

## PERANCANGAN PLASTIC WASTE SHREDDER MACHINE PORTABLE DI KAMPUS POLMAN BANDUNG

Dedy Ariefijanto<sup>1</sup>, Nadhifah Rysca Novianty<sup>2</sup>, Asep Indra Komara<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

<sup>2</sup>Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: [dedy@me.polman-bandung.ac.id](mailto:dedy@me.polman-bandung.ac.id)

### Abstrak

Plastic Waste Shredder Machine adalah mesin yang berfungsi untuk mereduksi ukuran limbah plastik menjadi serpihan untuk daur ulang. Penelitian ini mengoptimalkan beberapa fungsi dari mesin yang sudah ada. Penelitian menggunakan metodologi perancangan VDI 2222. Penentuan dimensi komponen yang berada pada rancangan juga didasari analisis pada komponen kritis dengan bantuan software CAE (Computer Aided Engineering). Cara kerja dari mesin ini adalah botol plastik dimasukkan ke hopper lalu direduksi ukurannya di ruang pencacahan dengan sistem dua pisau bergerak berlawanan dengan pisau tetap tiap sisinya lalu dihasilkan serpihan berukuran maksimal 5x5 mm. Setelah melalui proses perancangan, mesin ini beroperasi dengan motor listrik berdaya 0,75 kW, putaran output 50 rpm. Mesin ini mampu menghasilkan cacahan sebanyak 10 kg/hari dengan dimensi mesin 400 x 600 x 900 mm dengan berat total mesin 124 kg.

**Kata kunci:** Mesin pencacah portable, Sampah botol plastic, Daur ulang plastic, Pisau pencacah, Perancangan mesin

### Abstract

*Plastic Waste Shredder Machine is a machine that is used to reduce the size of waste into small pieces for recycling process. This machine is a development from previous machines. The design methodology in this study is VDI 2222. Determination of component dimensions is based on analysis of critical components with the help of Computer Aided Engineering software. This machine works by inserting plastic bottle waste to the hopper, the size will be reduced in shredding area with two-blade system that moves oppositely with a fixed knife on each side, and the result is the plastic chips with a maximum size of 5x5 mm. After the design process, the machine is operated with an electric motor with a power of 0,75 kW and output rotation of 50 rpm. This machine can process 10 kg/day plastic waste with machine dimensions of 400 x 600 x 900 mm and total machine weight of 124 kg.*

**Keywords:** portable shredder machine, plastic bottle waste, plastic recycling, shredder cutting, machine design

### PENDAHULUAN

Persoalan sampah botol plastik seperti pada Gambar 1 menjadi salah satu hal yang sangat krusial dan memiliki dampak yang besar bagi lingkungan. Kementerian Lingkungan Hidup mencatat sepanjang Tahun 2020 volume sampah di Indonesia mencapai 67 juta ton. Dimana diantara volume sampah tersebut, Indonesia telah menghasilkan 11.600 ton sampah botol plastik. Sedangkan di tingkat Kota Bandung, PD. Kebersihan Kota Bandung menyatakan bahwa sampah plastik yang dihasilkan Kota Bandung adalah

sebanyak 1.700 ton/hari, dengan 0.94 persen atau kisaran 15.98 ton diantaranya adalah sampah botol plastik.



**Gambar 1** Permasalahan Sampah Botol Plastik di Indonesia Sumber: [www.poskota.com](http://www.poskota.com)

Sampah plastik yang dihasilkan Politeknik Manufaktur Bandung mencapai 10 kg/hari. Sampah tersebut didominasi 60% oleh botol air mineral berukuran 600 ml, 20% oleh botol air mineral berukuran 1500 ml, dan sisanya merupakan sampah gelas plastik. Sampah botol plastik ini juga tidak diolah melainkan hanya dikumpulkan di tempat pembuangan sampah dan akhirnya dijual kepada pengepul sampah. Civitas akademika sebagai kalangan akademisi berperan penting dalam pengelolaan ini. Salah satunya yaitu program kampus hijau atau green campus sebagai salah satu indikator suatu kampus yang peduli terhadap lingkungan.

