

Available online at www.jurnal.untidar.ac.id

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

Journal homepage: <http://jurnal.untidar.ac.id/index.php/mechanical/index>

Perancangan Poros dan Pasak Mesin *Crusher* Sampah Plastik untuk Pengolahan *Refuse Derived Fuel*

Akbar Kurniawan^a, Arif Rahman Saleh^b, Rany Puspita Dewi^c

^{a,b,c}Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Tidar, Jl.kapten suparman no 39, Potrobangsari, Magelang utara, Kota Magelang, Indonesia

*Correspondence email: akbarkur123@gmail.com

Keyword:

Crusher machine,
Shaft, Key

ABSTRACT

The plastic waste crusher machine is a device used to transform plastic waste into smaller particles. One of the crucial components in the crusher machine is the shaft, which plays a role as the location for the cutting blades and the transmission of power from the driving motor. There are several aspects to consider in shaft design, such as material, torque, and stress. The shaft design process involves material selection, dimension determination, and shaft shape design. Based on the obtained data, the plastic waste crusher machine requires a maximum driving power of 8.92 kW to operate the shaft with a minimum diameter of 31.9 mm. However, the designed shaft is tapered, resulting in a shaft diameter of 36 mm and a shaft diameter at the bearing location of 40 mm. This shaft is also equipped with a pin measuring 10×8 mm, serving as a fastener for pulley and gear components. The material chosen for the shaft and pin is AISI 1035 Steel due to its strength and ease of shaping.

Kata Kunci:

Mesin *crusher*,
Poros, Pasak

ABSTRAK

Mesin *crusher* sampah plastik merupakan mesin yang digunakan untuk mengubah sampah plastik menjadi partikel yang lebih kecil lagi. Salah satu komponen yang penting dalam mesin *crusher* adalah poros yang memiliki peran sebagai tempat pisau pencacah dan tranmisi daya dari motor penggerak. Terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan poros seperti material, momen puntir, dan tegangan. Proses perancangan poros mencakup pemilihan material, pemilihan dimensi, dan bentuk poros. Berdasarkan data yang diperoleh, mesin *crusher* sampah plastik membutuhkan daya maksimum penggerak sebesar 8,92 kW untuk menggerakkan poros dengan diameter minimum 31,9 mm. Namun, desain poros yang dibuat berbentuk bertangga sehingga poros memiliki diameter sebesar 36 mm dan diameter poros sebagai tempat bantalan 40 mm. Poros ini juga dilengkapi pasak dengan ukuran 10×8 mm sebagai pengunci untuk elemen *pulley* dan roda gigi. Material yang digunakan untuk poros dan pasak adalah Baja AISI 1035 karena kuat dan mudah dibentuk.

PENDAHULUAN

Peningkatan sampah di daerah perkotaan menjadi masalah yang cukup serius saat ini. Pada tahun 2022, terdapat 16 juta ton sampah yang tidak

dikelola atau sekitar 24% dari jumlah keseluruhannya. Sampah tersebut terdiri dari 27,61% sampah anorganik, 66,1% sampah organik, dan 6,29% lainnya [2]. Sementara itu, sampah memiliki

potensi untuk dijadikan *Refuse Derived Fuel* (RDF).

RDF merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari limbah padat non berbahaya yang sulit didaur ulang. RDF memiliki potensi menjadi sumber energi terbarukan karena dapat dimanfaatkan sebagai pengganti batu bara pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). RDF tersusun dari 4 jenis sampah yang biasa disebut sebagai 4K1P yaitu sampah kertas, sampah kain, sampah kayu, dan sampah plastik. Persentase sampah plastik dalam RDF paling banyak daripada sampah lainnya [3].

Langkah pertama dalam pengolahan RDF yaitu dengan melakukan pencacahan sampah menjadi partikel yang lebih kecil. Proses pencacahan tersebut menggunakan alat yang bernama mesin *crusher*. Saat ini, inovasi desain mesin *crusher* sudah berkembang sehingga banyak desain yang telah dibuat. Pada umumnya perbedaan desain mesin *crusher* satu dengan lainnya adalah bentuk pisau pencacahnya.

Pisau jenis *shredder* memiliki kelebihan dalam kekuatan mencacah material. Pisau ini mampu mencacah material yang keras. Akan tetapi, daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan pisau harus besar karena dalam satu poros terdapat beberapa jumlah pisau [4].

Pisau jenis *flat* banyak digunakan dalam mesin *crusher* saat ini. Kebutuhan daya yang dibutuhkan juga tidak terlalu besar sehingga biaya pembuatan mesin lebih murah daripada mesin *crusher* dengan pisau *shredder*. Akan tetapi, pisau jenis *flat* tidak mampu mencacah material yang keras. Pisau ini mampu menahan beban sampai 3000 N [5].

