Jurnal CRANKSHAFT, Vol. 7 No. 3 (2024)
ISSN 2623-0755

RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH PLASTIK PET DENGAN KAPASITAS 20 KG/JAM

Devi Eka Septiyani A[1], Rudy Yuni Widiatmoko[1], Aditya Anggara Prayadi[1a]

[1]Program Studi Teknik Perancangan dan Kontruksi Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

Korespondensi:
[a]Program Studi Teknik Perancangan dan Kontruksi Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri alamat email : aditya.anggara.41.aa@gmail.com

ABSTRAK

Pencacahan adalah salah satu metode daur ulang yang umum digunakan untuk pengolahan sampah plastik. Seiring perkembangan zaman maka alat-alat kovensional mulai berubah menjadi semi-otomatis. Maka dari itu diperlukan alat mesin pencacah untuk pengolahan sampah plastik dengan sistem sensor otomatis untuk mempermudah pengoprasian. Rancang bangun ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari mesin pencacah plastik PET dengan metode pencacahan shredder. Pahl and Beitz adalah metode yang digunakan pada pembuatan alat ini. Sesuai dengan metode yang diaplikasikan pembuatan alat dimulai dari perencanaan, perancangan konsep, perancangan bentuk, perancangan detail, pembuatan dokumentasi dan realisasi alat. Proses pengujian dilakukan dengan menguji fungsi mesin dan juga fungsi sensor otomatis. Mesin pencacah yang dirancang memiliki spesifikasi Dimensi alat 950 x 365 x 1060 mm, berkapasitas 20 kg/Jam, motor penggerak dinamo 3 phase ½ HP, kecepatan putar 70 rpm, jumlah pisau 14 dan material yang digunakan pada pisau AISI 1080. Hasil pengujian dari alat ini menunjukan alat mampu bekerja mencacah plastik PET, dapat mencacah 1 kg botol plastik dalam waktu 2 menit 45 detik, hasil cacahan pertama berukuran 150 mm dengan maksimal ukuran terkecil 16 mm dengan 3 kali proses pencacahan, dan dapat dioprasikan dengan sistem kontrol sensor untuk proses kerja alat.

Kata kunci: mesin pencacah, sampah, plastik

ABSTRACT

Shredding is one of the common recycling methods used for plastic waste processing. Along with the development of the era, conventional tools have begun to change to semi-automatic. Therefore, a shredding machine is needed for plastic waste processing with an automatic sensor system to facilitate operation. This design aims to determine the performance of a PET plastic shredding machine with the shredder shredding method. Pahl and Beitz is the method used in making this tool. In accordance with the method applied, the manufacture of the tool starts from planning, concept design, shape design, detailed design, documentation creation and realization of the tool. The testing process is carried out by testing the function of the machine and the function of the automatic sensor. The designed shredder machine has the following specifications: Dimensions of the tool are 950 x 365 x 1060 mm, capacity is 20 kg/hour, 3 phase ½ HP dynamo motor, rotation speed is 70 rpm, number of blades is 14 and material used on the blade is AISI 1080. The test results of this tool show that the tool can work to shred PET plastic, can shred 1 kg of plastic bottles in 2 minutes 45 seconds, the first shredded result is 150 mm maximum smallest size is 16 mm with 3 shredding processes, and can be operated with a sensor control system for the tool's work process.

Keywords: *shredding machine, garbage, plastic*

1. PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu permasalahan yang perlu diberikan perhatian dan penanggulangan. Hingga saat ini permasalahan sampah diindonesia masih belum terselesaikan dengan baik [1]. Dengan bertambahnya jumlah penduduk dan berbagai perilaku serta aktivitasnya maka akan mengikuti pula bertambahnya volume timbulan sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia [2]. Permasalahan yang ditimbulkan oleh sampah adalah hilangnya nilai estetika lingkungan seperti pencemaran tanah, air, dan udara, munculnya sumber penyakit dan kemungkinan terjadinya bencana alam dalam jangka panjang seperti banjir [3]. Pramiati menyebutkan Indonesia merupakan negara penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia setelah China yaitu sampah plastik di perairan mencapai 187,2 juta ton [4]. Sampah plastik ini dapat ditemukan dari berbagai sumber mulai dari limbah rumah tangga, limbah industri, hingga limbah medis, pariwisata, dan berbagai sektor lainnya.

