

# Rancang Bangun Mesin Penghancur Limbah Kaca Dengan Sistem Pencacah Satu Poros dan Mata Pisau Model Empat Mata Cakar

Harry Oktavianus Wensen<sup>1</sup>, Moody Noldy Tumembow<sup>2</sup>, Marthen Maxi Pua<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: <sup>1</sup> harrywensen@gmail.com

No. Hp: <sup>1</sup> 082347188118

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan [1] melakukan tahapan perancangan konstruksi mesin penghancur limbah kaca berdasarkan tahapan awal pemodelan, penentuan dimensi, material dan fungsi. [2] Melakukan analisis pembebanan diruang penghancur kaca. [3] Melakukan proses manufaktur serta kaji ekperimental kapasitas mesin untuk mendapatkan butiran kaca. Mesin Penghancur limbah kaca ini di rancang sebagai solusi mengurangi peningkatan jumlah limbah kaca karena hal ini menjadi isu lingkungan yang semakin mendesak untuk diatasi. Selain itu mesin ini hadir untuk memenuhi kebutuhan sebagai penghasil butiran kaca dengan variasi ukuran pada proses daur ulang tetapi juga kebutuhan pada kalangan peneliti dibidang Teknik Sipil pada proses campuran coran beton disisipkan dengan butiran kaca yang berukuran tertentu. Konsep perancangan ini mengacu pada konsep perancangan teknis yaitu dengan beberapa tahapan antara lain, Pemodelan yang menghasilkan bentuk gambar kerja, penentuan material yang akan di gunakan, penentuan ukuran dari setiap komponen, analisis perhitungan pembebanan yang terjadi pada ruang penghancur kaca dan menyusun kelompok assembling membentuk susunan konstruksi mesin serta proses manufaktur dan pada akhirnya melakukan kaji ekperimental dalam rangka mengetahui kapasitas mesin untuk menghasilkan butiran kaca. Data-data yang dipakai dalam penelitian ini adalah berdasarkan data asumsi yang ditetapkan sebagai dasar perancangan model dan dimensi serta susunan komponen untuk menghasilkan sebuah prototipe konstruksi Mesin Penghancur Kaca. Sedangkan pengolahan dan analisis data-data tersebut digunakan kaidah-kaidah teori Perancangan Mesin, beberapa formula Mekanika Teknik dan Kekuatan Material, Elemen Mesin, Teknologi Bahan serta teori Menggambar Teknik. Metode manufaktur dalam hal pembuatan mesin, dilakukan dengan mengikuti Standard Operational Prosedure (SOP) yang berlaku disetiap Laboratorium tempat penelitian ini. Selanjutnya untuk melakukan kaji eksperimental akan menggunakan beberapa alat ukur sesuai kebutuhan serta pola pengujian akan menyesuaikan dengan variasi ukuran limbah kaca. Sasaran akhir dari penelitian ini adalah diharapkan akan menghasilkan sebuah prototipe hingga berupa produk jadi yang nantinya berfungsi untuk dapat melakukan proses penghancuran limbah kaca dengan variasi tebal mulai dari 1 mm hingga maksimum 3 [mm]. Selain itu juga target luaran hasil penelitian akan dipublikasikan di Jurnal Masina Nipake jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado.

Kata Kunci – Perancangan, Limbah Kaca, Proses Manufaktur, Uji Kapasitas.

## ***Construction of A Glass Waste Crushing Machine With One Axle Shutter System and A Four-Blade Model Blade***

### ***Abstract***

*This research aims to [1] carry out the construction design stages of a glass waste crushing machine based on the initial stages of modeling, determining dimensions, materials and functions. [2] Carrying out load analysis in the glass crushing room. [3] Carrying out the manufacturing process and experimentally assessing the capacity of the machine to obtain glass granules. This glass waste crushing machine was designed as a solution to reduce the increasing amount of glass waste because this is an increasingly urgent environmental issue that needs to be addressed. Apart from that, this machine is here to meet the needs of producing glass granules with varying sizes in the recycling process but also the needs of researchers in the field of Civil Engineering in the process of mixing concrete castings inserted with glass granules of a certain size. This design concept refers to the technical design concept, namely with several stages, including, modeling which produces working drawings, determining the material to be used, determining the size of each component, analyzing the load calculation that occurs in the glass crushing room and arranging the assembling group to form an arrangement. machine construction and manufacturing processes and finally carrying out experimental studies in order to determine the machine's capacity to produce glass granules. The data used in this research is based on data assumptions that were determined as a basis for designing the model and dimensions and component arrangement to produce a construction prototype for a Glass Crushing Machine. Meanwhile, the processing and analysis of these data uses the principles of Machine Design theory, several formulas for Engineering Mechanics and Material Strength, Machine Elements, Material Technology and Technical Drawing theory. The manufacturing method in terms of making machines is carried out by following the Standard Operational Procedures (SOP) that apply in each laboratory where this research is conducted. Next, to carry out an experimental study, several measuring instruments will be used as needed and the test pattern will be adapted to variations in the size of the glass waste. The final target of this research is that it is hoped that it will produce a prototype in the form of a finished product which will later function to be able to carry out the process of destroying glass waste with thickness variations ranging from 1 mm to a maximum of 3 [mm]. Apart from that, the research output target will be published in the Masina Nipake Journal, Department of Mechanical Engineering, Manado State Polytechnic.*