Penelitian ini akan membahas tentang perencanaan poros dan pasak yang akan digunakan pada mesin *crusher* sampah plastik kapasitas 100 kg/jam. Poros adalah bagian komponen mesin yang berputar dimana terdapat komponen lain seperti pisau, roda gigi, dan *pulley*. Poros ini berfungsi sebagai meneruskan tenaga bersama dengan motor penggerak [6] Poros menjadi elemen yang penting dalam transmisi daya, mentransfer torsi, dan menahan beban. Oleh karena itu, poros harus dirancang dengan baik agar mesin dapat bergerak dengan baik dan aman [7].

Tahapan yang dilakukan untuk melakukan perencanaan poros yaitu:

1) Menentukan gaya pisau.

Poros akan mengalami gaya berat dari pisau pencacah. Gaya berat pisau dapat dihitung melalui persamaan berikut [8]:

$$F = m \times g \quad (1)$$

Dimana

F = Gaya pemotongan mata pisau (N)

m = Massa pisau (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

2) Menentukan kebutuhan daya motor

Kebutuhan motor penggerak yang akan digunakan pada mesin *crusher* dapat dihitung melalui persamaan berikut [8]:

$$P = F \times \omega \times r \quad (2)$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

F = Gaya pemotongan pisau (N)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

r = Jari-jari rotor (m)

3) Menentukan daya rencana

Daya yang dibutuhkan motor penggerak mungkin saja membutuhkan daya yang besar pada saat menyalakan motor atau saat gegang yang besar saat bekerja. Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi daya rata-rata yang dibutuhkan dengan memperhatikan faktor koreksi. Daya rencana dapat dihitung melalui persamaan berikut [1]:

$$P_d = f_c \times P \quad (3)$$

Dimana:

P_d = Daya rencana (kW)

F_c = Faktor koreksi

P = Daya output motor (kW)

Nilai dari faktor koreksi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor koreksi

Daya yang akan ditransmisikan	f _c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2-2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8-1,2
Daya normal	1,0-1,5

Sumber: Sularso (2004)

4) Menentukan momen puntir

Momen puntir dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut [1]:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \quad (4)$$

Dimana:

T = Momen puntir (Kgmm)

P_d = Daya rencana (kW)

n₁ = Putaran (rpm)

5) Menentukan tegangan geser izin

Tegangan geser izin merupakan batas maksimum tegangan yang dapat diterima oleh material tanpa menyebabkan kegagalan. Tegangan geser izin dapat dihitung melalui persamaan berikut [1]:

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2} \quad (5)$$

Dimana:

τ_a = Tegangan geser izin (Kg/mm²)

σ_b = Kekuatan tarik bahan poros (Kg/mm²)

Sf₁ = Faktor keamanan bahan

Sf₂ = Faktor keamanan bentuk poros (1,3-3,0)

6) Menentukan diameter poros
Perhitungan diameter poros dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut [1]:

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (6)$$

Dimana:

- d_s = Diameter poros (mm)
- T = Momen puntir (Kg/mm^2)
- K_t = Faktor koreksi tumbukan (1,0 - 3,0)
- C_b = Faktor akibat lenturan (1,0-2,3)

7) Menentukan ukuran pasak
Ukuran pasak ditentukan berdasarkan diameter poros yang telah didapatkan. Ukuran pasak dapat dilihat pada tabel 2 [1].