Selain itu, Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur juga mengembangkan mesin benchtop injection mold. Mesin tersebut merupakan tahap pengolahan sampah botol plastik yaitu dengan mengolah cacahan plastik yang dilelehkan menjadi material hasil daur ulang untuk dibuat produk baru. Pada saat ini, telah tersedia rancangan mesin pencacah plastik di Polman [1], [2], [3]. Tetapi diperlukan pengembangan mesin pencacah plastik dari rancangan sebelumnya yang bertujuan untuk mengoptimalkan mesin pencacah yang sudah ada sebelumnya. Dimana mesin pencacah ini sendiri memiliki fungsi untuk mereduksi ukuran sampah botol plastik menjadi serpihan dengan ukuran kecil [4].

## METODE PERANCANGAN

Metode perancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah VDI 2222. Tahapan utama dalam metodologi tersebut adalah merencana, mengonsep, merancang, dan penyelesaian.

### Tahap Merencana

Pada tahap merencana ini, terdapat tiga kegiatan yaitu analisis desain mesin existing yaitu menganalisis desain mesin yang sudah dikembangkan

sebelumnya, lalu identifikasi masalah, dan juga menghasilkan daftar tuntutan. Adapun pengumpulan data yang dibutuhkan dengan diskusi dengan pembimbing mengenai permasalahan yang ada pada mesin-mesin yang dikembangkan sebelumnya, dan juga studi pustaka dengan membaca jurnal, buku, dan hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini.

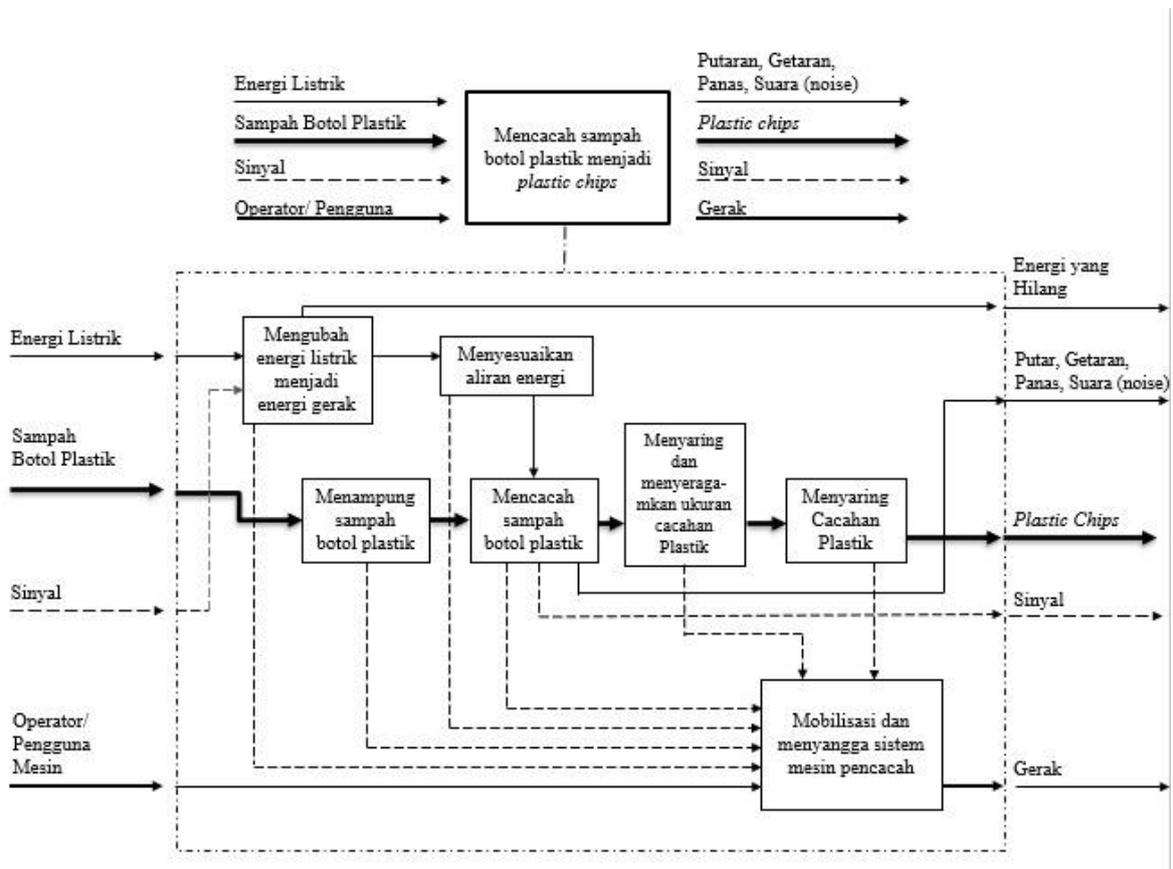
### Tahap Mengonsep

Pada tahap mengonsep, dilakukan pembuatan daftar tuntutan yang kemudian dijadikan acuan pada proses perancangan. Daftar tuntutan ini diperoleh dari hasil tahap sebelumnya yaitu tahap merencana.