*Keywords – Design, Glass Waste, Manufacturing Process, Capacity Test.*

### **PENDAHULUAN**

Mesin Penghancur limbah kaca ini di rancang selain sebagai solusi mengurangi peningkatan jumlah limbah kaca, tetapi juga mesin ini hadir untuk memenuhi kebutuhan sebagai penghasil butiran kaca dalam bentuk serpihan dengan variasi ukuran pada proses daur ulang serta kebutuhan pada kalangan peneliti dibidang Teknik Sipil pada proses campuran coran beton disisipkan dengan butiran kaca yang berukuran tertentu. Konsep perancangan ini mengacu pada konsep perancangan teknis yaitu dengan beberapa tahapan antara lain, Pemodelan yang menghasilkan bentuk gambar kerja, penentuan material yang akan di gunakan, penentuan ukuran dari setiap komponen, analisis perhitungan pembebanan yang

terjadi pada ruang penghancur kaca dan menyusun kelompok *assembling* membentuk susunan konstruksi mesin serta proses manufaktur dan pada akhirnya melakukan kaji ekperimental dalam rangka mengetahui kapasitas mesin untuk menghasilkan butiran kaca.

Penelitian ini mempunyai target mendesain sebuah konstruksi mesin baru berupa Mesin Penghancur Limbah Kaca dengan prinsip kerjanya berupa sistem pencacah satu poros yang dilakukan oleh mata pisau model empat mata cakar. Dalam desain ini akan mengutamakan perhitungan pembebanan pada ruang penghancur kaca dengan memperhatikan pertimbangan teknis termasuk daya dan putaran yang di transmisikan menggunakan skema transmisi gigi (*sprocket*) dan rantai dari sumber tenaga berupa Motor listrik serta diharapkan akan dilanjutkan pembuatan produk jadi berupa model fisik Mesin berdasarkan kaidah-kaidah yang ditetapkan serta akan dilakukan uji kinerja untuk mendapatkan informasi serpihan butiran kaca serta kapasitas mesin dalam Kg/Jam.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat dan Waktu

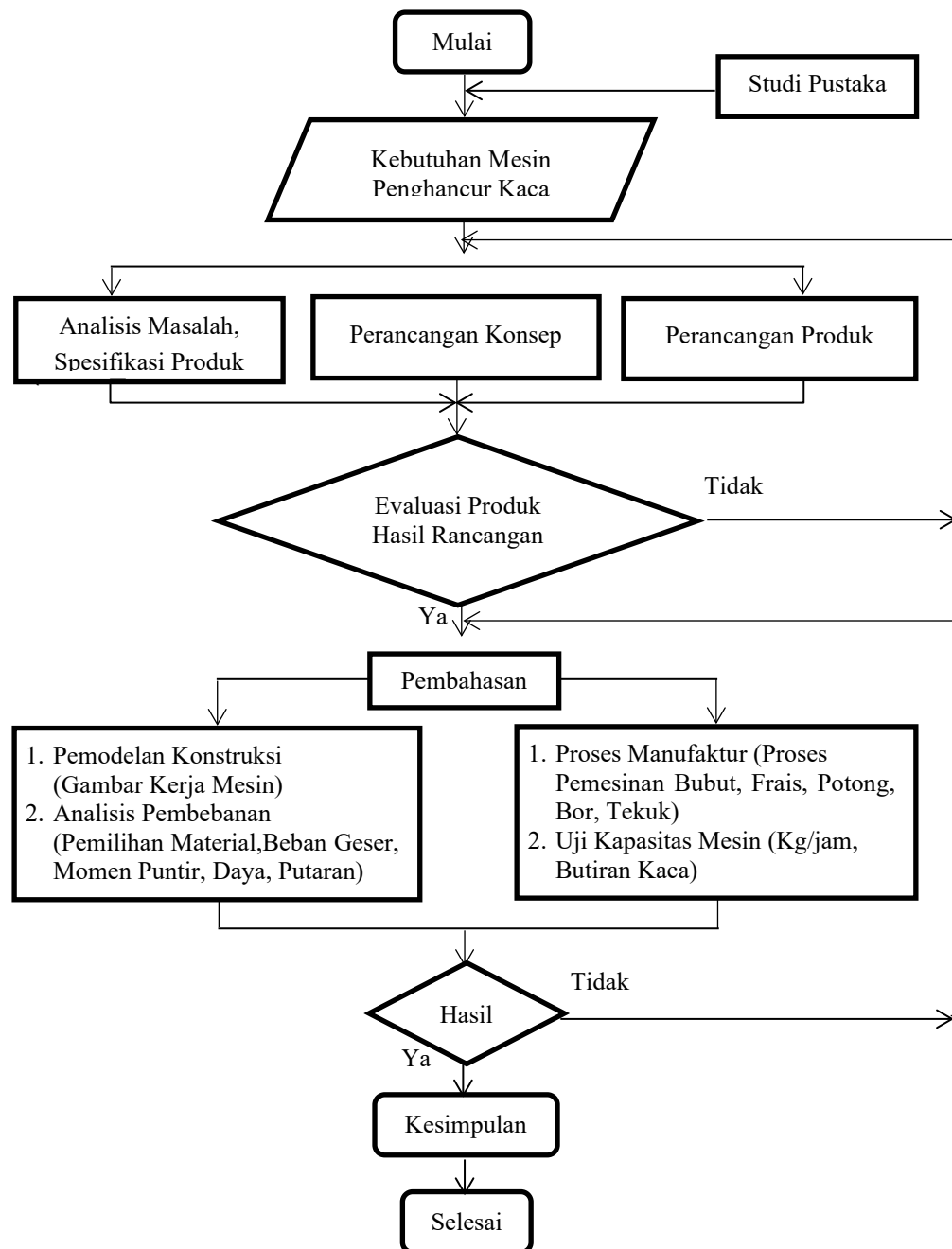
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Produksi, Laboratorium Pemesinan, dan laboratorium Pengelasan jurusan Teknik Mesin pada Politeknik Negeri Manado beralamat Jln. Politeknik Kel. Buha Kec. Mapanget, Kota Manado Prov. Sulawesi Utara.

