumnya memanfaatkan pisau pemotong yang dipasang pada poros dan digerakkan oleh motor melalui sistem transmisi. Beberapa rancangan mesin pencacah plastik menggunakan motor AC atau mesin bakar dengan kapasitas relatif besar [4]. Walaupun mampu menghasilkan daya tinggi, pilihan tersebut tidak selalu sesuai untuk pengguna skala kecil karena dimensi mesin besar, konsumsi energi lebih tinggi, kebisingan meningkat, dan membutuhkan instalasi listrik tertentu. Oleh karena itu, diperlukan alternatif mesin pencacah yang lebih ringkas, aman, dan mudah dioperasikan [5].

Motor DC memiliki kelebihan berupa pengaturan kecepatan yang relatif mudah, respons putaran yang baik, serta dapat digunakan pada sistem portabel dengan catu daya baterai atau adaptor. Penggunaan motor DC yang dikombinasikan dengan pengendali PWM memungkinkan operator mengatur putaran poros sesuai karakter material, sehingga risiko selip, macet, dan beban kejut dapat dikurangi. Selain aspek penggerak, rancangan pisau, rangka, hopper, dan sistem pengaman juga menentukan keberhasilan proses pencacahan [6].

Permasalahan penelitian ini adalah bagaimana merancang mesin pencacah botol plastik berbasis motor DC yang memiliki konstruksi sederhana, kapasitas memadai, konsumsi daya rendah, dan aman digunakan [7]. Fokus penelitian diarahkan pada rancangan mekanik, perhitungan daya dan torsi, pemilihan komponen, serta evaluasi kinerja rancangan. Penelitian ini dibatasi pada pencacahan botol plastik PET tipis dalam kondisi bersih dan kering. Tujuan penelitian adalah menghasilkan rancangan mesin pencacah botol plastik motor DC yang layak diterapkan sebagai teknologi tepat guna skala kecil [8].

2 Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa perancangan atau engineering design. Tahapan penelitian terdiri atas studi kebutuhan, penyusunan spesifikasi teknis, perancangan konsep, perhitungan elemen mesin, pemilihan komponen, penyusunan desain kerja, dan evaluasi kinerja rancangan. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Prinsip Kerja Mesin Pencacah Botol Plastik Motor DC

2.1 Kebutuhan rancangan

Kebutuhan rancangan ditentukan berdasarkan karakteristik pengguna skala kecil, ketersediaan komponen di pasaran, serta kemudahan perawatan. Mesin dirancang untuk mencacah botol PET tipis dengan ukuran keluaran berupa serpihan kasar. Spesifikasi kebutuhan rancangan disajikan pada Tabel 1.

No	Parameter	Target rancangan	Keterangan
1	Jenis material	Botol plastik PET tipis	Botol dibersihkan dan dikeringkan
2	Kapasitas kerja	10-15 kg/jam	Untuk unit bank sampah kecil
3	Sumber penggerak	Motor DC 24 V 500 W	Dapat dikontrol dengan PWM
4	Putaran poros pisau	180-220 rpm	Menjaga torsi dan kestabilan pemotongan
5	Ukuran mesin	Ringkas dan portabel	Mudah dipindahkan oleh dua orang
6	Keamanan	Hopper tertutup dan penutup pisau	Mengurangi kontak langsung dengan pisau

2.2 Desain konstruksi mesin

Konstruksi utama mesin terdiri atas rangka, hopper, ruang pisau, poros, pisau dinamis, pisau statis, sistem transmisi, motor DC, dan pengendali kecepatan. Rangka menggunakan baja siku agar kuat menahan getaran dan mudah diproduksi. Hopper dibuat miring agar botol dapat bergerak menuju ruang potong secara terkendali. Ruang pisau dirancang tertutup untuk menjaga keselamatan operator. Komponen utama rancangan ditunjukkan pada Tabel 2.

No	Komponen	Fungsi	Material/Spesifikasi
1	Rangka	Menopang seluruh komponen	Baja siku 40 x 40 mm
2	Hopper	Mengarahkan botol ke ruang pisau	Plat baja 1-1,2 mm
3	Poros pisau	Meneruskan putaran dan torsi	Baja karbon diameter 20 mm
4	Pisau dinamis	Mencacah botol saat poros berputar	Baja karbon sedang, diasah miring
5	Pisau statis	Menahan material agar terpotong	Baja karbon sedang
6	Transmisi	Menurunkan putaran dan menaikkan torsi	Sabuk-puli rasio 1,5:1
7	Motor DC	Sumber daya putar	24 V, 500 W
8	PWM controller	Mengatur kecepatan motor	Arus kerja disesuaikan motor

2.3 Formulasi matematika

Perhitungan rancangan dilakukan untuk memperkirakan gaya potong, torsi poros, daya motor, rasio transmisi, panjang sabuk, kapasitas kerja, dan efisiensi. Gaya potong dapat diperkirakan dari perkalian tegangan geser material dengan luas bidang potong sebagaimana Persamaan (1).