Penggunaan plastik yang sangat tinggi oleh masyarakat disebabkan karena plastik memiliki sifat yang fungsional, mudah ditemukan, dan produski plastik memerlukan biaya yang rendah [5]. Penanganan khusus terhadap sampah plastik dapat dilakukan dengan cara mendaur ulang, pembakaran dengan menggunakan insenerator, dan mengubur kedalam tanah. Sistem pembuangan sampah plastik ke TPA tidak efektif dilakukan karena timbulan sampah plastik sangat banyak, sedangkan pembakaran sampah plastik dapat menghasilkan zat beracun yang berbahaya. Dengan demikian, diperlukan pengolahan sampah plastik (daur ulang) untuk mengurangi permasalah sampah ini [6]. Salah satu sampah plastik yang dapat didaur ulang adalah botol plastik bekas minuman, makanan dan barang konsumsi lainnya. Plastik PET memiliki kekuatan mekanik yang tinggi yaitu kekuatan tarik dan impak yang sangat baik, bersifat transparan, tidak beracun, ketahanan kimia yang baik dan tidak terpengaruh pada rasa dan permeabilitas yang dapat diabaikan untuk karbon dioksida [7]. Namun, volume limbah plastik PET yang semakin meningkat menimbulkan tantangan lingkungan yang signifikan.

Pembuangan limbah plastik PET yang tidak tepat dapat menyebabkan konsekuensi lingkungan yang parah. Tempat pembuangan akhir sering kali menjadi tujuan akhir limbah ini, di mana ia dapat bertahan selama berabad-abad, melepaskan polutan berbahaya ke tanah dan air tanah. Selain itu, limbah plastik PET dapat masuk ke saluran air, menimbulkan ancaman bagi kehidupan laut dan ekosistem. Mesin pencacahan plastik PET muncul sebagai opsi untuk mengatasi masalah limbah plastik. Dengan mencacah plasttik menjadi potongan-potongan yang lebih kecil, pencacahan bermanfaaat untuk memaksimalkan penyimpanan dan jadi awal dari daur ulang yang efisien

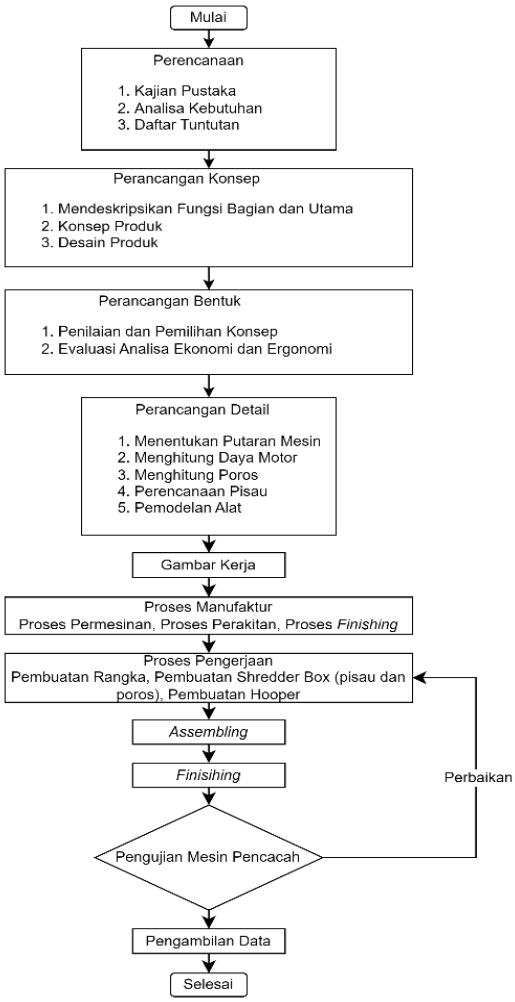
Penelitian ilmiah yang sudah dilakukan diantaranya Ismail Subhidin, Eddy Djatmiko, Eka Maulana dengan judul perancangan mesin pencacah plastik kapasitas 75 kg/jam, rancangan menggunakan material UNP dengan ketebalan plat 3 mm dan lebar plat 100 mm, dan juga dimensi rangka yaitu panjang = 717 mm, lebar = 430 mm, dan tinggi = 430 mm. Komponen penting untuk mesin pencacah plastik kapasitas 75 kg/jam adalah material rangka UNP, motor listrik 3 phasa dengan daya 4 kW, pisau pencacah dengan gaya potong 12,97 N [8]. Dadan Sopyan, Dedi Suryadi dengan judul perancangan mesin pencacah plastik kapasitas 25 kg, Motor listrik yang digunakan 1 HP, dengan daya motor (P) = 746 W, putaran poros motor (n) = 1445 rpm, dan tegangan motor listrik (V) = 220 Volt. Dimensi total dari mesin pencacah plastik panjang 900 mm, lebar 310 mm, dan tinggi 1030 mm [9]. Rima Nindia Selen, Enrich U.K Maliwemu, Kristomus boimau dengan judul perancangan sistem transmisi mesin pencacah dengan putaran mesin 2800 rpm, berkapasitas 750 watt dengan putaran 2800 Rpm dan berat dari pisau potong maka beban keseluruhan yang ditopang kaki rangka adalah 49,73 $Kg/m2$ [10]. Dian Anisa Rokhmah Wati, Agung Samudra dengan judul rancang bangun mesin pencacah sampah plastik, Mesin ini bekerja dengan cara menggunting sampah plastik dengan dua buah poros yang terdapat pisau-pisau yang berputar berlawanan arah. Pisau tersebut berbentuk lingkaran yang di setiap sisinya ada cakar untuk menarik sampah plastik agar dapat tercacah. Dari hasil perancangan mesin pencacah sampah plastik tersebut dapat mencacah 1 ons plastik dengan ketebalan 0,3 mm dalam waktu 25 detik menjadi 14,4 kg/jam dan sampah plastik dengan ketebalan 0,5 mm dalam waktu 20 detik menjadi 18 kg/jam [11].