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan rancang bangun mesin penghancur limbah kaca ini dimulai dari tahap persiapan sampai penyerahan laporan adalah selama 8 bulan.

Tabel 1. Jadwal Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan ke (Tahun 2024)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Latar belakang dan rumusan masalah	■							
2	Studi pustaka dan Pengamatan lapangan	■	■						
3	Pengumpulan Data untuk Kebutuhan		■						
4	Analisis masalah dan spesifikasi produk		■						
5	Pemodelan Mesin Penghancur Kaca		■						
6	Perancangan Produk Prototipe Mesin Penghancur Kaca		■						
7	Evaluasi Produk Hasil Perancangan		■						
8	Persiapan Dokumen hasil Rancangan berupa Gambar Kerja			■					
9	Pembahasan terkait dengan perhitungan daya yang dibutuhkan, material dan dimensi mesin			■	■				
10	Proses Manufaktur untuk pembuatan komponen mesin			■	■	■	■	■	
11	Melakukan Uji Kapasitas Mesin							■	■
12	Penyerahan Laporan								■

### Rancangan Penelitian (berupa Diagram Alir Penelitian)



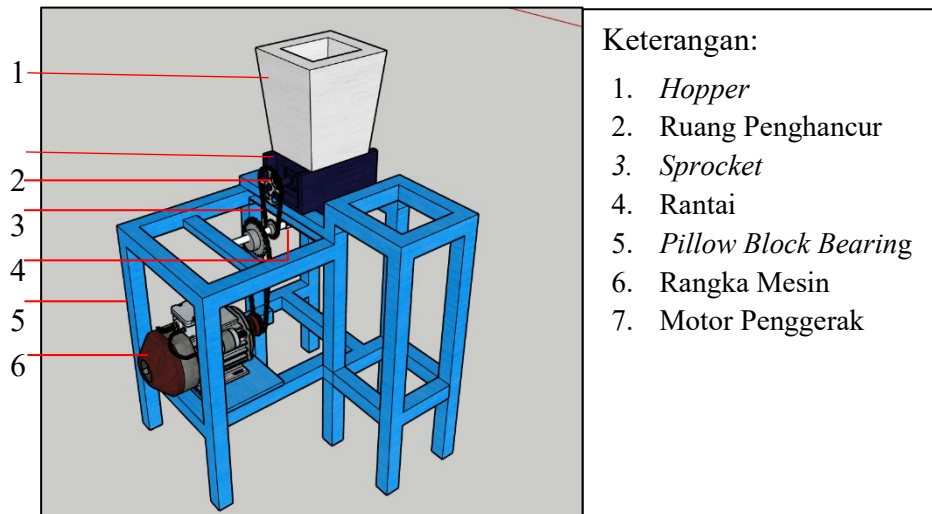
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## Bahan

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa bahan yang utama yaitu sebagai berikut.

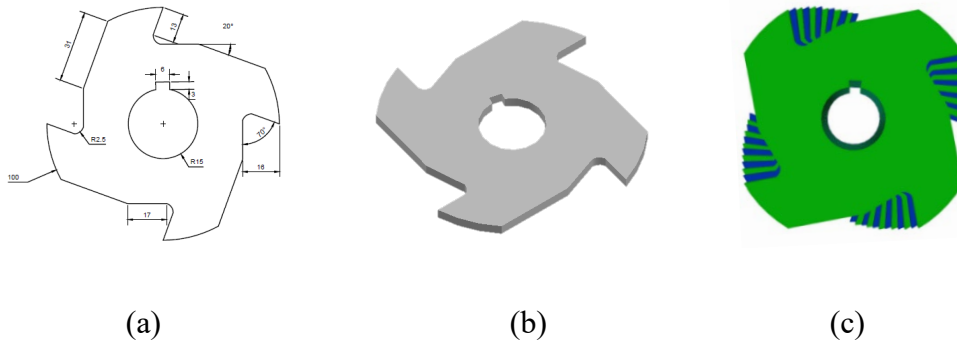
1. Plat baja Carbon ukuran tebal 6 mm untuk pisau penghancur
2. Plat baja ukuran tebal 10 mm untuk kotak ruang penghancur
3. Baja batangan  $\varnothing$  22 mm untuk Poros pada transmisi level-3 yang terhubung dengan Pisau Penghancur sedangkan  $\varnothing$  19 untuk Poros pada transmisi level-2 yang terpasang dengan sepasang Sprocket untuk mereduksi putaran
4. Sprocket Tipe 12 dan 45 (berdiameter 55 mm dan 180,5 mm)
5. Rantai Sprocket tipe RS 40
6. Motor Listrik dengan Daya 3 HP single phasa dan Putaran 1450 rpm
7. Bearing pada poros ruang penghancur dan poros transmisi level-2
8. Baut dan Mur serta Snap Ring
9. Plat baja  $\varnothing$  1 mm untuk corong saluran masuk dan buang material kaca.
10. Baja hollow (uk. 30 x 30 x 2) mm untuk rangka mesin
11. Pillow Block Tipe 2504 (berdiameter 19 mm)
12. Kabel Ravo 2x2,5 mm dan Jeck kabel power 10 A
13. MCB 25 Ampere
14. Cam Stater
15. Elektroda Rb 26

