

---

## Analisis Perancangan Mesin Pencacah Limbah Plastik Menggunakan Pisau *Crusher* dan *Shredder*

Ustman Khomsaha Shofwan<sup>1</sup>, Joko Waluyo\*<sup>2</sup>, Taufiq Hidayat<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

Email: [joko\\_w@akprind.ac.id](mailto:joko_w@akprind.ac.id)

---

### ABSTRACT

Waste in the form of garbage in the Piyungan area, Bantul Regency, consists of organic and non-organic waste, currently the condition is increasingly worrying because the landfills are very limited, so waste management must be managed optimally. To reduce the accumulation of excessive waste, a waste-cutting machine is needed. An efficient waste-cutting machine requires the right knife by choosing a knife between the crusher and shredder types. The selection of one of the blades used in the waste-cutting machine requires a design analysis using FEA (Finite Element Analysis) calculations and simulation assistance. Based on the results of the analysis of the calculation of the crusher-type knife using 4 blades, the required power is 2 HP, costs 8.8 million rupiahs and, the results of the FEA allowable stress test are  $3.19E+04$ , and  $2.5E+08$  are safe. While the Shredder type blade uses 13 blades, the required power is 2 HP, which costs 9.8 million rupiah and the FEA allowable stress test results are  $1.53E+04$  and  $2.5E+08$  safe. The results of the analysis obtained are that the selected crusher-type knife can be recommended for use in the design of a waste chopping machine because the manufacturing cost is 8.8 million and the Allowable stress is  $3.19E+04$ ,

**Keywords:** crusher, Finite Element Analysis, plastic waste, shredder.

### ABSTRAK

Limbah berupa sampah dikawasan Piyungan Kabupaten bantul terdiri dari sampah organik dan non organik saat ini kondisinya semakin mengkhawatirkan karena tempat pembuangan sampah sangat terbatas, maka pengelolaan sampah harus dapat dikelola dengan optimum. Untuk mengurangi penumpukan sampah yang berlebih diperlukan mesin pemotong limbah sampah. Mesin pemotong limbah sampah yang efisien diperlukan pisau yang tepat dengan memilih pisau antara tipe *crusher* dan *shredder*. Pemilihan salah satu pisau yang digunakan dalam mesin pemotong limbah tersebut diperlukan analisis perancangan menggunakan perhitungan dan bantuan simulasi FEA (*Finite Element Analysis*). Berdasarkan hasil analisis perhitungan pisau tipe *crusher* menggunakan mata pisau 4 buah, daya yang dibutuhkan sebesar 2 HP, biaya 8,8 jt rupiah dan, hasil pengujian FEA *allowable stress* sebesar  $3,19E+04$ , dan  $2,5E+08$  aman. Sedangkan mata pisau tipe *Shredder* menggunakan mata pisau sebanyak 13 buah, daya yang dibutuhkan sebesar 2 HP, biaya 9,8 jt rupiah dan hasil pengujian FEA *allowable stress* sebesar  $1,53E+04$  dan  $2,5E+08$  aman. Hasil analisis yang diperoleh adalah pisau tipe *crusher* yang dipilih dapat direkomendasikan untuk digunakan dalam perancangan mesin pencacah limbah karena biayanya pembuatannya sebesar 8,8 juta dan Allowable stress besarnya  $3,19E+04$ ,