Tabel 2. Ukuran pasak

Ukuran-ukuran utama (Satuan: mm)										
Ukuran nominal pasak $b \times h$	Ukuran standar $A, b_1, dan b_2$	Ukuran standar h		C	α	Ukuran standar r_1			r_1 dan r_2	Referensi
		Pasak prismatis	Pasak lurus			Pasak prismatis	Pasak lurus	Pasak lurus		
2 x 2	2	2	0,16	0,16	6-20	1,2	1,0	0,5	0,08	Lebih dari 6-8
3 x 3	3	3	0,25	0,25	6-36	1,8	1,4	0,9	0,16	6-10
4 x 4	4	4			8-45	2,5	1,8	1,2		10-12
5 x 5	5	5			10-56	3,0	2,3	1,7		12-17
6 x 6	6	6			14-70	3,5	2,8	2,2		17-22
(7 x 7)	7	7	0,25-0,40	0,40	16-80	4,0	3,0	3,5	0,16	20-25
8 x 8	8	7			18-90	4,0	5,3	2,4		22-30
10 x 8	10	8			22-110	5,0	3,3	2,4		30-38
12 x 8	12	8			28-140	5,0	3,3	2,4		38-44
14 x 9	14	9	0,40-0,60	0,60	36-160	5,5	3,8	2,9	0,25	44-50
(15 x 10)	15	10	0,60	0,60	40-180	6,0	5,3	3,0	0,40	50-55
16 x 10	16	10			45-180	6,0	4,3	3,4		50-58
18 x 11	18	11			50-200	7,0	4,4	3,4		58-65
20 x 12	20	12			56-220	7,5	4,9	3,9		65-75
22 x 14	22	14			63-250	9,0	5,4	4,4		75-85
(24 x 16)	24	16	0,60-0,80	0,80	70-280	8,0	8,0	8,5	0,40-0,60	80-90
25 x 14	25	14			70-280	9,0	5,4	4,4		85-95
28 x 16	28	16			80-320	10,0	6,4	5,4		95-110
32 x 18	32	18			90-360	11,0	7,4	6,4		110-130

* / harus dipilih dari angka-angka berikut sesuai dengan daerah yang bersangkutan dalam tabel.
6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 220, 250, 280, 320, 360, 400.

Sumber: Sularso (2004)

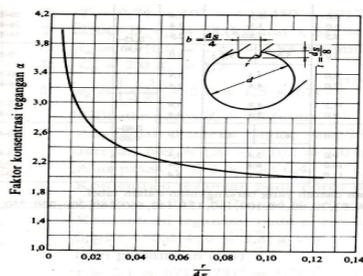
Pasak perlu dicek apakah pasak aman digunakan dengan membandingkan nilai konsentrasi tegangan dengan tegangan yang diizinkan. Syarat pasak aman dapat diketahui melalui persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\tau_a \cdot sf_2}{\alpha} > C_b K_t \tau \quad (7)$$

Dimana:

- τ_a = Tegangan geser izin (Kg/mm^2)
- K_t = Faktor koreksi tumbukan
- C_b = Faktor akibat lenturan
- τ = Tegangan geser (Kg/mm^2)
- α = Faktor konsentrasi tegangan pasak

Nilai dari konsentrasi tegangan α dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Faktor konsentrasi tegangan α (Sularso, 2004)

Tegangan geser dapat diitung melalui persamaan berikut:

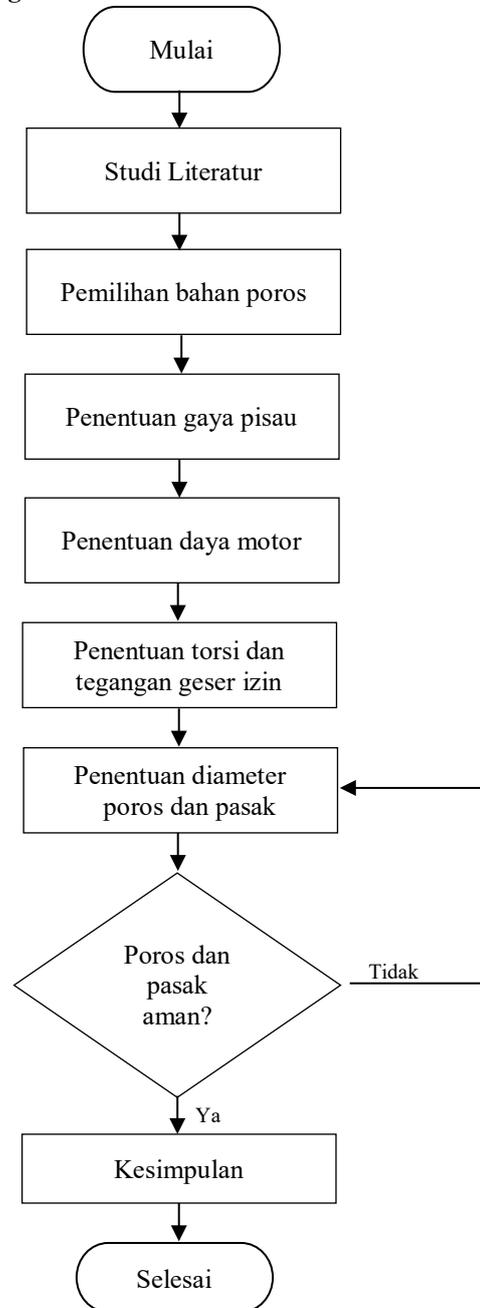
$$\tau = \frac{5,1 \cdot T}{(d_s)^3} \quad (8)$$

Dimana:

- τ = Tegangan geser (Kg/mm^2)
- T = Momen puntir ($Kgmm$)
- d_s = Diameter poros (mm)

METODE

Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir

Bahan

Pemilihan bahan poros menjadi faktor yang

menentukan kekuatan poros sehingga bahan yang dipilih harus kuat [9]. Pada penelitian ini bahan yang akan digunakan untuk poros dan pasak adalah Baja AISI 1035. Sifat fisik dan mekanik Baja AISI 1035 pada Tabel 3 berikut [10]:

Tabel 3. Sifat fisik dan mekanik Baja AISI 1035
Sifat Fisik dan Mekanik Baja AISI 1035

Density	7,85 g/cc
Tensile Strength	585 MPa
Yield Strength	370 MPa
Elongation (in 50mm)	30%
Modulus of Elasticity	200 GPa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin *crusher* yang akan dirancang memiliki spesifikasi perancangan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi mesin *crusher*

Spesifikasi	Keterangan
Kapasitas	100 kg/jam
Putaran rencana	1100 rpm
Massa pisau	2 kg
Massa <i>spacer</i>	0,43 kg
Jumlah pisau	30
Jumlah <i>spacer</i>	30
Jari-jari pisau	90 mm

Gaya yang ditahan poros adalah gaya berat dari pisau dan *spacer*. Maka, didapatkan gaya dari pisau adalah:

$$F = m \times g \times 30$$

$$F = 2 \times 9,8 \times 30$$

$$F = 588 \text{ N}$$

Sedangkan untuk gaya dari *spacer* adalah:

$$F = m \times g \times 30$$

$$F = 0,43 \times 9,8 \times 30$$

$$F = 126,42 \text{ N}$$

Sehingga gaya total pada poros yaitu:

$$F_{\text{total}} = 588 + 126,42 = 717,42 \text{ N}$$

Dari gaya yang telah didapatkan sehingga dapat diketahui nilai daya yang dibutuhkan untuk motor penggerak yaitu: $P = F \times \omega \times r$

$$P = 717,42 \times \frac{2,314.1100}{60} \times 0,09$$

$$P = 4733 \text{ watt} = 4,733 \text{ kW}$$

$$P = F \times \omega \times r$$

Daya motor yang dibutuhkan untuk menggerakkan poros yaitu sebesar 7,433 kW. Akan tetapi, faktor keamanan diperlukan sehingga daya motor yang didapatkan dikalikan dengan faktor koreksi. Daya yang akan diambil adalah daya maksimum motor sehingga didapatkan daya maksimum sebesar:

$$P_d = f_c \times P$$

$$P_d = 1,2 \times 7,433$$

$$P_d = 8,92 \text{ kW} = 11,96 \text{ hp}$$

Momen puntir yang dialami poros didapatkan nilainya sebesar:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{8,92}{1100}$$

$$T = 7898,2 \approx 7898 \text{ kgmm}$$

Tegangan geser izin poros berdasarkan batas kelelahan puntir. Poros akan dibuat dengan alur pasak sehingga konsentrasi tegangan cukup besar. Oleh karena itu, diambil nilai sf_2 sebesar 2. Faktor keamanan bahan diambil nilai sebesar 6 berdasarkan aturan ASME. Dengan demikian, nilai tegangan geser izin poros didapatkan nilai sebesar:

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{59,6}{6 \times 2}$$

$$\tau_a = 4,967 \text{ kg/mm}^2$$

Penentuan diameter poros harus memerhatikan faktor koreksi apakah benda akan mengalami tumbukan atau tidak. Pada perencanaan poros ini diambil nilai faktor koreksi tumbukan sebesar 2. Selain itu, poros juga perlu ditinjau apakah ada kemungkinan beban lentur. Faktor akibat lenturan diambil nilai sebesar 2. Dengan demikian, diameter minimum poros yang dibutuhkan sebesar:

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = \left[\frac{5,1}{4,967} \times 2 \times 2 \times 7898 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = 31,9 \text{ mm}$$

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan ukuran pasak 10x8 mm dengan *fillet radius* sebesar 0,4 mm. Poros akan dibentuk bertangga dan dibuat alur pasak sehingga diameter poros yang didapatkan dari perhitungan akan diperbesar untuk memerhatikan faktor konsentrasi tegangan. Diameter poros yang akan dipakai sebesar 36 mm dan diameter tempat bantalan 40 mm. Faktor konsentrasi tegangan α diperoleh dengan melihat Gambar 1. Nilai α didapatkan sebesar 3,1. Tegangan geser izin pasak didapatkan nilai sebesar:

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

$$\tau = \frac{5,1 \times 7898}{(36)^3}$$

$$\tau = \frac{40279,8}{46656}$$

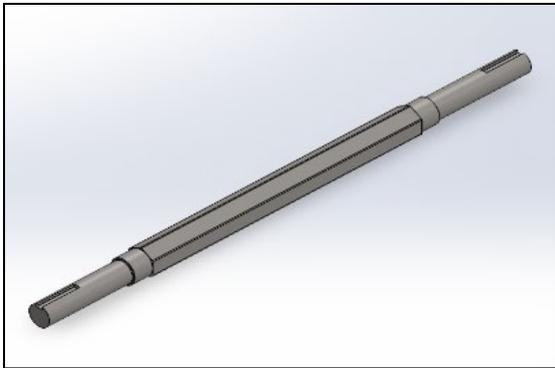
$$\tau = 0,86$$

Ukuran pasak dan poros ditinjau apakah aman digunakan atau tidak. Peninjauan tersebut dapat

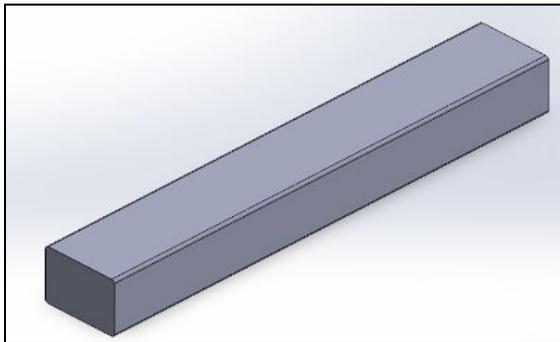
dicari melalui persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\tau_a \cdot s f_2}{\alpha} > C_b K_t \tau$$
$$\frac{4,967 \cdot 2}{3,1} > 2,1,5,0,86$$
$$3,2045 > 2,58$$

Jadi pasak ukuran 10x8 mm dengan *fillet radius* sebesar 0,4 mm aman digunakan pada poros dengan diameter 36 mm. Gambar 3 dan Gambar 4 adalah desain poros dan pasak yang direncanakan.



Gambar 3. Poros



Gambar 4. Pasak

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu perancangan poros mesin *crusher* kapasitas 100 kg/jam dibutuhkan daya motor penggerak sebesar 8,92 kW dengan putaran poros 1100 rpm. Poros dan pasak akan menggunakan material Baja AISI 1035. Diameter minimum poros yang dibutuhkan sebesar 31,9 mm. Akan tetapi, poros akan dibuat bertangan dan diberi alur pasak sehingga diameter poros yang aman adalah 36 mm dan diameter poros sebagai tempat bantalan sebesar 40 mm. Ukuran pasak didapatkan sebesar 10x8 mm dengan *fillet radius* 0,4 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sularso and K. Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Jakarta: Pradnya Paramita, 2004.
- [2] Sistem Informasi Pengelolaan Sampah, "Data

Sampah Pengelolaan Sampah & RTH, *Wired* 2022 [Online] Tersedia: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/#> [Diakses : 16 Agustus 2023]

- [3] L. Oktavia , U. E. K. Sari and A. Rhmadhan, "Pemanfaatan Sampah 4K1P Dari Tempat Pemrosesan Akhir Sebagai Bahan Bahu Briket," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, pp. 13-19, 2022.
- [4] K. Jozef, "Design of the Crusher for Plastic and Rubber Waste Produced in Automotive Industry," *FME Transactions VOL. 49, No 3*, pp. 734-739, 2021.
- [5] I. Aniekian and O. Ikechukwu, "Design of Used PET Bottles Crushing Machine for Small Scale Industrial Applications," *INTERNATIONAL JOURNAL of ENGINEERING TECHNOLOGIES-IJET Vol 3, No 3*, pp. 157-168, 2017.
- [6] F. Ibriza and E. Wiseno, "Perancangan Poros Pada Mesin Pengurai Limbah Kelapa Muda," *Jurnal Inovasi Penelitian*, pp. 4179-4186, 2022.
- [7] A. Gumilar, "Perencanaan Poros Pengaduk Bahan Baku Tegel Limbah Tempurung Kelapa," *Jurnal SITEMIK*, pp. 43-46, 2017.
- [8] R. Huzein and T. Hasnallah, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Jenis PET (Polyethylene Terephthalate) Kapasitas 50 Kg/Jam," *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, pp. 1-8, 2020.
- [9] S. T. Kristianto, "Perancangan dan Pembuatan Poros Pada Mesin Pemecah Cangkang Biji Kemiri," 2018.