## Konstruksi Mesin yang Dirancang



Gambar 2. Desain Konstruksi Mesin Penghancur Kaca Yang Dirancang

### Model Desain Pisau Penghancur Empat Mata Cakar

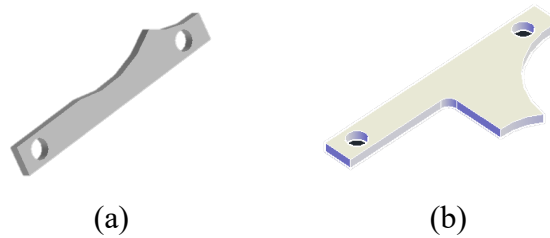


Gambar 3. Pisau Penghancur

Keterangan:

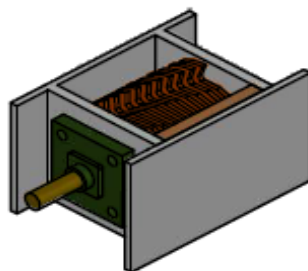
- (a) Geometri Pisau hasil desain pada gambar kerja
- (b) Model Pisau hasil Proses Manufaktur
- (c) Posisi Pisau 3<sup>o</sup> satu dengan yang lain

### Model Mata Pisau Diam



Gambar 4. (a) Mata Pisau Diam A dan (b) Mata Pisau Diam B

### Model Desain Ruang Penghancur



Gambar 5. Ruang Penghancur Kaca

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Spesifikasi Mesin Penghancur Kaca yang Dirancang Bangun



Gambar 6. Mesin Penghancur Kaca Hasil Rancang Bangun

### Prinsip Kerja

Mesin penghancur kaca ini menggunakan sistem *shredded* dengan pisau pemotong model 4 mata cakar (*4 claw blade*). Pisau pemotong ini berperan sebagai penghancur material kaca dengan prinsip kerja sistem *shredded* yaitu dengan cara mencakar, mencabik, memukul dan prinsipnya memotong material kaca yang masuk melalui *Hopper*. Proses penghancuran ini terjadi pada ruang penghancur kaca. Gerakan pisau pemotong tersebut adalah gerak rotasi mengikuti gerakan poros dimana hasil akhir dari proses penghancuran oleh pisau pemotong, material kaca tersebut menjadi butiran kaca dengan berbagai bentuk dan ukuran. Sumber daya 3 HP dan putaran sebesar 1450 rpm kemudian di transmisikan dari motor penggerak melalui rangkaian transmisi yakni sprocket dan rantai dua tingkatan. Kedua tingkatan transmisi sprocket dan rantai ini berfungsi untuk mentransfer Daya dan mereduksi putaran hingga sampai pada ruang penghancur sebesar 126 rpm.

### Data Pengujian

Pengujian alat merupakan tahapan penting dalam membuat suatu alat, karena dengan adanya suatu pengujian kita dapat mengetahui kinerja dari alat yang kita buat, apakah beroperasi sesuai dengan fungsinya dan sesuai dengan apa yang ditargetkan, serta dari hasilnya kita dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan dari alat yang kita buat. Pengujian ini menggunakan material kaca yang didapat dari limbah kaca dengan ukuran tebal 2 mm dan 3 mm. berikut adalah pengujian dari proses penghancuran kaca.

### 1). Pengujian Putaran

Pengujian putaran ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur Tachometer dengan tahapan dimulai dari putaran sumber yang berasal dari motor listrik.

Putaran Transmisi level-1 (pada Motor listrik) : 1450 rpm.

Putaran Transmisi level- 2 : 445,7 rpm

Putaran Transmisi level-3 (pada ruang Penghancur) : 105,5 rpm

### 2). Pengujian Dengan Ketebalan Kaca 2 mm

**Tabel 2. Pengujian Dengan Ketebalan Kaca 2 Mm**

Pengujian	Berat kaca Sebelum (gr)	Waktu penghancuran (detik)	Berat kaca sesudah (gr)
1	200	56,7	197
2	218	65,3	216
3	202	71,9	201
Rata-rata	206,6	64,6	204,6

Berdasarkan hasil dari tabel 5, nilai rata-rata berat sebelum proses penghancuran adalah 206,6 gr dengan waktu rata-rata 64,6 detik kaca dapat hancur dan berat rata-rata kaca sesudah proses penghancuran adalah 204,6 gr.