**Kata kunci:** crusher, Finite Element Analysis, sampah plastik, shredder,

---

### PENDAHULUAN

Penggunaan plastik semakin hari terus meningkat volumenya setiap tahun. Seiring perkembangan ekonomi di negeri ini, penggunaan plastik akan terus meningkat. Hal ini disebabkan karena keunggulan dari karakteristik plastik yang ringan, kuat, tahan karat, sifat penyekatan yang baik dibanding dengan karakteristik material lainnya. Hal ini berakibat adanya sampah dari plastik merupakan masalah yang amat serius bagi lingkungan, dikarenakan plastik merupakan bahan yang sulit terurai oleh bakteri, memerlukan waktu puluhan atau bahkan ratusan tahun untuk terurainya sampah plastik secara alami. Untuk itu diperlukan upaya pengolahan lebih lanjut sampah plastik. Sampah plastik yang berada dalam tanah tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme menyebabkan mineral-mineral dalam tanah baik organik maupun anorganik semakin berkurang. Warga yang terletak di daerah Piyungan di tiga desa Karanggayam, Karangploso dan Kuden sendiri menyumbang limbah organik dan non organik sebesar kurang lebih 5 ton per hari sedangkan per tahun kurang lebih 1,750 ton, sampah ini bila tidak dikelola dengan baik bisa merusak lingkungan

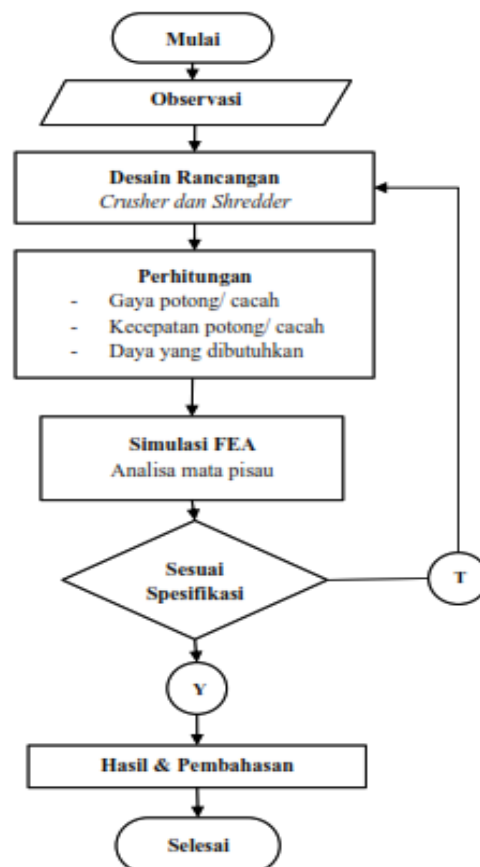
sekitarnya (Sulistiyani & Wulandari, 2017), disamping itu pada limbah tersebut ada beberapa material yang bisa bernilai atau dapat di daur ulang kembali, salah satu cara yang dilakukan adalah dengan memilih dan mengumpulkan limbah-limbah yang bisa di daur ulang seperti limbah kardus, plastik limbah ini mempunyai nilai jual yang yang jual tinggi (Hasibuan, 2016).

Salah satu cara untuk mengurangi penumpukan sampah di kawasan Piyungan dilakukan dengan cara membuat rancangan alat pencacah sampah plastik, agar limbah plastik bisa bernilai jual yang lebih tinggi dari sebelumnya. Pada perancangan mesin pencacah plastik ini pemilihan material adalah hal yang harus diperhatikan, karena pada dasarnya jika tidak tepat mengaplikasikan atau tidak memperhatikan material yang sebaiknya digunakan maka dapat mempengaruhi kinerja mesin, kendala pada saat pengoprasian mesin dan kualitas maupun kuantitas mesin (Sopyan & Suryadi, 2022). Adanya alat pencacah ini berharap nantinya masyarakat akan tertarik ikut mengumpulkan dan mengolah limbah tersebut sehingga diharapkan penumpukan sampah plastik ini bisa berkurang.

Tujuan dari analisa ini adalah memilih pisau yang akan digunakan dalam perancangan mesin pencacah sampah plastik dengan pisau *crusher* dan *shredder*. Untuk memilih salah satu jenis pisau tersebut menggunakan perhitungan secara manual dan dengan bantuan program *Finite Element Analysis* (Kurowski, P. M. (2022), kemudian dianalisis pisau yang mempunyai unjuk kerja yang optimum yang dipilih.

