

Perancangan dan Analisis Pisau Penghancur pada Mesin Penghancur Limbah Kaca

Machrus Ferdian^[1], Nur Robbi^[2], Ismi Choirotin^[3]

^[1], Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin

^{[2], [3]} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang

Jl. Mayjen Haryono 193 Malang 65144 Jawa Timur

ftergondal27@gmail.com

nurrobby@unisma.ac.id

ABSTRAK

Sampah menjadi masalah yang sering dihadapi oleh negara-negara di dunia. Limbah kaca termasuk salah satu limbah yang ada di lokasi pembuangan, salah satu cara yang dapat diambil untuk mengurangi sampah kaca adalah mengolah sampah kaca agar menjadi produk lain yang lebih bermanfaat seperti campuran batako, karya seni, ataupun diubah menjadi kaca yang baru. Karena itulah muncul inovasi untuk membuat mesin penghancur limbah kaca.

Perencanaan pisau penghancur pada mesin penghancur limbah kaca ini menggunakan metode perancangan dan analisis. Pisau penghancur terdiri dari mata pisau,udukan pisau, piringan, poros, penahan pisau satu, penahan pisau.

Pisau penghancur pada mesin penghancur limbah kaca ini memiliki jenis pisau *hammer mill*. Dimensi dari pisau penghancur ini adalah : lebar bentangan pisau (jari-jari) 165,59mm, panjang pisau penghancur adalah 310mm. Pisau penghancur terdiri dari : 9 bilah pisau, 3 dudukan pisau, 4 piringan, 12 penahan pisau, dan 6 mur M12. Dari hasil penghancuran kaca lampu sebanyak 2kg, didapatkan hasil output sebanyak 1,050kg. Dari hasil penghancuran limbah kaca lampu, didapatkan ukuran kaca yang paling dominan adalah 1,18-2mm yaitu sebanyak 0,3787kg (35,79%).

Kata kunci : Sampah Kaca, Limbah Lampu, Mesin Penghancur, Pisau Penghancur, *Hammer Mill*

ABSTRACT

Waste is a problem that is often faced by countries in the world. Glass waste is one of the wastes in the disposal site, one way that can be taken to reduce glass waste is to process glass waste to become other products that are more useful such as a mixture of bricks, artwork, or converted into new glass. That's why innovations emerged to make glass waste crushing machines.

Planning a crushing knife on this glass waste crushing machine uses design and analysis methods. The crushing knife consists of a blade, knife mount, disc, shaft, one blade restraint, knife restraint.

The crushing knife on this glass waste crushing machine has a type of hammer mill knife. The dimensions of this crushing knife are: the width of the blade (radius) is 165.59mm, the length of the crushing knife is 310mm. The crushing knife consists of: 9 blades, 3 knife stands, 4 plates, 12 knife restraints, and 6 M12 nuts. From the destruction of light glass as much as 2kg, obtained output of 1,050kg. From the results of the destruction of light glass waste, the most dominant glass size is 1.18-2mm which is 0.3787kg (35.79%).

Keywords : Glass Waste, Lamp Waste, Crushing Machine, Crushing Blade, Hammer Mill.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu masalah yang sering dihadapi oleh negara-negara di dunia. Banyak sekali keluhan dari masyarakat yang disebabkan oleh sampah ataupun limbah, hal itu dikarenakan sampah dapat menimbulkan aroma yang kurang sedap dan juga dapat membuat lingkungan kurang nyaman untuk ditinggali. Pada kebanyakan kasus, aktivitas rumah tangga ataupun aktivitas industri lah penyuplai sampah terbanyak. Berkaca dari data KLHK tahun 2020,

jumlah sampah pada 289 kabupaten dan kota di Indonesia mencapai 34,5 ribu ton pertahunnya. Dengan prosentase pengurangan sampah 12,55% per tahun, sampah terkelolah sebanyak 56,47%, dan sampah yang tidak terkelolah sebanyak 43,53% ^[1].