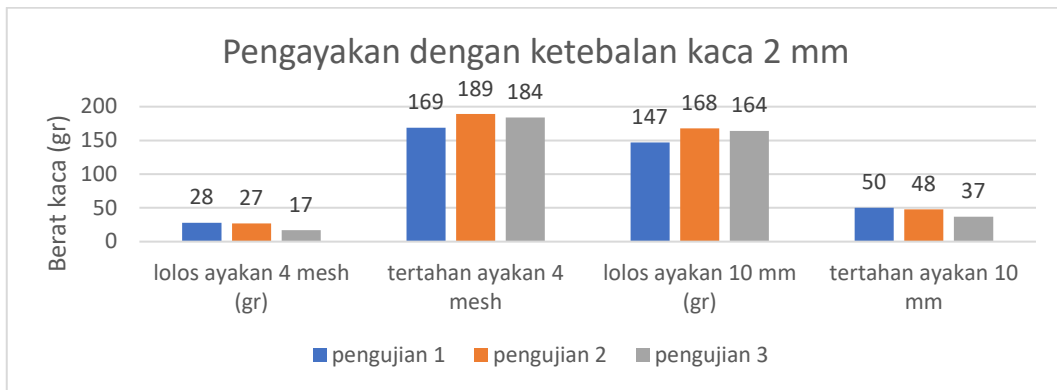
**Gambar 7. Data Putaran Hasil Pengukuran**

### Hasil Pengujian Dengan Ayakan

Berikut adalah hasil pengujian dengan ayakan untuk kaca dengan ketebalan 2 mm dengan menggunakan ayakan 4 mesh (5 mm) dan 3/8 mesh (10 mm):

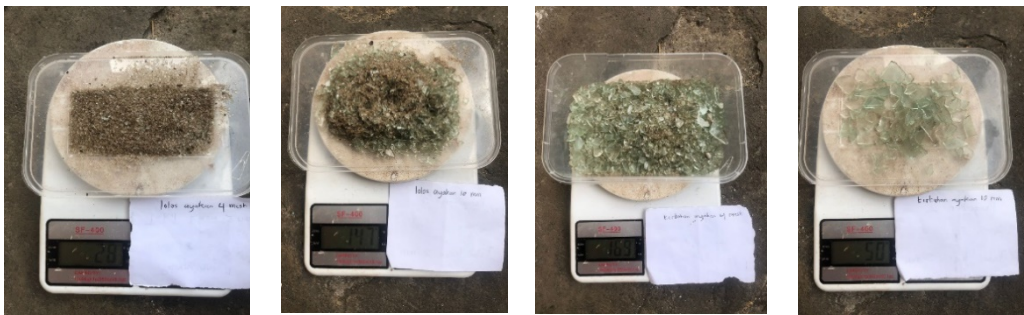
**Tabel 3. Pengayakan Kaca 2 Mm**

No.	Pengayakan dengan ketebalan kaca 2 mm			
	Pengujian	1	2	3
	Berat total	197	216	201
1	Lolos ayakan 4 mesh (gr)	28	27	17
	Presentase lolos ayakan 4 mesh	7%	8%	11%
2	Tertahan ayakan 4 mesh (gr)	169	189	184
	Presentase tertahan ayakan 4 mesh	93%	92%	89%
3	Lolos ayakan 10 mm (gr)	147	168	164
	Presentase lolos ayakan 10 mm	75%	78%	81%
4	Tertahan ayakan 10 mm (gr)	50	48	37
	Presentase tertahan ayakan 10 mm	25%	22%	19%



Gambar 8. Diagram Pengayakan Kaca 2 Mm

- Pengujian 1

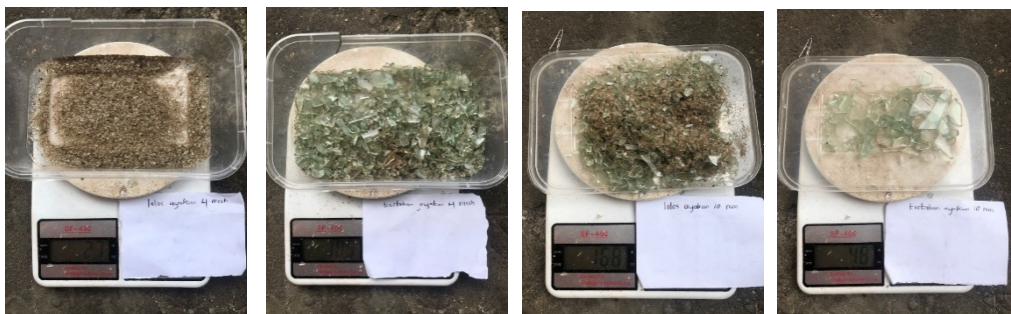


Gambar 9. Hasil pengayakan 1 yang lolos diayakan 4 mesh, tertahan diayakan 4 mesh, lolos diayakan 10 mm dan yang tertahan di ayakan 10 mm

Keterangan:

Hasil pengujian 1 presentase yang lolos diayakan 4 mesh adalah 7%, tertahan diayakan 4 mesh adalah 93%, lolos diayakan 10 mm adalah 75%, dan yang tertahan di ayakan 10 mm adalah 25%.

- Pengujian 2

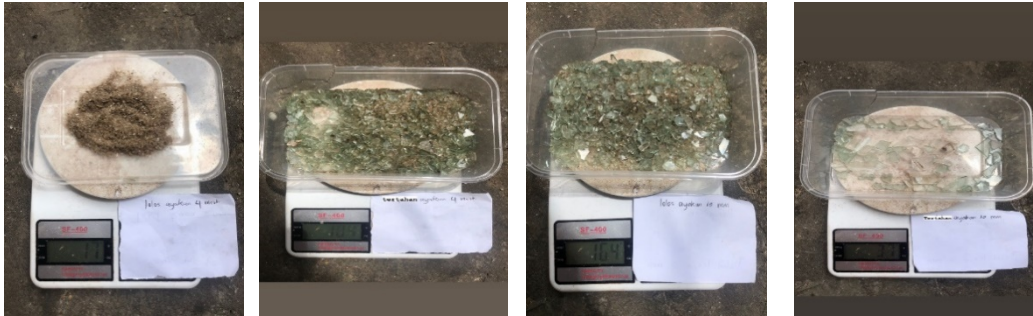


Gambar 10. Hasil pengayakan 2 yang lolos diayakan 4 mesh, tertahan diayakan 4 mesh, lolos diayakan 10 mm dan yang tertahan di ayakan 10 mm

Keterangan:

Hasil pengujian 2 presentase yang lolos diayakan 4 mesh adalah 8%, tertahan diayakan 4 mesh adalah 92%, lolos diayakan 10 mm adalah 78%, dan yang tertahan di ayakan 10 mm adalah 22%.