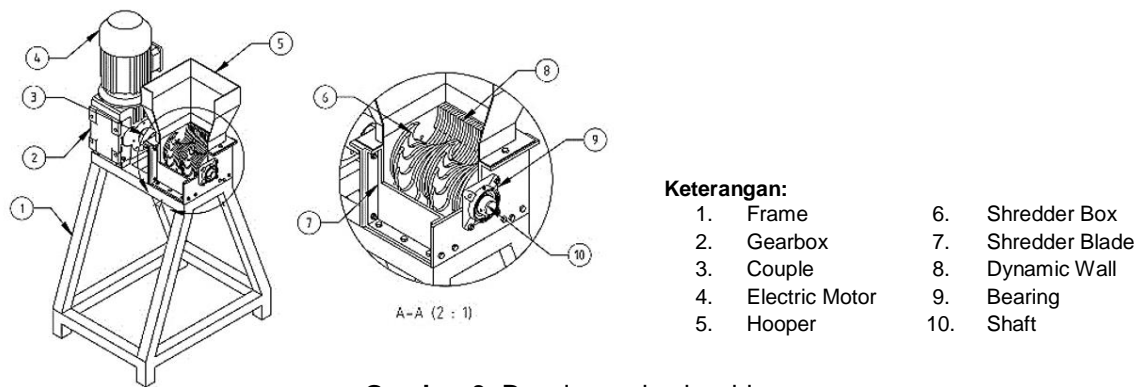
## METODE

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan metode simulasi FEA (*Finite Element Analysis*), alur proses penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.

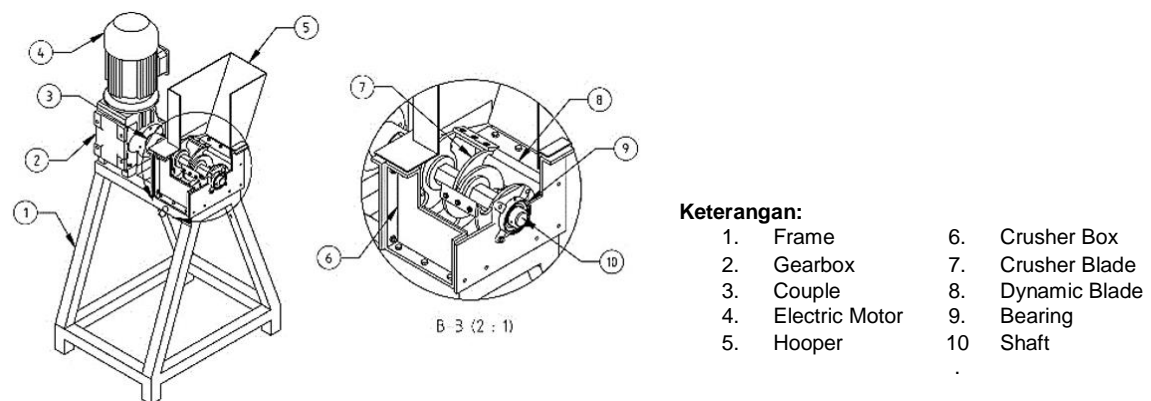


**Gambar 2.** Diagram alir perancangan

Metode analisis perancangan mesin pencacah limbah plastik dengan pisau *crusher* dan *shredder* ini secara garis besar dibagi menjadi 4 (empat) tahapan, yaitu: observasi, desain rancangan (*conceptual design, embodiment design, detail design*), perhitungan teoritis, dan simulasi FEA (*Finite Element Analysis*), simulasi ini bertujuan menganalisis hasil desain untuk melihat gejala yang terjadi ketika diberi beban dan *safety factor*. Adapun gambar perancangan ke dua mesin pencacah tersebut seperti terlihat pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Desain mesin shredder



Gambar 4. Desain Mesin Crusher

### 1. Mesin Pencacah

Mesin pencacah plastik adalah sebuah mesin yang di gunakan untuk mencacah sampah-sampah plastik menjadi ukuran yang lebih kecil, plastik yang dipotong berupa botol minuman, botol sabun atau sampo, botol minyak dan sejenisnya. jumlah mata pisau mempengaruhi kapasitas pencacahan dari suatu mesin. Pada mesin pencacah botol plastik tipe PET (*Polyethylene Terephthalate*) yang menggunakan variasi mata pisau bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu: plat besi st 37 (Gunawan et al., 2022),