Sampah sendiri ialah limbah yang berbentuk padat & terdiri dari bahan organik juga anorganik yang dianggap tak lagi digunakan. Limbah dapat menyebabkan turunnya kualitas lingkungan serta dapat menyebabkan berbagai

masalah serius. Dari banyaknya jenis limbah padat yang ada di tempat pembuangan, limbah dengan bahan baku kaca merupakan salah satunya. Kaca merupakan suatu material yang didapatkan melalui proses pembakaran pasir kuarsa pada suhu rata-rata 1400 °C. proses tersebut pastinya akan membutuhkan konsumsi energi yang sangat besar, selain itu proses tersebut juga menghasilkan emisi gas buang. Limbah kaca memiliki sifat yang sulit diuraikan secara alami oleh alam. Limbah kaca membutuhkan waktu 100.000 dekade agar mengurai secara keseluruhan [2].

Pada tempat pembuangan, sampah kaca akan semakin menumpuk karena penguraian yang sangat sulit. Disamping jumlahnya yang semakin menumpuk, limbah kaca juga sangat berbahaya bagi ekosistem lingkungan khususnya bagi manusia karena pecahan kaca dapat menimbulkan luka jika terkena bagian tubuh [3]. Untuk mengurangi dampak polusi lingkungan, lebih baik limbah kaca didaur ulang atau dikelola lebih lanjut, selain itu pengolahan limbah kaca juga dapat membuat bahan-bahan kaca bekas memiliki nilai jual. Dari beberapa permasalahan yang sudah dipaparkan timbul suatu inisiatif untuk merancang mesin yang mampu mengelolah limbah kaca agar memiliki nilai ekonomis dan tidak mencemari lingkungan.

Pada penelitian sebelumnya telah dibuat mesin penghancur limbah kaca dengan kapasitas produksi 30 kg/jam. Konsep dari mesin ini adalah menghancurkan limbah kaca hingga menjadi pecahan-pecahan kecil. Jenis pisau penghancur yang digunakan adalah *shredder* yang berjumlah dua buah dan berputar berlawanan arah. Mesin tersebut memiliki satu buah motor penggerak dengan kecepatan putaran 1800 rpm [4].

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dijelaskan, maka penelitian kali ini akan merancang suatu mesin penghancur limbah kaca dengan menggunakan penghancur berupa mata pisau. Kapasitas output maksimal mesin penghancur limbah kaca direncanakan sebesar 60 kg/jam.

METODE PENELITIAN

Metode dalam perancangan dan analisis kali ini menggunakan jenis metode eksperimental, yakni melakukan perancangan dan analisis pisau penghancur secara langsung.

Perancangan dan analisis pisau penghancur berlokasi di Desa Plumbon, Kec. Pandaan, Kab. Pasuruan, dan dilaksanakan mulai 15 Agustus – 15 Oktober 2021.

Desain dari pisau penghancur dapat dilihat pada gambar 1. Pisau penghancur terdiri dari beberapa bagian yakni :

1. Poros
2. Bilah pisau
3. Dudukan pisau
4. Piringan
5. Penahan pisau 1
6. Penahan pisau 2



Gambar . 1. Desain pisau penghancur

Perancangan pisau penghancur pada mesin penghancur limbah kaca ini memiliki alur pengerjaan sebagai berikut :

1. Mulai

Dalam perancangan pisau penghancur pada mesin penghancur limbah kaca ini diawali dengan memulai kegiatan.

2. Studi literatur

Proses selanjutnya adalah studi literatur, yakni proses mencari referensi atau penelitian terdahulu tentang perancangan pisau penghancur dan mesin penghancur limbah kaca.

3. Perhitungan dan perencanaan

Setelah menemukan referensi, tahap selanjutnya adalah perhitungan dan perencanaan komponen-komponen pisau penghancur.

4. Persiapan alat dan bahan

Jika perhitungan dan perencanaan komponen-komponen pisau penghancur telah selesai, proses selanjutnya adalah persiapan alat-alat dan bahan untuk pembuatan pisau penghancur dan juga mesin penghancur limbah kaca.

5. Pembuatan mesin

Pembuatan pisau penghancur dan juga mesin penghancur limbah kaca dilakukan sesuai dengan perencanaan dan perhitungan yang telah dilakukan.

6. Pengujian mesin

Jika pembuatan mesin telah selesai, tahap selanjutnya adalah menguji mesin penghancur limbah kaca untuk mengetahui

performa dari mesin dalam menghancurkan limbah lampu neon.

7. Mesin sesuai atau tidak ?

Ketika pengujian mesin, mesin telah sesuai dengan rencana awal atau tidak ?. jika tidak sesuai, mesin akan diperbaiki dan melakukan perhitungan dan perencanaan ulang. Jika mesin sesuai, maka mesin dianggap telah berhasil.