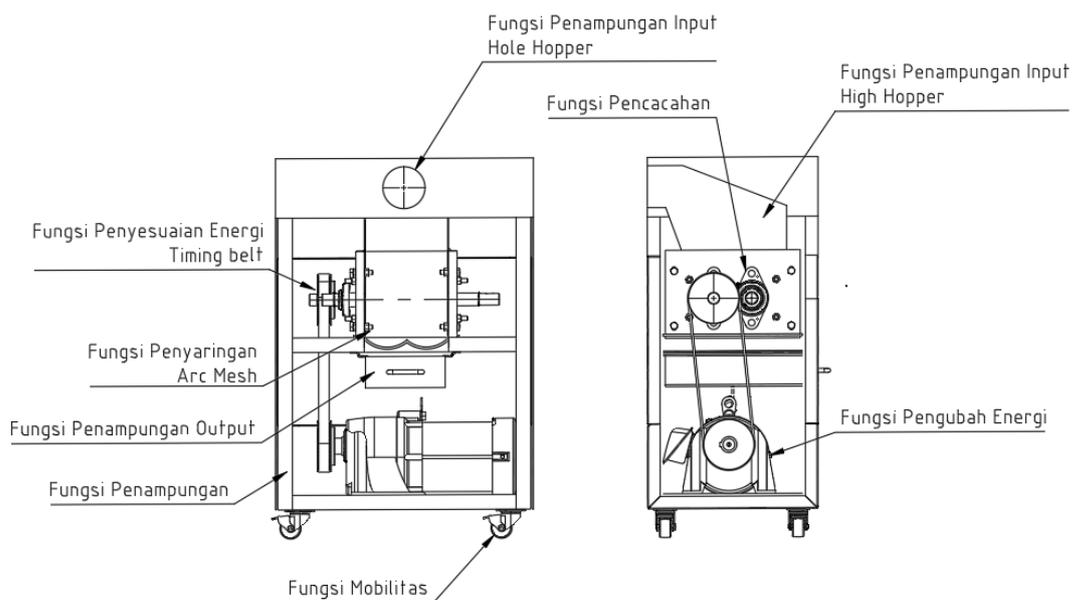
**Tabel 1** Daftar Tuntutan

No.	Tuntutan	Keterangan
1	Material input	PET, LDPE, HDPE, PS, dan PP
2	Dimensi mesin	Panjang dan lebar <850 mm Tinggi hopper pada 800-1050 mm
3	Penggerak mesin	Motor Listrik
4	Faktor keamanan mesin	Mesin dirancang dengan tingkat keamanan yang tinggi dengan menutup bagian rangka dengan cover
5	Faktor ergonomis mesin	Memiliki hand grip dan roda untuk memudahkan mobilitas mesin
6	Konstruksi pencacah	Pemotongan dengan pasangan pisau bergerak dan pisau tetap
7	Kapasitas mesin	Dapat mencacah satu botol plastik 600 ml dalam waktu 10 detik
8	Berat total mesin	<250 kg
9	Dimensi hasil cacahan	Maksimal 5x5 mm

Fungsi dari mesin pencacah plastik sendiri adalah untuk mereduksi ukuran sampah botol plastik menjadi serpihan plastik dengan ukuran yang kecil. Dalam mendefinisikan fungsi bagian dari mesin ini, dibuat black box dan glass box seperti pada Gambar 2. Setelah itu dibuat konsep rancangan pada Gambar 2.

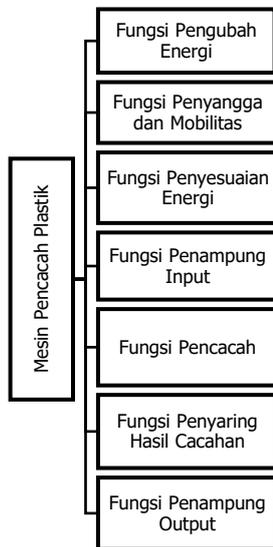


Gambar 2 Pendefinisian Black Box dan Glass Box pada Rancangan



**Gambar 3 Konsep Rancangan Plastic Waste Shredder Machine Portable**

Setelah mendefinisikan black box, glass box, dan membuat konsep rancangan pada mesin, terdefinisi fungsi bagian pada mesin yaitu:



**Gambar 4 Uraian Fungsi Bagian**

Dalam proses perancangan ini, dibutuhkan alternatif rancangan yang paling baik dan juga dapat memenuhi seluruh daftar tuntutan. Dibuatlah tiga alternatif fungsi kombinasi sebagai pembandingan. Maka dari itu, penulis membuat kotak morfologi seperti pada Tabel 2 untuk membandingkan ketiga alternatif fungsi kombinasi tersebut dari aspek teknis dan juga ekonomis.