Berdassarkan beberapa rujukan dan penelitian terdahulu di atas, maka peneliti ingin membuat rancangan mesin cacah plastik PET berkapasitas 20 kg/jam. Mekanisme pisau pencacahan yang digunakan adalah pisau shredder dan memiliki sistem sensor pada masuknya plastik sebagai kelebihan yang tidak dimiliki pada mesin pencacah. Dengan rancangan tersebut diharapkan hasil penelitian ini dapat melengkapi penelitian sebelumnya baik dari segi desain ataupun hasil cacahan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Rancang bangun mesin pencacah sampah plastik PET menggunakan metode perancangan Pahl dan Beitz. Metode ini tersebut terdiri dari 4 tahap, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah. Tahapan tersebut antara lain

perencanaan, perancangan konsep, perancangan bentuk, perancangan detail [12], [13], seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Rancang Bangun Mesin

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perencanaan

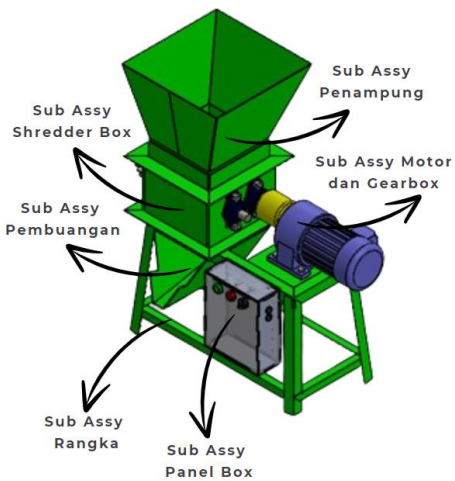
Perencanaan diperlukan untuk mendapatkan alat yang sesuai dengan kebutuhan. Berdasarkan kajian yang telah dilakukan dirumuskan daftar tuntutan yang harus dipenuhi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Tuntutan

D/W	*REQUIREMENTS*
D	Mampu mencacah plastik PET untuk ketebalan 6 mm
D	Mampu mencacah plastik PET dengan kapasitas 20 kg/jam
D	Dapat membaca plastik PET yang masuk dan melakukan kerja secara otomatis
D	Dapat mendeteksi logam yang masuk dan menghentikan kerja secara otomatis
W	Dimensi maksimum alat 380X380X1100 mm

3.2 Perancangan Konsep

Perancangan konsep didapatkan setelah melakukan pembuatan beberapa variasi konsep yang direncanakan. Dari variasi konsep tersebut dilakukan penilaian untuk menentuka yang memenuhi daftar tuntutan. Didapatkan variasi konsep terpilih seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Variasi Konsep Terpilih

3.3 Perancangan Detail

Perancangan detail dilakukan untuk menganalisa perhitungan untuk menentukan spesifikasi komponen yang akan digunakan dan pemodelan alat. Proses ini diawali dengan perhitungan part kritis dan diakhiri dengan pemodelan 3D alat.