$$F = \tau \times A \quad (1)$$

$$T = F \times r \quad (2)$$

$$P = (2 \times \pi \times N \times T) / 60 \quad (3)$$

$$i = n_1 / n_2 = D_2 / D_1 \quad (4)$$

$$L = 2C + (\pi/2)(D_1 + D_2) + ((D_2 - D_1)^2 / 4C) \quad (5)$$

$$Q = m / t \quad (6)$$

$$\eta = (P_{out} / P_{in}) \times 100\% \quad (7)$$

Pada persamaan tersebut, F adalah gaya potong, τ adalah tegangan geser material, A adalah luas bidang potong, T adalah torsi, r adalah jari-jari kerja pisau, P adalah daya, N adalah putaran poros, i adalah rasio transmisi, n_1 adalah putaran motor, n_2 adalah putaran poros pisau, D_1 adalah diameter puli penggerak, D_2 adalah diameter puli yang digerakkan, C adalah jarak sumbu puli, L adalah panjang sabuk, Q adalah kapasitas kerja, m adalah massa plastik tercah, t adalah waktu pengujian, η adalah efisiensi, P_{out} adalah daya keluaran, dan P_{in} adalah daya masukan.

2.4 Prosedur evaluasi rancangan

Evaluasi rancangan dilakukan melalui pemeriksaan kesesuaian komponen, simulasi perhitungan, dan rencana uji fungsional. Parameter yang diamati meliputi kemampuan motor memutar poros, stabilitas transmisi, keseragaman hasil cacahan, kapasitas kerja, konsumsi daya, getaran, dan keamanan operasi. Pengujian disarankan dilakukan dalam tiga variasi putaran, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, untuk menentukan kondisi operasi yang paling stabil.

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil perhitungan daya dan torsi

Berdasarkan kebutuhan kapasitas 10-15 kg/jam, motor DC 24 V 500 W dipilih karena memiliki daya yang cukup untuk pencacahan botol PET tipis dan masih sesuai untuk rancangan portabel. Putaran motor diturunkan melalui pengendali PWM dan sistem transmisi sehingga poros pisau bekerja pada rentang 180-220 rpm. Hasil perhitungan utama disajikan pada Tabel 3.

No	Parameter	Nilai rancangan	Satuan	Keterangan
1	Daya motor	500	W	Motor DC 24 V
2	Putaran poros pisau	200	rpm	Rentang kerja 180-220 rpm
3	Torsi minimum	12,5	Nm	Untuk pencacahan PET tipis
4	Torsi tersedia pada poros	17,9	Nm	Dengan efisiensi transmisi 75%
5	Rasio transmisi	1,5 : 1	-	Menurunkan putaran dan menaikkan torsi
6	Jumlah pisau dinamis	4	buah	Dipasang pada poros utama
7	Jumlah pisau statis	2	buah	Dipasang pada dinding ruang potong
8	Target kapasitas	10-15	kg/jam	Bergantung putaran dan kondisi botol

Tabel 3 menunjukkan bahwa torsi tersedia pada poros lebih besar daripada torsi minimum rancangan. Kondisi ini penting karena proses pencacahan plastik sering mengalami beban tidak seragam akibat bentuk botol yang berongga dan mudah terlipat. Margin torsi tersebut berfungsi sebagai cadangan ketika terjadi peningkatan beban sesaat. Namun, operator tetap perlu memasukkan botol secara bertahap agar motor tidak mengalami arus lebih.

3.2 Analisis sistem transmisi dan pisau

Sistem transmisi sabuk-puli dipilih karena konstruksinya sederhana, biaya rendah, dan mudah dirawat. Sabuk juga memiliki sifat slip terbatas yang dapat membantu melindungi motor saat terjadi beban kejut. Rasio transmisi 1,5:1 menghasilkan penurunan putaran poros sekaligus meningkatkan torsi kerja. Pada sisi pemotongan, kombinasi empat pisau dinamis dan dua pisau statis dipilih untuk menghasilkan proses potong berulang dalam satu putaran poros. Celah antara pisau dinamis dan pisau statis perlu dijaga kecil agar proses pemotongan berlangsung efektif dan material tidak hanya terdorong tanpa terpotong.

3.3 Evaluasi kapasitas dan kualitas cacahan

Evaluasi kinerja rancangan diarahkan pada kapasitas produksi, konsumsi daya, dan kualitas cacahan. Pada rancangan ini, kapasitas yang diharapkan berada pada rentang 10-15 kg/jam. Ukuran cacahan ditargetkan berada pada kategori serpihan kasar yang cukup untuk proses pengumpulan ulang, pencucian, atau pelelehan lanjutan. Rencana pengujian fungsional ditunjukkan pada Tabel 4.