- Pengujian 3



Gambar 11. Hasil pengayakan 3 yang lolos diayakan 4 mesh, tertahan diayakan 4 mesh, lolos diayakan 10 mm dan yang tertahan di ayakan 10 mm

Keterangan:

Hasil pengujian 3 presentase yang lolos diayakan 4 mesh adalah 11%, tertahan diayakan 4 mesh adalah 89%, lolos diayakan 10 mm adalah 81%, dan yang tertahan di ayakan 10 mm adalah 19%.

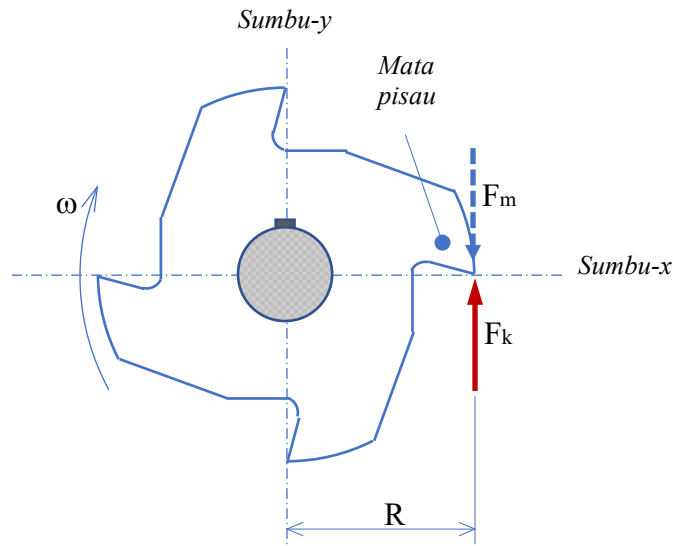
### Analisis Pembebanan pada Ruang Penghancur

Sistem pemotong dilakukan oleh mata pisau empat mata cakar yang bergerak berputar dan berfungsi untuk meremukkan, menekan, mencabit dan memotong material limbah kaca. Kondisi pembebanan secara efektif dan maksimum ketika material kaca ditekan oleh mata pisau cakar secara bersamaan menyentuk pisau diam.

Data Pisau Penghancur :

- Diameter : 120 mm
- Tebal : 6 mm
- Bahan : St. 50
- Total jumlah pisau : 12 pisau
- Luas penampang mata pisau : 20,5 mm<sup>2</sup>
- Gaya Tekan Kaca : 26 Kgf = 260 N
- Putaran Pisau : 105,5 rpm (hasil pengukuran)
- Putaran awal motor listrik : 1450 rpm (data spesifikasi)

Untuk melihat bagaimana konfigurasi pembebanan pada mata pisau saat melakukan pencacah dapat di tunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Pembebanan Pada Pisau Pemotong

- Pada penghancuran, gaya mata pisau  $F_m$  harus minimal sama dengan gaya tekan material kaca,  $F_k$  sebesar 260 N
- Material kaca dipotong, dicabik, ditekan, hingga pecah menjadi serpihan dan butiran. Pada perancangan ini diasumsi bahwa pembebanan paling besar terjadi adalah pada posisi dibagian ujung mata pisau cakar yaitu pada jarak terluar R.

### Gaya Potong Pisau ( $F_{pisau}$ )

Dengan diketahui gaya tekan kaca yang merupakan gaya potong sebesar 260 [N], maka dapat dihitung torsi pada mata pisau dengan menggunakan persamaan :

$$T_{pisau} = F_m \cdot R \dots\dots\dots F_m = F_k$$

$$= 260 \times 0,060 \text{ m} = 15,6 \text{ Nm}$$

Karena diasumsikan ada empat mata cakar yang hampir bersamaan melakukan penghancuran maka torsi yang terjadi adalah  $4 \times 15,6 = 62,4 \text{ Nm}$

Untuk menghitung daya akibat gaya tekan kaca menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = M_p \times \omega \dots\dots M_p = T_{pisau} = 62,4 \text{ Nm}$$