3.3.1 Menentukan Putaran Mesin Minimum

Pada perancangan ini agar mesin memenuhi kapasitas yang direncanakan yaitu 20 kg/jam atau 0,33 kg/menit, maka putaran minimal mesin harus ditentukan. Untuk menentukan putaran mesin diawali dengan :

1. Menetapkan satu putaran poros menghasilkan 4 pemotongan, karena pada setiap pisau terdapat 4 buah mata pisau. Dengan ukuran botol Ø63x230 mm dan pemotongan botol diasumsikan terjadi secara vertikal, dan tinggi mata pisau 7,5 mm, maka 1 botol membutuhkan 31 kali pemotongan. Dalam 32 kali pemotongan poros harus berputar sebanyak 8 kali putaran.
2. Satu botol memiliki berat kurang lebih 14 gram, maka 1 putaran poros menghasilkan 3,5 atau 0,0035 kg.
3. Jadi untuk mendapatkan kapasitas mesin 20 kg/jam alat ini perlu berputar sebanyak 172 putaran dengan 5 botol dalam satu proses pencacahan. Alat ini membutuhkan waktu 21 detik untuk satu putaran sehingga untuk melakukan satu proses cacahan botol dibutuhkan waktu 125 detik.

3.3.2 Menghitung Daya Motor

Perancangan daya pertama kali yang harus diperhitungkan adalah berapa besar gaya (N) yang diperlukan untuk menghancurkan limbah plastik PET, dengan cara tegangan geser ijin material dari plastik PET yaitu sebesar 1,8 N/mm2 di kali dengan luas penampang.

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

$$F = 1{,}8 \frac{N}{mm^2} \times 120\ mm^2$$

$$F = 216\ N$$

Keterangan:
F = Gaya yang dibutuhkan menghancurkan plastik PET (N)
τ = Tegangan geser yang diijinkan plastik PET (N/mm^2)
A = Luas penampang = $(7{,}5 + 15 + 7{,}5) \times 4 = 120\ mm^2$

Menghitung torsi pisau yang dibutuhkan.

$$T_b = F \times r \quad (2)$$
$$T_b = 216\ N \times 0{,}05\ m = 10{,}8\ Nm$$

Keterangan:
T_b =Torsi blade (Nm)
F = Beban yang diterima poros (N)
r = Jari-jari pisau pemotong

Perhitungan torsi yang terjadi pada poros.

$$T_s = T_b \times jumlah\ mata\ pisau \quad (3)$$
$$T_s = 10{,}8\ Nm \times 4 = 43{,}2\ Nm$$

Keterangan:
T_s = Torsi Shaft (Nm)
T_b = Torsi blade (Nm)

Dikarenakan menggunakan 2 poros sehingga dikali dua.

$$T_t = T_s \times 2 \quad (4)$$
$$T_t = 43{,}2\ Nm \times 2 = 86{,}4\ Nm$$

Keterangan:
T_t = Torsi total (Nm)
T_s = Torsi Shaft (Nm)

Perhitungan kecepatan sudut yang terjadi.

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60} \quad (5)$$
$$\omega = \frac{2 \times 3{,}14 \times 35\ rpm}{60} = 3{,}66\ rad/s$$

Keterangan:
ω = Kecepatan sudut (rad/s)
n = rpm yang direncanakan

Menghitung daya motor yang diperlukan.

$$P = T_t \times \omega \quad (6)$$
$$P = 108\ Nm \times 3{,}66 \frac{rad}{s}$$
$$P = 316{,}224\ watt = 0{,}42\ HP$$

Keterangan:
P = Daya motor yang diperlukan (HP)
T_t = Torsi total yang dibutuhkan (Nm)
ω = Kecepatan sudut ($\frac{rad}{s}$)

Perhitungan faktor koreksi daya.

$$P_d = f_c \times p \quad (7)$$
$$P_d = 1{,}0 \times 0{,}42$$
$$P_d = 0{,}42\ HP \approx 0{,}5\ HP$$

Sehingga daya rencana yang yang akan digunakan pada alat ini adalah 0,5 HP.