8. Uji gradasi

Uji gradasi dilakukan untuk mengetahui ukuran kaca lampu neon yang telah dihancurkan.

9. Kesimpulan dan saran

Proses selanjutnya adalah membuat kesimpulan dan saran pada laporan tentang perancangan pisau penghancur pada mesin penghancur limbah kaca.

10. Selesai

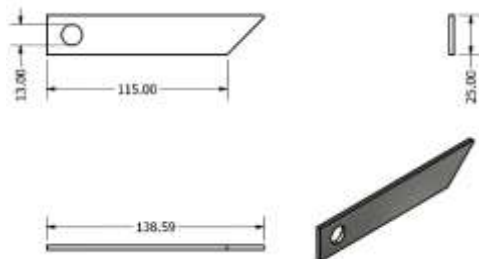
Setelah prosese perancangan telah selesai seluruhnya. Maka proses perancangan dapat dianggap telah selesai.

HASIL

Jenis pisau penghancur yang digunakan pada perancangan mesin penghancur limbah kaca ini adalah pisau jenis *hammer mill*.

Dimensi dari pisau penghancur menyesuaikan dengan dimensi *hopper* penghancur yang memiliki diameter 400mm, dan panjang 350mm.

1. Perhitungan bilah pisau



Gambar . 2. Desain bilah pisau

Jika dilihat dari dimensinya, volume dari pisau penghancur sebesar $9.164,51mm^3$ ($9,16cm^3$). Material pisau penghancur menggunakan baja AISI 1045 yang memiliki massa jenis $7,89 \frac{gr}{cm^3}$. Sehingga massa dari bilah pisau adalah :

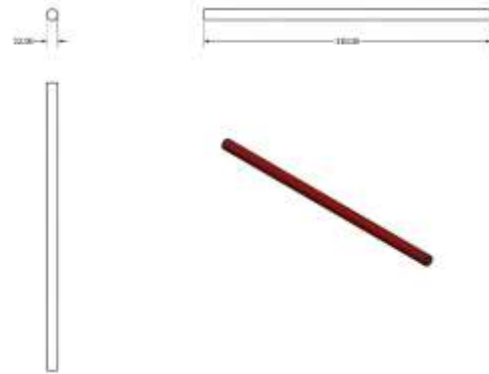
$$m = p \times V$$

$$m = 7,89 \frac{gr}{cm^3} \times 9,16cm^3$$

$$m = 72,27gr$$

Jumlah bilah pisau pada perancangan pisau penghancur ini adalah 9 buah, sehingga total massa untuk bilah pisau sendiri adalah $650,43gr$ ($0,65kg$).

2. Perhitungan dudukan pisau



Gambar . 3. Desain dudukan pisau

Volume dari dudukan pisau jika dilihat dari dimensinya adalah $35.042,4mm^3$ ($35,04cm^3$). Material yang digunakan untuk dudukan pisau adalah *stainless steel 304*. Sehingga massa dari dudukan pisau adalah.

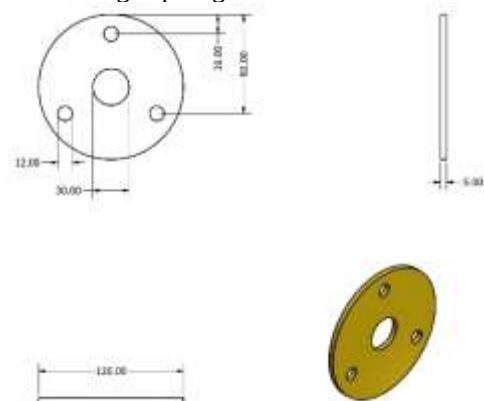
$$m = p \times V$$

$$m = 7,93 \frac{g}{cm^3} \times 35,04cm^3$$

$$m = 277,9g$$
 ($0,28kg$)

Dikarenakan dudukan pisau berjumlah tiga buah, maka massa total dari dudukan pisau adalah $0,78kg$.