### 2. Pisau pencacah plastik

Pisau yang terpasang pada mesin pencacah limbah plastik berfungsi untuk mencacah limbah plastik menjadi bentuk serpihan-serpihan yang kecil-kecil (Brunner et al., 2021), alat penghancur botol palstik memiliki susunan pisau yang mamapu menghasilkan kapasitas 33 kg/jam adapun pisau yang dianalisa dan yang akan dipilih dalam perancangan mesion pencacah sampah plastik ini ada 2 pisau yaitu pisau crusher dan pisau shredder.

### 3. Mata pisau crusher

Pisau *crusher* ini terdiri dari pisau gerak yang dipasangkan pada poros yang bergerak (Priono et al., 2019) dan pisau tetap yang dipasangkan pada badan atau pada rangka mesin kelebihan dari pisau ini adalah kerja pemotongnya lebih cepat, adapun gambar pisau crusher seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Mata pisau crusher

Adapun besaran gaya potong yang diperlukan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain seperti berikut: tebal material yang akan dipotong, panjang garis yang akan dipotong, kekuatan geser, bahan yang akan mengalami potongan dan bentuk alat potong yang digunakan. Faktor yang digunakan untuk menentukan besaran gaya pemotongan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_c = 0,5 \times \left( \frac{S^2}{\tan \varphi} \right) \cdot \tau_B$$

Keterangan:

- $F_c$  = gaya pemotongan untuk pisau dengan kemiringan (N)
- $S$  = tebal bahan (mm)
- $\tau_B$  = kuat geser bahan (N/mm<sup>2</sup>)
- $\varphi$  = sudut kemiringan (°)

Adapun kapasitas pemotongan agar menghasilkan pemotongan yang diharapkan dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$Q = l \cdot w \cdot s \cdot bj \cdot n \cdot 60 \cdot z \left( \frac{kg}{jam} \right)$$

Dan untuk putaran poros pisau diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$n = \frac{Q}{l \cdot w \cdot s \cdot Bj \cdot 60 \cdot z}$$

Keterangan:

- $Q$  = Kapasitas Potong (Kg/jam)
- $l$  = Panjang mat. dipotong (mm)
- $w$  = Lebar mat. dipotong (mm)
- $S$  = Tebal mat. dipotong (mm)
- $Bj$  = Berat jenis material (Kg/dm<sup>3</sup>)
- $Z$  = Jumlah mata pisau

Sedangkan untuk menentukan besaran daya potong yang diperlukan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$P_{cn} = \frac{f_{cn} \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot n_{cn} \cdot f_k \cdot \eta}{6 \cdot 10^4} N \cdot \frac{m}{s}$$

Keterangan:

- $P_{cn}$  = Daya potong pisau (Nm/s)
- $F_{cn}$  = Gaya potong pisau (N)
- $D_{cn}$  = Diameter pisau (mm)
- $n_{cn}$  = Kecepatan putar pisau (rpm)
- $F_k$  = Faktor keamanan
- $\eta$  = Efisiensi (%)

#### 4. Mata pisau *shredder*

Mata pisau sangat cocok untuk memotong limbah plastik yang tebal tetapi mesin memiliki kinerja yang lambat (Akhmadi & Fajar, 2019) bila dibandingkan dengan mata pisau crusher seperti terlihat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Mata pisau *shredder*

Adapun gaya pemotongan vertikal pisau menggunakan persamaan berikut:

$$F = A \cdot f_s (N)$$

Keterangan:

- $F$  = Gaya pada pisau (N)
- $A$  = Luas penampang bahan (mm)
- $f_s$  = Tegangan geser bahan (N/cm<sup>2</sup>)

Adapun kapasitas pemotongan menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \rho \cdot V \left( \frac{kg}{jam} \right)$$

Keterangan:

- $Q$  = kapasitas pemotongan (Kg/jam)  
 $\rho$  = massa jenis plastik (g/cm<sup>3</sup>)  
 $V$  = kec. hasil pemotongan (m/min)

Adapun torsi pisau menggunakan persamaan berikut:

$$T = F \cdot r \text{ (N.m)}$$

Keterangan:

- $T$  = Torsi pada pisau (N.m)  
 $F$  = Gaya yang bekerja pada pisau (N)  
 $r$  = ½ Diameter pisau (mm)

Adapun kecepatan putaran potong menggunakan persamaan berikut:

$$V1 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \left( \frac{m}{s} \right)$$

Keterangan:

- $V1$  = Kec. putaran potong (m/s)  
 $d$  = Diameter poros (mm)  
 $n$  = Putaran Poros (rpm)

Adapun untuk menentukan daya yang dibutuhkan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$p = \frac{T \cdot 2\pi \cdot n}{60} \text{ (W)}$$

Keterangan:

- $T$  = Torsi (Nm)  
 $n$  = Putaran poros (rpm)

## 5. Finit Element Analysis (FEA)

FEA adalah sebuah metode analisa yang berasal dari fenomena kompleks mekanika suatu benda yang di visualisasikan melalui perangkat lunak yang berbasis *Computer* Untuk menghitung kekuatan dan perilaku struktur komponen teknik dengan membagi obyek menjadi mesh metode yang digunakan adalah elemen hingga (Lisiak-Myszke et al., 2020).

Simulasi ini bertujuan menganalisa hasil desain untuk melihat gejala yang terjadi ketika diberi beban dan safety factor. Dengan metode FEA peneliti dapat mengetahui nilai deformasi dari sebuah benda ketika di beri beban perilaku struktur kompenen nya. Finite Element Analysis merupakan proses pendekatan numerik dengan membagi geometri menjadi beberapa elemen-elemen untuk menghitung beberapa nilai perpindahan pada tiap-tiap node (titik simpul) sehingga akan diperoleh solusi yang di kehendaki.

## 6. Umur Ekonomis

Perhitungan umur ekonomis suatu asset berguna untuk memperkirakan kapan asset sebaiknya diganti, dengan ketentuan dimana total ongkos-ongkos tahunan yang terjadi adalah minimum (Akhmadi & Fajar, 2019). Umur ekonomis adalah menunjukan kemampuan dari suatu alat untuk dapat beroperasi dengan baik dalam proses produksi. [5]. Adapun untuk menghitung umur ekonomis mesin bisa di dapatkan dari hasil penjumlahan keseluruhan maka dapat diperoleh total biaya tahunan rata-rata yang paling terkecil. Untuk menghitung total biaya tahunan rata-rata sebagai berikut:

Menghitung harga akhir mesin menggunakan persamaan berikut:

$$Fn = P(1 - K)^t$$

Keterangan:

- $Fn$  = Harga akhir mesin pada tahun ke -n  
 $P$  = Harga awal mesin  
 $K$  = Konstanta =  $2/n = 2/7 = 0.3$   
 $t$  = Tahun ke -t  
 $n$  = Umur pakai mesin 5 tahun

Menghitung *Capital Recovery* menggunakan persamaan berikut:

$$CR = (P - F) \left( \frac{A}{P, i\%, n} \right) + Si$$

Keterangan

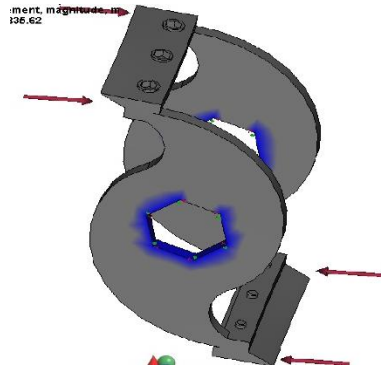
- $CR$  = *Capital Recovery*  
 $P$  = Harga awal mesin  
 $F$  = Harga akhir mesin pada tahun ke -n

$$\begin{aligned}
 i &= \text{Suku bunga} \\
 n &= \text{Umur pakai mesin} \\
 \left( \frac{A}{P, i\%, n} \right) &= \text{Capital Recovery Factor (CFR)}
 \end{aligned}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Mata pisau *crusher*