3.3.3 Perhitungan Poros dan Pasak

Perancangan mesin pencacah plastik PET ini, diperkirakan diperlukan poros yang mendapatkan beban punter saja, ini disebabkan oleh dimensi panjang poros yang tidak terlalu panjang dan bekerja secara vertikal yang ditumpu poros yang tidak terlalu besar, sehingga lendutan yang terjadi dapat diabaikan. Oleh karena itu pada perencanaan poros ini tidak diperhitungkan momen lentur yang terjadi.

Perhitungan momen puntir.

$$T = 9{,}74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_u} \quad (8)$$
$$T = 9{,}74 \times 10^5 \frac{0{,}5HP}{35\ rpm}$$
$$T = 14753{,}5\ kg.mm^2$$

Keterangan:
T = Momen puntir ($kg.mm^2$)
P_d = Daya rencana (HP)
n_u = Putaran pisau direncanakan (rpm)

Tegangan geser yang diizinkan dengan material S45C.

$$t_a = \frac{\sigma}{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (9)$$
$$t_a = \frac{58\ \text{kg}.mm^2}{6 \times 3} = 7{,}4\ kg.mm^2$$

Keterangan:
t_a = Tegangan geser yang diijinkan ($kg.mm^2$)
σ = Kekuatan Tarik ($kg.mm^2$)
S_{f1} = Faktor keamanan bahan (5,6 kuatan yang dijamin atau 6,0 dengan pengaruh masa dan baja paduan)
S_{f2} = Faktor keamanan akibat alur pasak (1,3-3,0)

Perhitungan poros minimal.

$$d_s = \left[\frac{5{,}1}{t_a} K_t C_b T\right]^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$
$$d_s = \left[\frac{5{,}1}{7{,}4\ kg.mm^2} \times 1{,}0 \times 1{,}2 \times 14753{,}5 kg.mm^2\right]^{\frac{1}{3}}$$
$$d_s = 22{,}27\ \approx 25\ mm$$

Keterangan:
d_s = Diameter poros (mm)
t_a = Tegangan geser yang diijinkan ($kg.mm^2$)
K_t = Faktor koreksi momen puntir 1,0-1,5
C_b = Faktor lentur 1,2-2,3

Setelah melakukan perhitungan didapatkan diameter poros yang direncanakan adalah 25 mm, untuk menghindari kegagalan poros pada saat alat sedang bekerja maka dibuat poros bertingkat dimana pada sisi pemotong dibuat dengan diameter yang lebih besar yaitu 38 mm dan pada sisi bantalan dirancang 35 mm.

Perhitungan tegangan geser yang timbul.

$$\tau = \frac{5{,}1 \times T}{{d_s}^3} \tag{11}$$

$$\tau = \frac{5{,}1 \times 14753{,}5 kg.mm^2}{25\ ^3 mm} = 4{,}81 \frac{kg}{mm}$$

Keterangan:
τ = Tegangan geser yang timbul ($\frac{kg}{mm}$)
T = Momen puntir ($kg.mm^2$)
d_s = Diameter poros (mm)

Jadi dapat dikatakan kontruksi poros pada perancangan mesin pencacah sampah plastik PET ini aman dikarenakan t_a(7,4 $kg.mm^2$) > t (4,81 $kg.mm^2$).

Perhitungan gaya yang terjadi pada pasak.

$$F = \frac{T_s}{\frac{d}{2}} \tag{12}$$

$$F = \frac{54000\ N/mm}{\frac{33\ mm}{2}} = 3272{,}7\ Mpa$$

Keterangan:
F = Gaya yang terjadi pada pasak (Mpa)
T_s = Torsi pada poros (N/mm)
D = Diameter poros bantalan (mm)

Perhitungan tegangan geser izin dengan material AISI 1080 ultimate strange 415 MPa.

$$\sigma = \frac{\sigma u}{Sf} \tag{13}$$

$$\sigma = \frac{415\ Mpa}{3}$$

$$\sigma = 138{,}3\ Mpa$$

Keterangan:
S_a = Tegangan geser ijin pasak (Mpa)
Syp = Ultimate strange material AISI 1018 (Mpa)
Sf = Faktor keamanan akibat alur pasak (1,3-3,0)

Perhitungan tegangan geser yang timbul.