3. Perhitungan piringan



Gambar . 4. Desain piringan

Dengan dimensi piringan seperti pada gambar 4, maka volume dari piringan adalah $51.291,9mm^3$ ($51,29cm^3$). Material yang

digunakan untuk piringan adalah baja AISI 1045, sehingga massa dari piringan adalah.

$$m = \rho \times V$$

$$m = 7,89 \frac{gr}{cm^3} \times 21,29 cm^3$$

$$m = 404,68 gr$$

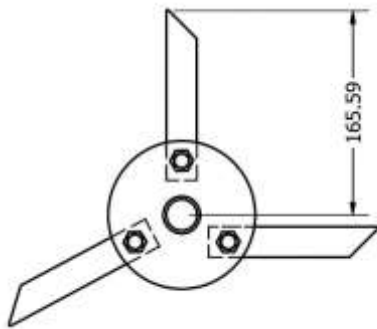
Piringan pada perancangan pisau penghancur ini berjumlah 4 buah. Maka berat total dari piringan adalah 1.618,72gr (1,62kg).

4. Perhitungan poros

Perhitungan poros untuk mesin penghancur limbah kaca ini terdiri dari beberapa tahap perhitungan. Berikut ini adalah perhitungan untuk poros mesin penghancur limbah kaca.

Putaran mesin yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 551 rpm.

Rangkaian pisau penghancur memiliki bentangan maksimal sebesar 165,59mm (1,655m). untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar . 5. Rangkaian pisau penghancur

Kecepatan pisau penghancur sangat dipengaruhi oleh putaran poros dan juga oleh diameter dari pisau penghancur itu sendiri. Maka kecepatan dari pisau penghancur pada mesin penghancur limbah kaca adalah

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{60}$$

$$v = \frac{3,14 \times 0,331m \times 551Rpm}{60}$$

$$v = 9,54 \frac{m}{s}$$

Berat rata-rata dari lampu neon adalah $0,4kg \frac{m}{s^2}$, sehingga massa yang dimiliki oleh rata-rata lampu neon adalah 0,041kg. Setelah mengetahui massa dari lampu neon, selanjutnya adalah menghitung energi kinetik yang dibutuhkan oleh pisau untuk menghancurkan kaca.

$$E_k = W$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

$$E_k = \frac{1}{2} \times 0,041kg \times 91,01 \frac{m^2}{s^2}$$

$$E_k = 1,87kg \cdot \frac{m^2}{s^2}$$

Setelah mencari nilai dari energi kinetik, selanjutnya adalah mencari waktu penghancuran. Berikut ini adalah perhitungan untuk waktu penghancuran.

Nilai putaran pisau penghancur yang direncanakan adalah 551Rpm. Sehingga

waktu untuk satu putaran penuh adalah $\frac{1}{9,2}$ s.

karena dalam satu kali putaran terjadi 3 kali pukulan. Waktu untuk satu kali pukulan adalah

$$\frac{1}{9,2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{27,6} s. \text{ waktu penghancuran yang}$$

sebenarnya adalah $\frac{1}{9,2}$ interval dari waktu satu

kali operasi, sehingga.

$$t = \frac{1}{9,2} \times \frac{1}{27,6}$$

$$t = \frac{1}{253,92} s$$

Setelah nilai waktu penghancuran telah ditemukan, selanjutnya dapat dicari besar nilai daya rata-rata yang diperlukan oleh pisau penghancur.

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{1,87kg \cdot \frac{m^2}{s^2}}{\frac{1}{253,92} s}$$

$$P = 474,83kg \cdot \frac{m^2}{s^3}$$

$$P = 474,83W = 0,47483kW$$

Sebagai langkah untuk mengantisipasi terjadinya *overload*, maka nilai daya dikalikan dengan faktor *overload* yaitu = 2. Maka nilai dari daya rata-rata (P_{AV}) yang dibutuhkan oleh poros penggerak adalah.

$$P_{AV} = P \times \text{overload factor}$$

$$P_{AV} = 0,47483kW \times 2$$

$$P_{AV} = 0,94966kW$$

Jadi daya rata-rata (P_{AV}) yang dibutuhkan oleh poros penggerak adalah $0,94966kW = 1,27HP$, maka motor dengan daya $1,5HP$ yang dipilih.

Untuk menentukan diameter poros, pertama-tama tentukan daya yang direncanakan dengan mengalikan daya motor dengan faktor koreksi yang diberikan pada tabel [5]. Mesin penghancur limbah kaca ini pasti membutuhkan daya yang maksimum, sehingga faktor koreksi $0,8$ yang dipilih. Maka daya yang direncanakan pada mesin penghancur limbah kaca adalah.

$$P_d = f_c \cdot P$$

$$P_d = 0,8 \times 1,11855kW$$

$$P_d = 0,89kW = 890W$$

Untuk mencari nilai torsi pada poros penggerak dapat digunakan persamaan berikut.