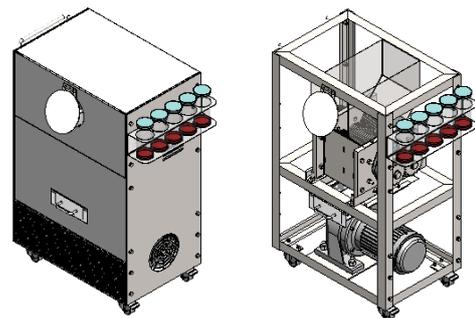
**Tabel 2 Kotak Morfologi**

Sub Fungsi Bagian		Alternatif Fungsi Bagian		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
A	Sub Fungsi Penyangga Teknik	A.1 Plat Teknik	A.2 Plastik	-
		B.1 V-belt	B.2 Timing belt	B.3 Chain-Sprocket
C	Sub Fungsi Penampungan Input	C.1 Hole Hopper	C.2 High Hopper	-
		D.1 Flat mesh	D.2 Arc mesh	-
Alternatif Fungsi Kombinasi		AFK1	AFK2	AFK3

Setelah dibuat kotak morfologi dan dihasilkan tiga alternatif fungsi kombinasi rancangan, maka setelah penulis mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis, dipilih alternatif fungsi kombinasi dua.

**Tahap Merancang**

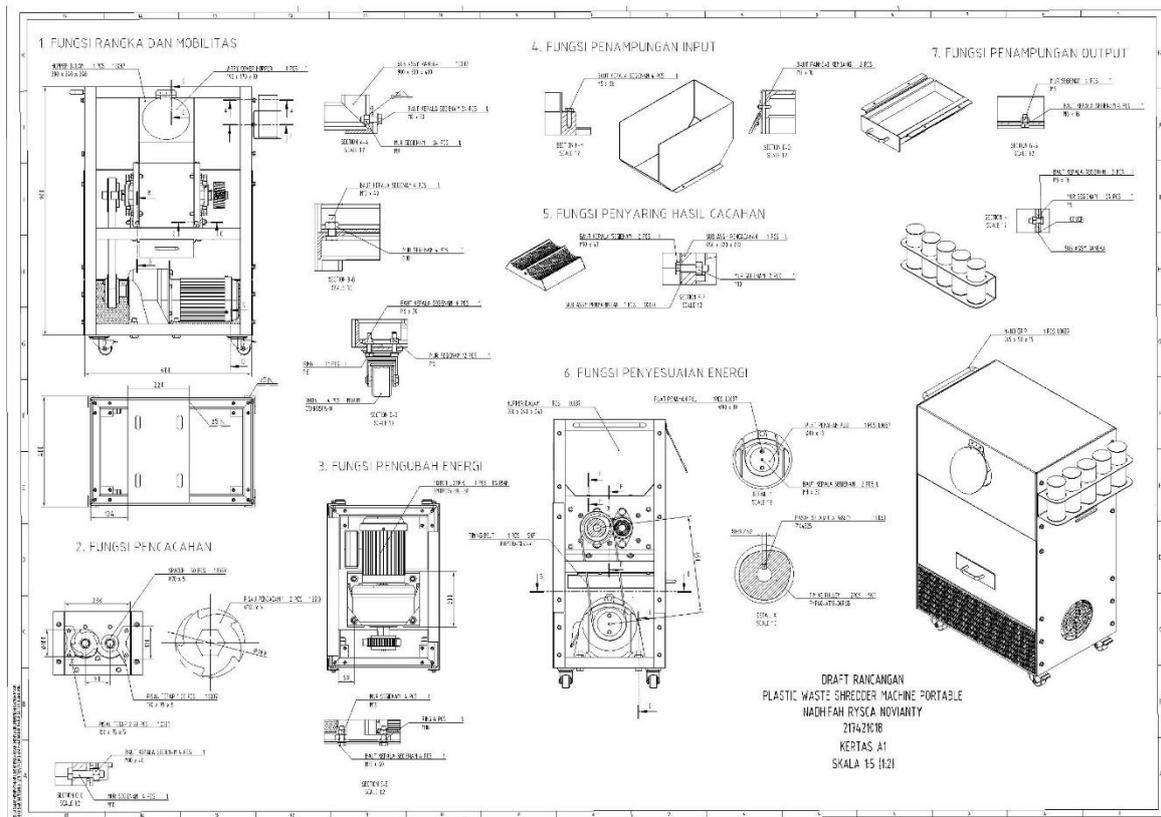
Alternatif fungsi kombinasi 2 seperti tertera pada Gambar 5 memiliki tipe cover yaitu plat yang ditebuk. Ikatan antar plat dengan sistem pengelasan dan baut. Fungsi penampungan input yaitu hole hopper yang dilengkapi cover yang dilengkapi engsel. Sumber penggerak adalah motor listrik yang output putarannya akan ditransmisikan oleh timing belt dan puli. Jumlah poros penggerak pada ruang pencacahan yaitu dua buah yang dihubungkan dengan roda gigi. Bagian penyaringan menggunakan arc mesh. Mesin juga dilengkapi roda dan hand grip.