Dimana :  $\omega$  = adalah kecepatan sudut =  $2 \cdot \pi \cdot n / 60$

n adalah putaran pisau pemotong sebesar 105,5 [rpm] maka,

$$\omega = 11,048 \text{ rad/s}$$

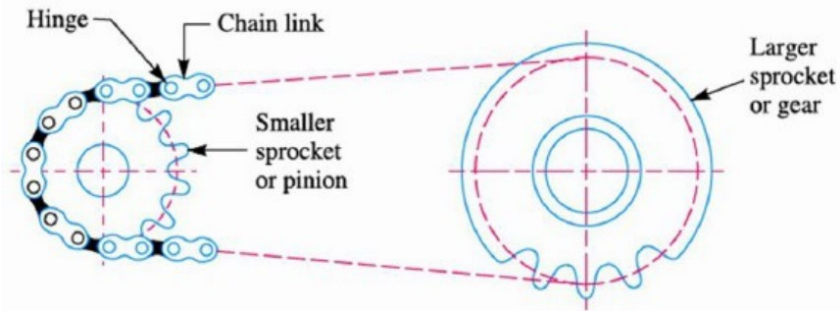
Sehingga daya akibat pembebanan proses penghancuran adalah

$$P = 62,4 \times 11,048 = 686,4 \text{ Watt}$$

Daya rencana ( $P_r$ ) dapat dihitung dengan memperhitungkan factor koreksi ( $f_c=1,2$ ) sehingga menggunakan persamaan sebagai berikut  $P_r = P \times f_c$  maka  $P_r$  diperoleh

sebesar 823,68 Watt. Nilai daya rencana ini sebesar 823,68 Watt diasumsi lagi menjadi dua kali lipat sebagai antisipasi terjadi *overload* saat pisau melakukan pemotongan kaca maka daya rencana ekuivalen sebesar 1647,36 Watt.

**Perhitungan Sproket dan Rantai :**



**Gambar 13. Transmisi Sproket dan Rantai**

**Menentukan kecepatan putaran sproket :**

$$n_{Gb} = n_1 \frac{d_1}{d_2} rpm$$

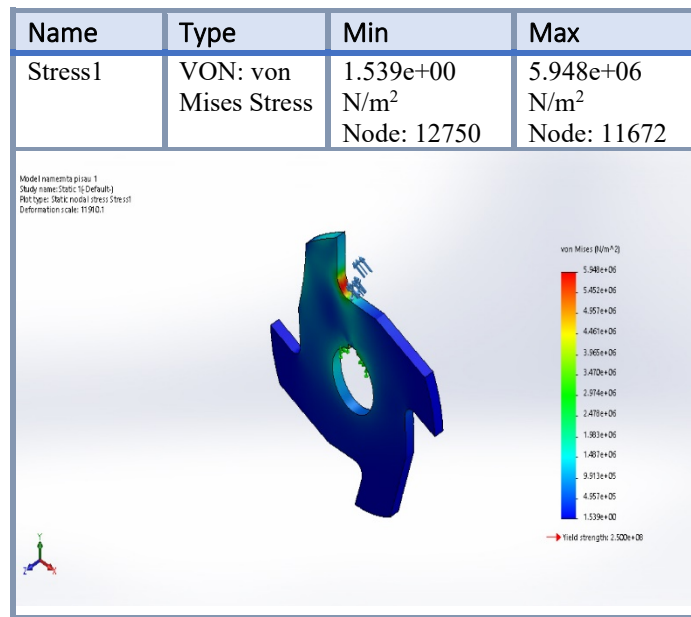
Dimana  $n_{Gb}$  adalah putaran Sproket (*rpm*),  $n_1$  adalah putaran motor listrik (*rpm*),  $d_1$  adalah diameter Sproket kecil (55 mm) dan  $d_2$  adalah diameter Sproket besar (180,5mm) maka putaran  $n_{Gb}$  diperoleh sebesar 441,828 rpm. Sehingga Putaran sproket dan rantai pada level-2 adalah 441,828 *rpm*.

**Analisis Pada Mata Pisau**

Analisis dilakukan pada mata pisau penghancur melalui beban tekan tertentu, dengan menggunakan *software solidworks*. Ada 3 jenis analisis yang digunakan yaitu *Von Mises Stress*, *displacement* dan *strain*.

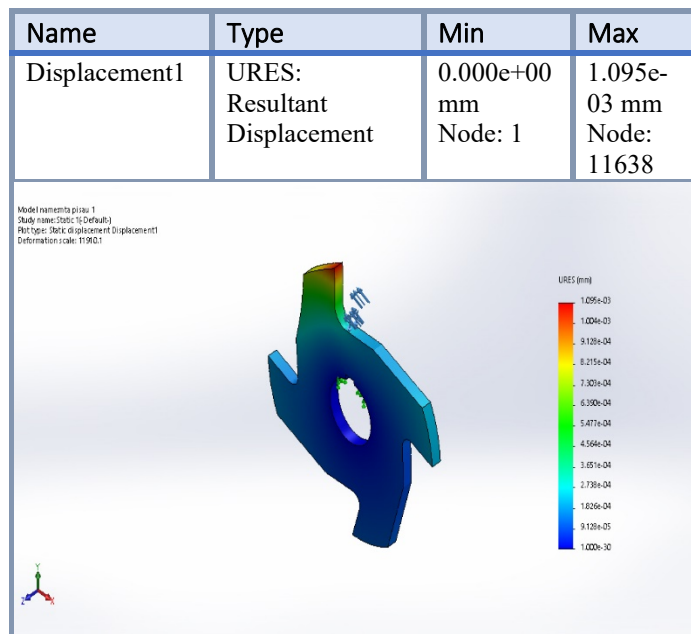
**Tabel 4. Gaya Statis Pada Mata Pisau**

Gaya Statis Pada Mata Pisau	
Bagian yang dianalisa	Mata pisau
Matrial	Baja karbon ST 50
Kekuatan tekan yang diterapkan pada mata pisau	73,10 Kgf/m <sup>2</sup>