Dalam pemilihan mata pisau *crusher* maka perlu dianalisa berdasarkan data-data diantaranya gaya pemotongan, kecepatan potong, daya yang dibutuhkan dengan perhitungan secara manual maupun dengan menggunakan Finite *Element Analysis* (lihat gambar 7)



**Gambar 7.** Gaya potong pisau *crusher*

Gaya potong:

$$F_c = 0,5 \times \left( \frac{5^2}{\tan 5} \right) \times 0,10368 \times 1,3 = 19,276 \text{ kg} \approx 188,851 \text{ N}$$

Kecepatan potong:

$$n = \frac{300}{1,8 \cdot 0,01 \cdot 0,5 \cdot 1,38 \cdot 60 \cdot 4} = 1006 \text{ rpm}$$

$$V = \frac{\pi \cdot 0,03 \cdot 1006}{1000} = 0,09 \left( \frac{m}{min} \right)$$

Daya yang dibutuhkan:

$$T = 188,851 \cdot 0,06 = 6,53 \text{ (N.m)}$$

$$p = \frac{6,53 \cdot 2 \times 3,14 \cdot 1006}{60} = 1243,36 \text{ W} = 1,6 \text{ HP}$$

Untuk menentukan motor listrik maka dicari daya motor yang dayanya diatas daya mesin, jadi motor yang digunakan 2 HP. Adapun barang-barang dan harga yang akan di gunakan dapat di lihat seperti dalam tabel 1.

**Tabel 1** Daftar barang dan harga untuk mata pisau *crusher*

Nama barang	Satuan	Harga
Motor listrik + Geart box + reverse ctrl (2HP)	Pcs	Rp. 3.865.000
Kopling	Pcs	Rp. 450.000
Hooper	Pcs	Rp. 335.000
Crusher Box	Pcs	Rp. 3.250.000
Rangka	Pcs	Rp. 900.000
Jumlah biaya perancangan		Rp. 8.800.000

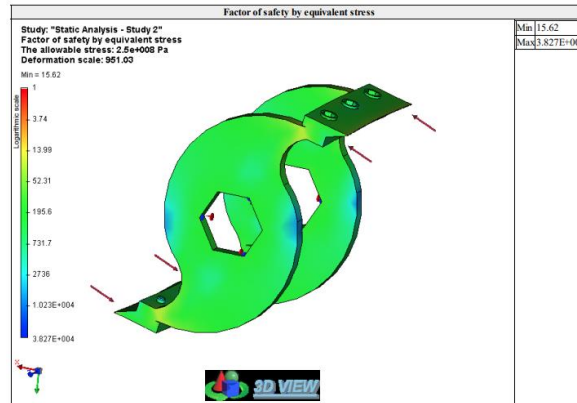
Adapun perhitungan umur ekonomis mesin *crusher* dapat di lihat seperti pada tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2** hasil perhitungan  $F_n$  dan  $C_r$  mata pisau *crusher*

Tahun	P (Rp)	$F_n$	CR (Rp)
2020	8,800,000	6,160,000	3,256,000
2021	8,800,000	4,312,000	2,784,152
2022	8,800,000	3,018,400	2,414,655

2023	8,800,000	2,112,880	2,121,939
2024	8,800,000	1,479,016	1,889,119
2025	8,800,000	1,035,311	1,701,503
2026	8,800,000	724,717	1,549,502

Pengujian dihasilkan dari beberapa hasil uji seperti *factor of safe by equivalent stress* seperti pada gambar 8. untuk mata pisau *crusher*, dengan melakukan pengujian FEA kita mengetahui keamanan desain yang dirancang.