$$\tau_p = \frac{F}{W \times L} \tag{14}$$

$$\tau_p = \frac{4720{,}7\ Mpa}{10\ mm \times 22\ mm}$$

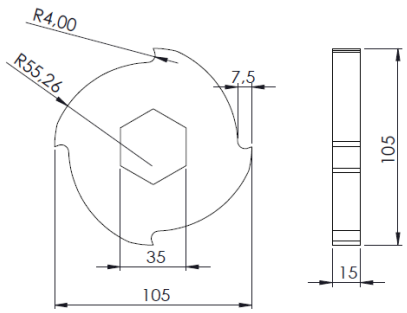
$$\tau_p = 14{,}9\ Mpa$$

Keterangan:
τ_p = Tegangan yang timbul pada pasak (Mpa)
F = Gaya yang bekerja pada pasak (Mpa)
W = Lebar pasak yang direncanakan (mm)
L = Panjang pasak yang direncanakan (mm)

Jadi dapat disimpulkan bahwa konstruksi pasak pada poros perancangan mesin pencacah sampah plastik PET ini aman dikarenakan Sa (138,3 MPa) > t_p (14,9 MPa).

3.3.4 Perencanaan Pisau

Pisau penghancur yang digunakan pada perencanaan mesin pencacah sampah plastik PET ini menggunakan material AISI 1080 dengan radius pisau 55,26 mm pada setiap lekukan. Pemilihan material berdasarkan dengan tegangan geser ijin dari plastik PET yaitu 1,8 Mpa Oleh karena itu penentuan material AISI 1080 dengan tegangan geser 400 Mpa, sudah lebih dari cukup untuk dijadikan sebagai pisau penghancur.

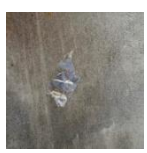


Gambar 3. Dimensi Pisau Pencacah (mm)

3.4 Data Hasil Pengujian Kerja Alat

Data dari hasil pengujian alat dikonversi menjadi tabel agar mempermudah pembacaan. Data yang diambil dari percobaan alat adalah waktu pencacahan, ukuran cacahan, dan sistem kontrol. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dan 3 kali proses pencacahan dengan tujuan melihat interval waktu dan ukuran hasil pencacahan. Proses pencacahan pertama ukuran cacahan sebesar 150 dan 149 mm sehingga dilakukan 3 kali proses pencacahan dan didapatkan ukuran terkecil sebesar 16 mm. Pengukuran hasil cacahan diukur dengan menggunakan penggaris. Data keseluruhan ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Alat

No	**Percobaan Ke**	**Botol Plastik yang Dicacah 1 KG**			
		Waktu Cacahan	**Ukuran Hasil Cacahan (mm)**		
1	Pertama	2 menit 45 detik	150	71	16
2	Kedua	2 menit 53 detik	149	46	 17

3.4 Pembahasan

Alat yang sudah direalisasikan sudah sesuai dengan daftar tuntuan dan perancangan konsep awal dari mesin pencacah plastik PET. Gambar 5 merupakan hasil dari realisasi alat yang telah dilakukan.

Gambar 4. Mesin Pencacah Plastik PET

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan alat dapat berfungsi untuk mencacah 1 kg botol plastik dengan durasi 2 menit 48 detik dengan botol yang dimasukan 3 dalam sekali pemakanan. Sehingga alat mampu mencacah 20 kg sampah plastik PET dalam kurun waktu 1 jam. Berdasarkan hasil cacahan yang dihasilkan ukuran cacahan bervariatif. Pada cacahan pertama alat hanya membelah botol, cacahan kedua mulai menghancurkan plastik PET lebih kecil dan dicacah ketiga didapatkan ukuran cacahan yang maksimal yaitu 16 mm yang bisa dilakukan alat.

Pengujian sistem kontrol berjalan dengan baik dimana sensor *capacitive* dapat mendeteksi botol yang masuk dan melakukan kerja secara otomatis. Sensor *inductive* juga mampu mendeteksi logam yang masuk sehingga bisa mematikan kerja alat ketika ada logam yang terdeteksi masuk kedalam hooper.

4. KESIMPULAN

Berdasrkan hasil rancang bangun yang dilakukan, penulis dapat menyimpulkan:

1. Variasi Konsep terpilih sudah memenuhi dari daftar tuntutan.
2. Perhitungan part kritis yang dilakukan dinyatakan aman karna tegangan yang terjadi pada part lebih kecil dibandingkan dengan tegangan izin material S45C pada poros dan AISI 1080 pada pasak.
3. Spesifikasi alat yang didapatkan adalah:
   Dimensi alat : 950 x 365 x 1060 mm
   Kapasitas : 20 Kg/Jam
   Motor Penggerak : Dinamo 3 Phase ½ HP
   Kecepatan Putar : 70 Rpm
   Jumlah Pisau : 14
   Material Pisau : AISI 1080
4. Berdasarkan hasil percobaan alat mampu mencacah sampah plastik PET sesuai dengan peruntukannya.
5. Memenuhi tuntutan kapasitas yang mampu mencacah 20 kg sampah plastik perjam.
6. Sistem sensor dapat bekerja untuk melakukan kerja dan mati alat secara otomatis.