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_2}$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{0,89kW}{600Rpm}$$

$$T = 1.444,8kg \cdot mm$$

Poros penggerak direncanakan menggunakan bahan baja ST37 yang tergolong kedalam baja konstruksi, maka faktor keamanan (Sf_1) yang diberikan untuk baja konstruksi adalah $6,0$ [5]. Poros penggerak direncanakan akan diberi pasak dan dibuat bertangga, maka faktor kekasaran (Sf_2) yang dipilih adalah $2,0$ [5]. Dengan begitu tegangan geser yang diizinkan dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\tau_a = \frac{\tau_b}{Sf_1 \times Sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{37 \frac{kg}{mm^2}}{6,0 \times 2,0}$$

$$\tau_a = 3,08 \frac{kg}{mm^2}$$

Faktor koreksi torsi (K_t) harus ditentukan karena bilah pisau akan terkena benturan terus menerus saat mesin berjalan. Faktor koreksi torsi yang ditetapkan sebesar $1,0-1,5$. Selain itu

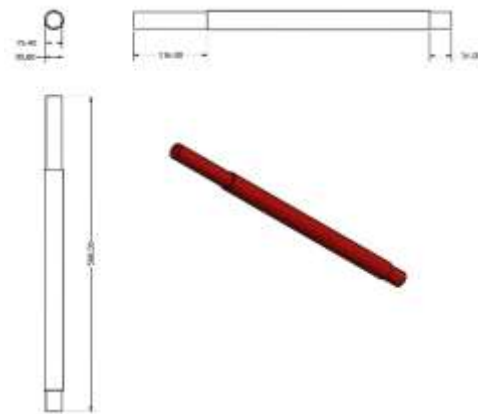
sebagai ukuran prediksi jika di kemudian hari akan ada beban lentur yang diterima oleh poros penggerak, maka toleransi faktor koreksi yang diberikan untuk beban lentur (C_b) sebesar $1,2-2,3$ [5]. Dengan begitu diameter dari poros penggerak dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut.

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

$$d_s = \left[\frac{5,1}{3,08 \frac{kg}{mm^2}} \times 1,5 \times 2,3 \times 1.444,8kg \cdot mm \right]^{1/3}$$

$$d_s = 20,4mm$$

Diameter poros harus dipilih dari tabel [5], maka dipilih diameter $22mm$. Karena pada standar bearing tidak ada ukuran $22mm$, maka untuk menyesuaikannya dengan ukuran bearing, diameter dari poros mengikuti diameter standar ukuran bearing paling dekat yakni $25,4mm(1inchi)$. Desain poros dibuat berundak dengan bagian tengah memiliki diameter yang lebih besar. Hal ini bertujuan untuk menghindari pembengkokan poros akibat pemuaian, karena pemasangan piringan pada poros akan menggunakan pengelasan.



Gambar . 6. Desain poros

Jika dilihat dari dimensi poros pada gambar 6, maka poros penggerak memiliki volume $303.242,59mm^3 (303,24cm^3)$. Poros penggerak direncanakan menggunakan bahan baja ST37. Massa poros dapat dicari menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$m = p \times V$$

$$m = 7,5 \frac{gr}{cm^3} \times 303,24 cm^3$$

$$m = 2.274,3 gr (2,27 kg)$$

5. Perhitungan pasak

Perhitungan pada pasak meliputi lebar dan tinggi alur pasak. Berikut ini adalah perhitungan untuk alur pasak pada pisau penghancur.

$$b = \frac{d_s}{4}$$

$$b = \frac{25,4 mm}{4}$$

$$b = 6,35 mm$$

$$t = \frac{d_s}{8}$$

$$t = \frac{25,4 mm}{8}$$

$$t = 3,18 mm$$

Dimensi dari pasak haruslah dipilih dari tabel [5]. dikarenakan alur pasak memiliki

dimensi lebar = 6,35mm, dan tinggi = 3,18mm maka dipilihlah ukuran pasak 7mm x 7mm.

6. Perhitungan bantalan

Bantalan yang digunakan pada mesin penghancur limbah kaca ini adalah type UCP 205-16. Berikut ini adalah perhitungan untuk umur bantalan.