**Gambar 8.** *Factor of safety by equivalent stress crusher*

Desain yang telah dibuat dapat dikatakan aman, jika nilai dari tegangan material lebih kecil dari tegangan yang diijinkan. Untuk menghitung kekuatan dari mata pisau *crusher* dan *shredder* serta untuk mengetahui jika desain yang telah dibuat aman, dengan persamaan berikut:

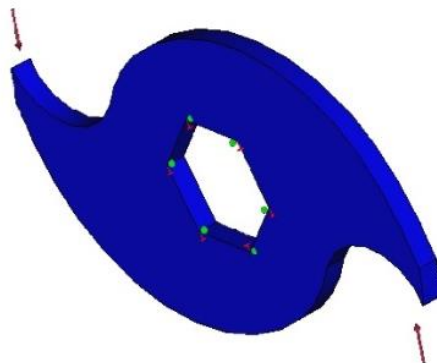
$$\text{Allowable stress} = \frac{\text{max stress}}{\text{Factor of Safety}}$$

Untuk jenis bahan mata pisau *crusher* adalah ASMT A36 dengan nilai *allowable stress* sebesar  $2,5e+008$  pa sedangkan untuk *max stress* sebesar  $3,827e+004$  pa untuk *factor of safety* dengan nilai 1,2, perhitungannya:

$$\frac{3,827E + 04}{1.2} = 3,19E + 04 < 2,5E + 08 \text{ aman}$$

## 2. Mata pisau shredder

Adapun hasil perhitungan untuk pisau *shredder* dilakukan secara manual maupun dengan menggunakan analisa *Finite Element Analysis* hasilnya seperti pada gambar 9.



**Gambar 9** Gaya potong pisau *shredder*

Gaya potong:

$$F = 1055 \cdot 0,10368 = 108,864 \text{ N}$$

Kecepatan potong:

$$V = \frac{5}{1380} = 0,0036 \frac{m^3}{menit} = 0,15 \frac{m}{menit}$$

Daya yang dibutuhkan:

$$n = \frac{1000 * 0.15}{\pi * 0.03} = 1630 \text{ (rpm)}$$

$$T = 108,864 \cdot 0,06 = 6,53 \text{ (N.m)}$$

$$p = \frac{6,53 \cdot 2 \times 3,14 \cdot 1630}{60} = 1114,13 \text{ W} = 1,4 \text{ HP}$$

Untuk menentukan daya motor listrik maka dicari daya motor yang dayanya diatas daya mesin, jadi motor yang di ambil 2 HP. Sedangkan, barang-barang dan harga untuk desain mata pisau *shredder* dapat dilihat seperti pada tabel 3.

**Tabel 3** Daftar barang dan harga untuk mata pisau *shredder*

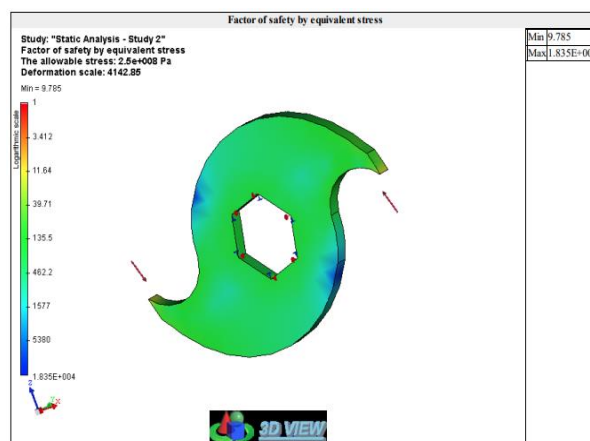
Nama barang	Satuan	Harga
Motor listrik + Geart box + reverse ctrl (2HP)	Pcs	Rp. 3.865.000
Kopling	Pcs	Rp. 450.000
Hooper	Pcs	Rp. 335.000
Shredder Box	Pcs	Rp. 4.250.000
Rangka	Pcs	Rp. 900.000
Jumlah Biaya Perancangan		Rp. 9.800.000

Adapun perhitung umur ekonomis dari mesin potong dengan pisau *shredder* dapat di lihat seperti pada tabel 4 di bawah ini.