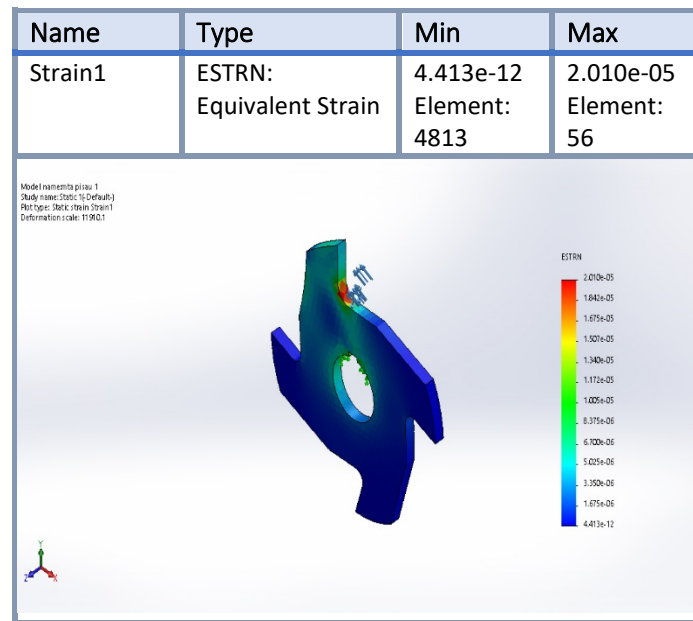
Gambar 14. Hasil Simulasi *Von Mises Stress*

Hasil yang didapat dari simulasi *Von Mises Stress* pada mata pisau didapatkan hasil *stress* yang terjadi pada simulasi pertama dengan menggunakan *software solid works* adalah *stress* Minimum 1.539e+00 N/m<sup>2</sup> dan *stress* maksimum 5.948e+06 N/m<sup>2</sup>.



Gambar 15. Hasil Simulasi *Resultant Displacement*

Hasil yang didapat dari simulasi *Resultant Displacement* pada mata pisau didapatkan hasil *Displacement* yang terjadi pada simulasi dengan menggunakan *software solid works* adalah *Displacement* Minimum 0.000e+00 mm dan *Displacement* maksimum 1.095e-03 mm.



Gambar 16. Hasil Simulasi Equivalent Strain

Hasil yang didapat dari simulasi *Equivalent Strain* pada mata pisau didapatkan hasil Strain yang terjadi pada simulasi dengan menggunakan *software solid works* adalah *Strain* Minimum  $4.413e-12$  dan *Strain* maksimum  $2.010e-05$ .

## KESIMPULAN

1. Mesin ini dirancang untuk melakukan memotong material berupa limbah kaca dengan tebal kaca 2 mm.
2. Proses rancang bangun mesin ini dilakukan dengan tahapan awal menggunakan *software Autocad* untuk desain pemodelan 2 dimensi maupun 3 dimensi. Selanjutnya dilakukan proses manufaktur menggunakan mesin-mesin konvensional sehingga menghasilkan produk jadi berupa mesin penghancur limbah kaca. Pada akhirnya dilakukan tes jalan hingga pengujian penghancuran material kaca hingga menghasilkan serpihan butiran kaca.
3. Hasil pengujian diperoleh putaran poros dan mata pisau cakar pada ruang penghancuran adalah 105,5 rpm daya yang dibutuhkan pisau cakar untuk memotong kaca adalah 1647,36 Watt. Sedangkan daya motor yang digunakan sebesar 3 HP atau 2208 Watt.

## SARAN

Untuk pengembangan mesin ini kedepan, sebaiknya dilengkapi dengan pengaman pada *hopper* untuk mengantisipasi material kaca keluar.

## REFERENSI

- [1] Amsted, BH., Ostwad, P.F., dan Begeman, M.L, 2016, *Teknologi Mekanik*, Jilid 1, Edisi Ketujuh, terj. Djaprie s., Erlangga, Jakarta.
- [2] Eduard Scharkus & Hermann Jutz, 1985, *Westermann Tables for the Metal Trade*, Series No3, Wiley Eastern Limited, New Delhi.
- [3] Khurmi R. S, Gupta J. K., *Strength of Materials*, 1984, MKS and SI Units, S. Chand & Company Ltd, Ramnagar, New Delhi.
- [4] Mikell P. Groover, 2021, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, edisi 7, Penerbit John Willey & Sons.
- [5] Paisal dkk. (2018). “Analisa Perbedaan Ratio Sproket Pada Sistem Transmisi Rantai”.
- [6] Popov & Zainul Astamar, 1987, *Mekanika Teknik*, Edisi Ketujuh, Erlangga, Jakarta
- [7] Shinroku Saito, terjemahan Tata Surdia.,1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, cetakan pertama., PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [8] Silaban dkk. (2020). “Proses Pembuatan Mesin Penghancur Kaca Model Daun Rotari Bertingkat kapasitas 30kg/jam, 40-50.
- [9] Yatna Yuwana, 1998, Diktat Kuliah: *Pemodelan Berorientasi Obyek.*, Teknik Produksi Jurusan Teknik Mesin – ITB, Bandung.
- [10] Wensen, H. (2021) Perancangan Dan Uji Konstruksi Mesin Pencacah Limbah Plastik Sistem *Shredded* dan Pisau Pemetong Model Claw Blade, 57-68 Jurnal Masina Nipake, e-ISSN: 2797-250X, Vol.2 No 1, Mei 2021.