**Gambar 5 Alternatif Fungsi Kombinasi Terpilih**

**Tahap Penyelesaian**

Pada tahap penyelesaian ini, dihasilkan dokumen hasil rancangan dari alternatif fungsi kombinasi terpilih. Disajikan draft rancangan pada Gambar 6.



Gambar 6 Draft Rancangan Plastic Waste Shredder Machine Portable

**KONTROL DAN VALIDASI RANCANGAN**

Pada perancangan dibutuhkan keberhasilan tiap fungsi agar mesin ini dapat bekerja dengan baik tanpa adanya kegagalan. Sehingga dilakukan beberapa perhitungan diantaranya adalah (1) Penentuan Daya Motor; (2) Kontrol Poros Pencacah; (3) Kontrol Pasak; (4) Umur Bantalan

**Penentuan Daya Motor**

Daya motor diberi pengaruh oleh torsi pemotongan dan juga torsi pada massa berputar, putaran, dan juga efisiensi sistem transmisi rancangan. Pada torsi pemotongan, dipengaruhi oleh gaya potong (Fc), jari-jari alat potong (d), dan jumlah pisau pencacah memotong bersamaan (x). Sedangkan pada torsi pada massa berputar, dipengaruhi oleh inersia massa (Ix), dan percepatan sudut (α).

$$T_{potong} = Fc \times \frac{d_{pisau}}{2} \times x \dots\dots\dots(1)$$

$$T_{inersia} = \Sigma I_x \times \alpha \dots\dots\dots(2)$$

$$T_{butuh} = T_{potong} + T_{inersia} \dots\dots\dots(3)$$

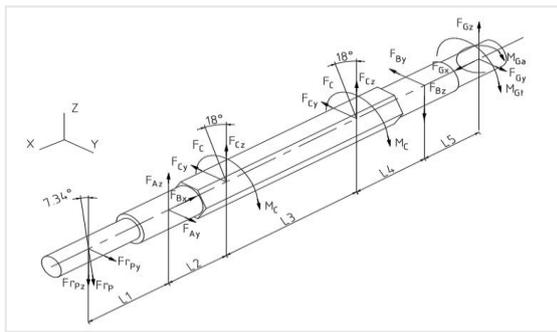
Daya motor merupakan penjumlahan dari torsi yang dibutuhkan, dan juga putaran yang dibutuhkan dan juga dibagi efisiensi sistem transmisi rancangan (η)

$$P = \frac{T_{butuh} \times n_{butuh}}{\eta} \dots\dots\dots(4)$$

Sehingga, didapat daya motor yang dibutuhkan sebesar 0,6572 kW dengan putaran 50 rpm. Dipilih motor Tsubaki GMTR-075-38L-30 dengan daya 0,75 kW dan putaran output sebesar 50 rpm.