**Tabel 4** hasil perhitungan Fn dan Cr mata pisau shredder

Tahun	P (Rp)	Fn	CR (Rp)
2020	9,800,000	6,860,000	3,626,000
2021	9,800,000	4,802,000	3,100,533
2022	9,800,000	3,361,400	2,689,048
2023	9,800,000	2,352,980	2,363,068
2024	9,800,000	1,647,086	2,103,791
2025	9,800,000	1,152,960	1,894,856
2026	9,800,000	807,072	1,725,582

Sedangkan jenis bahan dari mata pisau shredder adalah ASMT A36 hasil pengujian dan perhitungannya:



**Gambar 10.** Factor of safety by equivalent stress blade

Selanjutnya, untuk perhitungan dengan tujuan untuk mengetahui aman atau tidak mata maka pisau shredder dengan nilai allowable stress sebesar  $2,5E+008$  pa sedangkan untuk max stress sebesar  $1,835E+004$  pa untuk *factor of safety* (gambar 10) dengan nilai 1,2 maka perhitungannya sebagai berikut:

$$\frac{1,835E+04}{1,2} = 1,53E + 04 < 2,5E + 08 \text{ aman}$$



## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pisau *crusher* daya yang diperoleh dari perhitungan sebesar 2 HP biaya pembuatannya 8,8 juta rupiah dan hasil pengujian FEA *Allowable stress* yang terjadi sebesar  $3,19E+04 < 2,5 E+08$  aman. Sedangkan mata pisau pencacah tipe *shredder* daya yang diperoleh dari perhitungan sebesar 2 HP dan biaya pembuatannya 9,8 juta dan hasil pengujian FEA *Allowable stress* yang terjadi sebesar  $1,53E+04 < 2,5E+08$  aman, maka pisau yang dipilih dalam perancangan mesin pencacah sampah plastik ini adalah type pisau tipe *shredder*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmadi, A. N., & Fajar, M. K. (2019). Rancang Bangun Mesin Shredder Pencacah Sampah Plastik Berbantu Perangkat Lunak Autodesk Inventor 2015. *Journal Mechanical Engineering*, 8(2), 28–33.
- Brunner, I. M. I. M., Norhidayat, A., & Brunner, S. M. (2021). *Pengolahan Sampah Organik dan Limbah Biomassa dengan Teknologi Olah Sampah di Sumbernya*. VI(3), 2085–2095.
- Gunawan, G., Lubis, G. S., & Prima, F. (2022). Analisa Pengaruh Jumlah Mata Pisau Pada Mesin Pencacah Botol Plastik Tipe PET (Polyethylene Terephalate). *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 3(2), 38–43.
- Hasibuan, R. (2016). Analisis Dampak Limbah/Sampah Rumah Tangga Terhadap Lingkungan Hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 04(01), 42–52.
- Lisiak-Myszke, M., Marciniak, D., Bieliński, M., Sobczak, H., Garbacewicz, Ł., & Drogoszewska, B. (2020). Application of finite element analysis in oral and maxillofacial surgery-A literature review. *Materials*, 13(14), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ma13143063>
- Kurowski, P. M. (2022). *Finite Element Analysis for Design Engineers*. SAE International
- Priono, H., Ilyas, M. Y., Nugroho, A. R., Setyawan, D., Maulidiyah, L., & Anugrah, R. A. (2019). *Desain Pencacah Serabut Kelapa Dengan Penggerak Motor*.
- Sopyan, D., & Suryadi, D. (2022). Perancangan Mesin Pencacah Plastik Kapasitas 25 Kg. *Jurnal Media Teknologi*, 6(2), 213–222. <https://doi.org/10.25157/jmt.v6i2.2796>
- Sulistiyani, A. T., & Wulandari, Y. (2017). Proses Pemberdayaan Masyarakat Desa Sitimulyo Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul Dalam Pembentukan Kelompok Pengelola Sampah Mandiri (KPSM). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 2(2), 146. <https://doi.org/10.22146/jpkm.27024>