Rancang bangun mesin pencacah sampah plastik PET masih memerlukan pengembangan. Penyesuaian gap pisau pencacah setidaknya jarak minimal sekitar 2-3 mm dan maximal 5 mm antar pisau untuk menghasilkan hasil cacahan yang kecil. Penyesuaian jarak poros untuk memaksimalkan gap atau menambah diameter pisau pencacah untuk mendapatkan hasil potongan cacahan yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M. I. Utami and D. E. A. Fitria Ningrum, "Proses Pengolahan Sampah Plastik di UD Nialdho Plastik Kota Madiun," *Indonesian Journal of Conservation*, vol. 9, no. 2, pp. 89–95, Dec. 2020, doi: 10.15294/ijc.v9i2.27347.

[2] H. Kartikasari and M. Legowo, "Strategi Penanganan Sampah Melalui Program Bank Sampah di Kelurahan Bangkingan Kecamatan Lakarsantri," vol. 01, 2022.

[3] A. S. Kanda and C. Puspita Sari, "Analisis Permasalahan Dan Kebijakan Penanggulangan Sampah di Daerah Pajajaran Kota Bandung," vol. 2, no. 1, pp. 61–69, 2024, doi: 10.47861/sammajiva.v2i1.772.

[4] P. Purwaningrum, "UPAYA MENGURANGI TIMBULAN SAMPAH PLASTIK DI LINGKUNGAN," *INDONESIAN JOURNAL OF URBAN AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY*, vol. 8, pp. 141–147, 2016.

[5] G. D. Wahyudin and A. Afriansyah, "COUNTERMEASURE MARINE PLASTIC POLLUTION UNDER INTERNATIONAL LAW," *Jurnal IUS Kajian Hukum dan Keadilan*, vol. 8, no. 3, pp. 529–550, Dec. 2020, doi: 10.29303/ius.v8i3.773.

[6] B. Triyono, P. Prawisudha, A. D. Pasek, and Mardiyati, "Study on utilization of Indonesian non-recycled municipal solid waste as renewable solid fuel," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Jul. 2018. doi: 10.1063/1.5046588.

[7] I. Oktama, *ANALISA PELEBURAN LIBAH PLASTIK JENIS POLYETHYENE TERPHTALTE (PET) MENJADI BIJI PLASTIK MELALUI PENGUJIAN ALAT PELEBUR PLASTIK*, vol. 05. Stationery Office, 2016.

[8] I. Subhidin *et al.*, "Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ Website: http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit E-Perancangan Mesin Pencacah Plastik Kapasitas 75 Kg/Jam," 2020. [Online]. Available: http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit

[9] D. Sopyan and D. Suryadi, "PERANCANGAN MESIN PENCACAH PLASTIK KAPASITAS 25 KG," *Jurnal Media Teknologi*, vol. 06, no. 02, pp. 213–222, 2020.

[10] R. Nindia Selan, E. U. Maliwemu, K. Boimau, and J. Adisucipto-Penfui Kupang NTT, "Perancangan Sistem Transmisi Mesin Pencacah Sampah Plastik dengan Putaran Mesin 2800 RPM," *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, vol. 6, no. 1, 2021.

[11] D. Anisa, R. Wati, and A. Samudra, "RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH SAMPAH PLASTIK," *Technology, Education And Mechanical Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 9–13, 2022.

[12] G. Pahl and W. Beitz, "Engineering Design A Systematic Approach," 1984.

[13] Y. C. Dwiaji and R. S. Nasution, "Perancangan Mesin Pembuat Pellet Untuk Campuran Cangkang Telur Sebagai Konsentrat Kapasitas 10 Kg/Jam Dengan Metode Pahl dan Beitz," *JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY (JAMERE)*, vol. 3, pp. 57–68, 2023, [Online]. Available: https://journal.isas.or.id/index.php/JAMERE