No	Variasi uji	Putaran poros	Indikator diamati	Kriteria keberhasilan
1	Kecepatan rendah	180 rpm	Motor stabil, cacahan keluar	Tidak macet dan suhu motor normal
2	Kecepatan sedang	200 rpm	Kapasitas dan keseragaman cacahan	Cacahan stabil dan tidak banyak material tersangkut
3	Kecepatan tinggi	220 rpm	Getaran, kebisingan, konsumsi daya	Getaran masih aman dan arus motor tidak berlebih
4	Uji beban bertahap	1-3 botol per siklus	Kemampuan menerima material	Botol terpotong tanpa hentakan berlebihan
5	Uji keselamatan	Operasi normal	Kontak operator dengan pisau	Pisau terlindungi oleh hopper dan cover

Kecepatan sedang diperkirakan menjadi kondisi operasi yang paling seimbang karena masih memberikan torsi cukup, hasil cacahan relatif stabil, dan risiko getaran tidak terlalu tinggi. Kecepatan terlalu rendah dapat menurunkan kapasitas, sedangkan kecepatan terlalu tinggi dapat meningkatkan kebisingan dan konsumsi daya. Oleh karena itu, penggunaan pengendali PWM menjadi bagian penting dalam rancangan karena operator dapat menyesuaikan putaran berdasarkan karakter material.

3.4 Pembahasan kelayakan rancangan

Rancangan mesin pencacah botol plastik motor DC ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu dimensi ringkas, konsumsi daya relatif rendah, putaran dapat diatur, dan komponen mudah ditemukan. Konstruksi mesin sesuai untuk skala pendidikan, rumah tangga produktif, atau bank sampah kecil. Dibandingkan rancangan bermotor AC berdaya besar, rancangan motor DC lebih fleksibel untuk sistem portabel. Namun, kapasitas mesin lebih terbatas sehingga tidak ditujukan untuk industri daur ulang skala besar.

Aspek keselamatan tetap menjadi perhatian utama. Hopper perlu dibuat cukup panjang agar tangan operator tidak dapat menjangkau pisau. Ruang pisau harus diberi cover yang kuat, sedangkan panel kontrol perlu dilengkapi sakelar utama dan sekering. Selain itu, proses pencacahan sebaiknya dilakukan pada botol yang telah dibersihkan untuk mengurangi kontaminasi, bau, dan kemungkinan slip akibat cairan. Dengan perbaikan tersebut, rancangan berpotensi menjadi teknologi tepat guna yang mendukung pengolahan awal limbah plastik.

4 Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan rancangan mesin pencacah botol plastik dengan motor penggerak DC 24 V 500 W. Mesin dirancang menggunakan sistem transmisi sabuk-puli, pengendali kecepatan PWM, poros pisau baja, empat pisau dinamis, dua pisau statis, hopper pengarah, dan rangka baja siku.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa torsi tersedia pada poros sebesar 17,9 Nm lebih tinggi dibandingkan kebutuhan minimum rancangan sebesar 12,5 Nm. Putaran kerja poros direncanakan pada rentang 180-220 rpm dengan target kapasitas 10-15 kg/jam untuk botol plastik PET tipis.

Rancangan ini layak dikembangkan sebagai mesin pencacah skala kecil karena konstruksinya sederhana, mudah dirawat, dan dapat diatur kecepatannya. Penelitian lanjutan disarankan melakukan pembuatan prototipe, pengujian kapasitas aktual, pengukuran konsumsi daya, analisis getaran, dan evaluasi umur pakai pisau.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin dan seluruh pihak yang membantu proses penyusunan rancangan mesin pencacah botol plastik ini.

5 Daftar pustaka

- [1] M. A. Hakim, E. Heriana, M. A. Hakim, S. Sukmara, and D. Susanto, "Perancangan kendaraan kampus dengan penggerak motor listrik," *Technoma*, vol. 01, no. 02, pp. 60–66, 2022.
- [2] M. A. Hakim, E. Heriana, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "Analisis Bangun Rangka Mobil," *Technoma*, vol. 02, no. 01, pp. 3–8, 2022.
- [3] M. A. Hakim, E. Heriana, A. Ekoprianto, S. Sukmara, and D. Susanto, "RANCANGAN SISTEM PENGEMUDI JENIS RACK AND," vol. 01, no. 02, 2022.
- [4] A. M. Yunita, A. H. Wibowo, R. Rizky, and N. N. Wardah, "Implementasi Metode SAW Untuk Menentukan Program Bantuan Bedah Rumah Di Kabupaten Pandeglang," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 3, pp. 197–202, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i3.835.
- [5] A.-A. Jenaldi, R. Rizky, N. Nailul Wardah, and J. Sistem Informasi Fakultas, "Sistem Informasi Kontrol Stock Barang Dengan Metode K-Means Clustering Pada Cv," vol. 12, no. 2, p. 2023, 2023.
- [6] R. Rizky and Z. Hakim, "Analysis and Design of Voip Server (Voice Internet Protocol) using Asterisk in Statistics and Statistical Informatics Communication of Banten Province using Ppdioo Method," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1179, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1179/1/012160.
- [7] R. Rizky, T. Hidayat, A. Hardianto, and Z. Hakim, "Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Untuk pengukuran Keakuratan Jarak Pada Pintu Otomatis di CV Bejo Perkasa," vol. 05, pp. 33–42, 2020.
- [8] A. M. Yunita *et al.*, "IMPLEMENTASI METODE SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING UNTUK PENENTUAN KARYAWAN TERBAIK PADA UNIVERSITAS MATHLA ' UL ANWAR," vol. 0, no. 3, pp. 115–123, 2023.