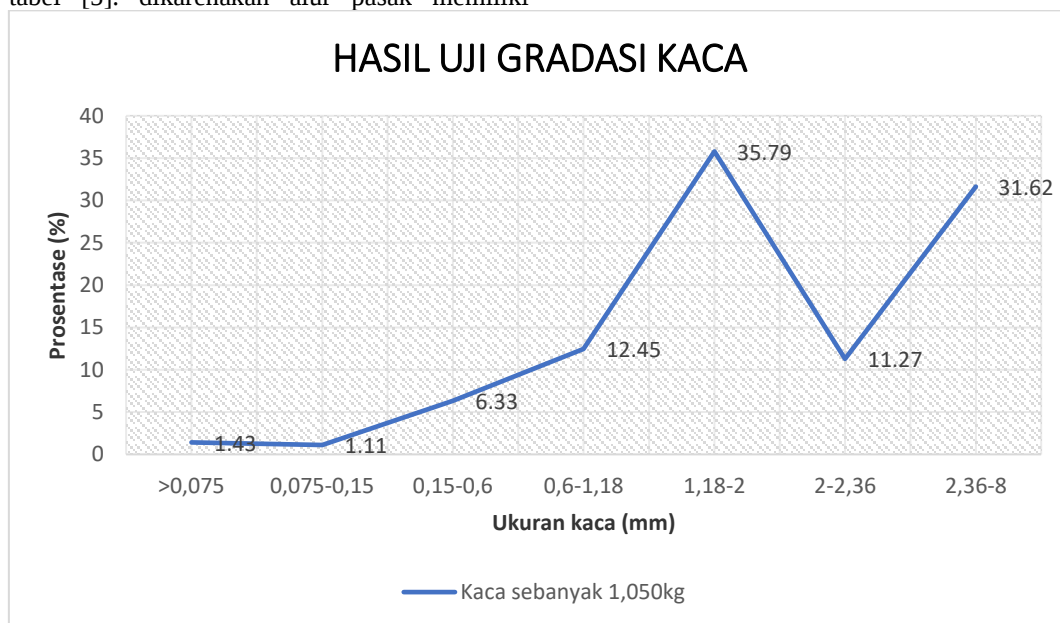
$$L_h = 500 \times f_h^3$$

$$L_h = 500 \times 24.383,95$$

$$L_h = 1,2191975 \times 10^7 \text{ putaran}$$

7. Hasil pemotongan limbah lampu

Dari hasil pemotongan 2kg limbah lampu neon, dan pemotongan dilakukan selama 1 menit. Dihasilkan kaca dengan berat 1,050kg dengan prosentase sebagai berikut.



Gambar . 7. Prosentase ukuran kaca yang telah dihancurkan

KESIMPULAN

1. Dimensi dari pisau penghancur menyesuaikan dimensi dari *hopper* penghancur yang memiliki diameter 400mm, dan lebar 350mm. Sehingga dimensi dari pisau penghancur sendiri adalah : lebar bentangan pisau (jari-jari) 165,59mm, panjang pisau penghancur adalah 310mm. Pisau penghancur terdiri dari : 9 bilah pisau, 3udukan pisau, 4 piringan, 12 penahan pisau, dan 6 mur M12.

2. Dari hasil penghancuran kaca lampu sebanyak 2kg, didapatkan hasil output sebanyak 1,050kg. Dari hasil penghancuran limbah kaca lampu, didapatkan ukuran kaca yang paling dominan adalah 1,18-2mm yaitu sebanyak 0,3787kg (35,79%).

DAFTAR PUSTAKA

[1] Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah," *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*, 2020.

- <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>.
- [2] S. Abdurrahman, "Pemanfaatan Limbah Kaca Sebagai Bahan Baku," *Pemanfaat. Limbah Sebagai Bahan Baku Pengemb. Prod.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2013.
 - [3] J. A. F. Silaban, K. Oppusunggu, Z. Lubis, and F. Sutrisno, "Proses pembuatan mesin penghancur kaca model daun rotari bertingkat kapasitas 30kg/jam," vol. 6, no. 1, pp. 40–50, 2020.
 - [4] F. R. Agam Ibrahim Dzulhaj, "Mesin Penghancur Limbah Kaca dengan Kapasitas 30kg/jam," *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*. pp. 138–143, 2020.
 - [5] K. S. Sularso, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 11th ed. Jakarta: PT. PRADNYA PARAMITA, 2004.