

PEMBUATAN PISAU DAN PENGUJIAN MESIN PENCACAH LIMBAH AKRILIK TIPE CRUSHER 9 PISAU

Noviyanti Nugraha¹⁾, Rizki Al Robbi Marwan²⁾, Wildan Angga Saputra²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: noviyanti.nugraha.itenas@gmail.com

²⁾S1 Teknik Mesin Program Sarjana Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. PH.H. Mustofa No.23, Kota Bandung, Jawa Barat 40124
Email: rizkialrobby37@gmail.com, wildanangga95@gmail.com

Received DD MM YYYY | *Revised* DD MM YYYY | *Accepted* DD MM YYYY

Abstrak

Akrilik merupakan material termoplastik yang menyerupai kaca namun tidak mudah pecah dimana limbah yang berasal dari produksi akrilik dapat dimanfaatkan dengan proses daur ulang. Tujuan penelitian ini adalah membuat pisau dan menguji mesin pencacah akrilik sebagai tahap awal dari proses daur ulang akrilik. Pembuatan pisau meliputi 2 jenis pisau yaitu pisau gerak dan pisau tetap yang setelah dibuat kemudian dipasangkan pada mesin pencacah akrilik. Parameter pengujian yang dilakukan adalah mencari dimensi rata-rata, kapasitas pencacahan, konsumsi bahan bakar, kebisingan dan efisiensi mesin. Pisau yang dibuat menggunakan bahan AISI 20, dimana dibuat dengan jumlah pisau tetap 2 buah dengan dimensi dan pisau gerak 9 buah dengan dimensi 90x70x12mm. Dari hasil pengujian diperoleh akrilik dapat dicacah dengan luaran dimensi rata-rata hasil pencacahan adalah sebesar 11,7 mm, lama waktu mencacah rata-rata untuk 1 kg akrilik adalah 4.59 menit, rata-rata rendemen pencacahan sebesar 98,9 % , kapasitas hasil pencacahan sebesar 12,96 kg/jam, konsumsi bahan bakar rata-rata sebesar 1,45 liter/jam, kebisingan mesin pencacah rata-rata sebelum ada beban 82,9 dB dan rata-rata sesudah ada beban 93,3 dB dan efisiensi mesin sebesar 72,5 %.

Kata kunci: *Pencacah Akrilik, Kinerja Mesin, Pisau pencacah*

Abstract

Acrylic is a thermoplastic material that resembles glass but is not easily broken where the waste from acrylic production can be utilized by a recycling process. The purpose of this research is to make a knife and test an acrylic chopper machine as the initial stage of the acrylic recycling process. The knife includes 2 types of knives, namely motion knives and fixed knives which after being made are then mounted on an acrylic chopper machine. The parameters of the tests carried out are to find the average dimensions, counting capacity, fuel consumption, noise and

engine efficiency. The knife is made using AISI 20 material, which is made with 2 fixed blades with dimensions and 9 moving blades with 90x70x12mm dimensions. From the test results, it was obtained that acrylic could be chopped with an average dimension output of 11.7 mm, the average chopping time for 1 kg of acrylic was 4.59 minutes, the average yield of the chopping material was 98.9%, the capacity of the chopping result was of 12.96 kg/hour, the average fuel consumption of 1.45 liters/hour, the average noise of the chopping machine before there was a load of 82.9 dB and the average after there was a load of 93.3 dB and the engine efficiency of 72.5%.

Keywords: *Acrylic Counter, Machine Capacity, Crusher Type Machine*

1. Pendahuluan

Akrilik merupakan material termoplastik yang menyerupai kaca namun tidak mudah pecah dan tidak terpengaruh dengan kelembaban [1]. Akrilik merupakan bahan yang tidak mudah pecah, ringan, dan juga mudah untuk dilakukan proses pengerjaan lainnya seperti dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan, dikilapkan atau dicat. Akrilik dapat dibentuk menjadi berbagai macam bentuk yang cukup rumit dengan cara dipanaskan terlebih dahulu. Ketebalan akrilik bervariasi, yang tersedia umum dipasaran antara 2-5 mm [2]. Beberapa literatur menyatakan temperatur leleh akrilik antara 140-180 °C [2][3]. Saat ini semakin banyak produk yang menggunakan akrilik sebagai material utama terutama pengganti material kaca, contohnya wadah makanan, lemari kosmetik, akuarium, tempat tisu, box pajangan dan lain sebagainya. Berbagai produksi akrilik tersebut menghasilkan limbah akrilik yang cukup banyak.

Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah akrilik ini yaitu dengan cara didaur ulang. Salah satu proses daur ulang akrilik adalah membuat produk dari pecahan-pecahan akrilik dengan cara dilelehkan dan dicetak [4][5]. Pada proses daur ulang ini akrilik terlebih dahulu harus dihancurkan menjadi serpihan-serpihan kecil, kemudian dilelehkan dan dicetak [4][5].

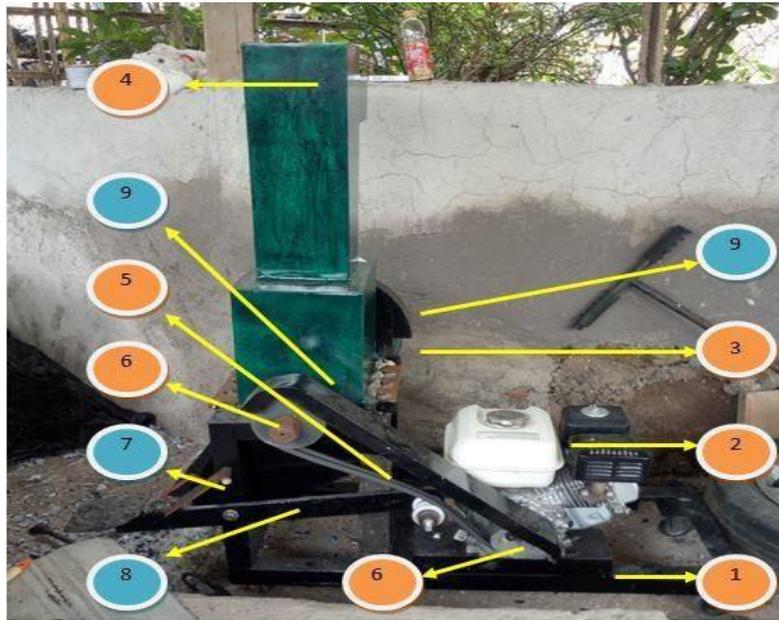
Pada penelitian sebelumnya telah dibuat alat pencacah limbah akrilik, alat ini merupakan modifikasi dari alat pencacah plastik yang telah dirancang dan dibuat sebelumnya dengan memodifikasi pisau pencacah [6][7].

Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji alat pencacah limbah akrilik yang telah dibuat sebelumnya serta mencari kinerja dari alat tersebut serta kapasitas yang dapat dihasilkannya. Pengujian yang dilakukan diantaranya untuk memperoleh dimensi rata-rata hasil cacahan, memperoleh waktu yang dibutuhkan untuk mencacah berat 1 kg dan 5 kg, memperoleh rendemen pencacahan untuk berat 1 kg dan 5 kg, memperoleh kapasitas hasil cacahan, memperoleh konsumsi bahan bakar, memperoleh kebisingan rata-rata, dan memperoleh efisiensi pencacahan.

2. Metodologi

2.1. Mesin Pencacah Akrilik

Mesin pencacah akrilik yang telah dibuat dan dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini. Komponen mesin terdiri dari: 1 Rangka, 2 Motor bensin, 3 *Flywheel*, 4 *Hopper*, 5 *V-belt*, 6 *Pulley*, 7 Batang pengunci, 8 Tensioner, dan 9 *Cover safety*.