**Kontrol Poros Pencacah**

Dilakukan kontrol pada komponen kritis yaitu poros pencacah dengan perhitungan manual dan juga simulasi pada Solidworks Simulation karena poros yang dirancang harus memiliki kemampuan untuk menahan beban puntir, bengkok, dan geser. Perhitungan mengacu pada diagram benda bebas pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Benda Bebas Poros Pencacah

Sehingga terdapat data-data desain poros dan pembebanan pada poros sebagai berikut:

- Material Poros E360
- Yield strength  $R_e = 360$  MPa
- Torsi terjadi  $T_m = 136$  Nm
- Momen bengkok maksimum  $M_{bmax} = 182,75$  Nm (Pada area tumpuan B)
- Momen gabungan  $M_v = 217,265$  Nm
- Momen bengkok ekuivalen  $M_{be} = 205,1$  Nm
- Tegangan tangensial  $\tau_{xy} = 61,68$  Nm

Lalu, dapat dihitung tegangan ekuivalen ( $\sigma_{12}$ ), faktor keamanan terjadi (Sf), dan juga defleksi poros ( $\delta$ ) sesuai dengan persamaan berikut [5].

$$\sigma_{12} = \sqrt{\sigma_1^2 - (\sigma_1 * \sigma_2) + \sigma_2^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$Sf = \frac{\sigma_{bWN}}{\sigma_{12}} \dots\dots\dots (6)$$

$$\delta = -\frac{P*a*b}{6*EI*L} (L^2 - b^2 - a^2) \dots\dots\dots (7)$$

Sehingga, didapat nilai-nilai tersebut dari perhitungan manual dan juga simulasi pada software Solidworks Simulation.

Tabel 3 Simulasi Tegangan pada Poros Pencacah

Paramete r	Hasi		
	Sim ulasi (MP a)	Hasil Perhit. Manual (MPa)	Persentase Penyimpang an
Teganga n von mises	146. 19	149.885	2%
Defleksi	0.08 7	0.08	8%
Faktor keamana n	2.35 98	2.402	2%

**Kontrol Pasak pada Rancangan**

Kontrol pada komponen pasak dibutuhkan karena pasak akan mengalami tekanan pada permukaan pasak. Geometri pasak yang digunakan merupakan pasak sejajar A pada katalog Polman Seri 0, didapat beberapa data gaya terjadi pada pasak yaitu:

- Material pasak 1.0060
- Yield strength material pasak  $Re = 3$
- Putaran poros  $n = 50$  rpm
- Torsi terjadi  $T_m = 136$  Nm
- Faktor geometri pasak  $k\lambda = 1,12$
- Faktor beban umum  $\phi = 1$
- Diameter poros  $d = 28$  mm
- Tekanan permukaan  $P_m = 200$  MPa
- Gaya tangensial terjadi  $F_t = 9,57$  kN

Setelah perhitungan sesuai dengan kaidah pada [6], dapat disimpulkan bahwa seluruh beban yang diterima pasak dapat ditahan sehingga konstruksi dinyatakan aman.

**Umur Bantalan**

Terdapat bantalan pada rancangan yang merupakan tumpuan pada poros pencacah. Dipilih bearing SKF FYTJ 30 TF, oval flanged ball bearing units. Bantalan pertama memiliki beban dinamis atau  $C = 19,5$  kN. Dynamic bearing load atau  $P_B$  pada tumpuan A sebesar 1825,474 N dan B sebesar 2566,283 N. Maka umur bearing dapat dihitung dengan:

$$L_h = \left(\frac{C}{P_B}\right)^P \dots\dots\dots (8)$$

Sehingga, umur bearing A adalah 8,1617 x 104 atau berkisar 7,365 tahun. Sedangkan bearing pada tumpuan B memiliki kisaran umur 1,57 x 104 atau berkisar 2,65 tahun.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan kajian dan proses perancangan, dapat dinyatakan bahwa telah dihasilkan rancangan plastic waste shredder machine portable yang memenuhi seluruh daftar tuntutan dan juga telah diperoleh dokumentasi rancangan berupa draft, gambar susunan, dan juga gambar bagian dari komponen pada mesin tersebut.

**REFERENSI**

- [1] Adhiharto, R., Komara, A. I. dan Annisa. "Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Kapasitas 15kg/Hari", unpublished.
- [2] Rahmatillah, A. A., Komara, A. I., "Pengembangan Mesin Pencacah Sampah Botol Plastik Di Kampus Polman Bandung" unpublished.
- [3] Aryani, N., Muslim, D. B., dan Setiawan, A. B., "Rancang Bangun Pengolah Sampah Plastik Menjadi Serpihan", unpublished.
- [4] Goodship, V.. Introduction to Plastics Recycling. 2007.
- [5] Hibbeler, R. C. Mechanics of Materials (Vol. 148). 2010.