Gambar 1. Mesin pencacah akrilik tampak samping [6][7]

Motor yang digunakan adalah motor bensin dengan daya 5,5 HP. Rangka mesin pencacah memiliki dimensi dengan panjang 1000 mm, lebar 400 mm, tinggi 460 mm dan bahan dari rangka ini adalah baja siku L dan baja siku U. Hopper berfungsi sebagai saluran masuk akrilik yang akan dicacah memiliki dimensi dengan panjang 230 mm, lebar 310 mm, dan tinggi 801 mm, bahan yang digunakan untuk hopper adalah plat baja 3 mm. *Pulley* yang digunakan ada 2 yaitu, *pulley* motor dengan diameter 55 mm dan *pulley* pisau dengan diameter 105 mm. *V-belt* yang digunakan berjenis A-50 dengan jumlah 2 buah. *Flywheel* yang digunakan memiliki dimensi dengan berat 32,51 kg dan diameter 425 mm.

2.2. Pembuatan Pisau Pencacah

Target pisau pencacah yang akan dibuat pada mesin pencacah akrilik ini mampu mencacah akrilik dengan ketebalan 2-5 mm, mata pisau dibuat memanjang dan sudut mata pisau kecil agar hasil cacahan dapat terpotong lebih kecil. Semakin kecil sudut mata pisau, maka semakin tajam. Sudut mata pisau dibuat sebesar 30°. Bahan yang dipilih adalah baja per dengan standar AISI 1060. Proses pembuatan yaitu freis dan gerinda.

Pisau dipasang menggunakan alat bantu berupa *feeler gauge* yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pemasangan dengan *feeler gauge* 1mm

Setelah mata pisau lurus dan jaraknya sama kemudian baut dikencangkan agar pisau tidak bergeser akibat putaran poros dan getaran.



Gambar 3. Pemasangan pisau pada mesin pencacah akrilik

Pisau yang digunakan ada dua jenis yaitu pisau gerak dan pisau tetap dengan jumlah pisau tetap 2 buah dan pisau gerak 9 buah, pisau gerak memiliki dimensi panjang 90 mm, lebar 70 mm, dan tinggi 12 mm, dan pisau tetap memiliki dimensi panjang 270 mm lebar 970 mm dan tinggi 12 mm [8]. Komponen lainnya pada bagian dalam mesin pencacah: 1 Pisau Gerak, 2 Pisau Tetap, 3 *Hopper*, 4 *Flywheel*, 5 *Tensioner*, seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Komponen mesin pencacah akrilik

Poros yang digunakan memiliki dimensi dengan panjang 650 mm dan diameter 35 mm, bahan dari poros adalah S45C.[8]

Prinsip kerja mesin pencacah akrilik yaitu dengan memasukan limbah akrilik yang telah disortir terlebih dahulu dimasukan melalui hopper, kemudian akrilik akan jatuh mengenai pisau pencacah didalam mesin kemudian secara otomatis pisau akan memotong dan mencacah akrilik tersebut sehingga menjadi serpihan-serpihan kecil. Akrilik yang telah tercacah akan keluar melalui saluran keluar pada bagian bawah mesin pencacah.

2.3. Parameter dan Prosedur Pengujian

Limbah akrilik yang akan dicacah masih berupa potongan potongan akrilik seperti pada Gambar 4 dibawah berukuran lebih besar dari pelet namun sudah tidak dapat digunakan untuk produksi. Alat yang digunakan untuk proses pengujian diantaranya *tachometer*, *sound level meter*, penggaris, serta timbangan.



Gambar 5. Limbah akrilik

Tahap pertama adalah menyiapkan limbah akrilik yang sudah ditimbang seberat 1kg dan 5kg, Serta menyiapkan bahan bakar yang digunakan sebesar 1 liter. Bahan bakar yang digunakan adalah pertalite dengan massa jenis 0,77 kg/l, Kemudian mengubah saklar mesin ke posisi on dan menyalakan mesin motor bensin dengan cara menarik tali *starter*. Tunggu sampai mesin dan pisau berputar konstan. Sebelum melakukan pencacahan dilakukan dulu pengujian

sebelum ada beban, data yang dicatat yaitu putaran motor bensin, dan pengukuran kebisingan. Putaran motor bensin diukur dengan menggunakan *tachometer* dan pengukuran kebisingan dengan *sound level meter*.

Tahap berikutnya memasukan limbah akrilik yang akan dicacah ke dalam hopper, melakukan pengukuran setelah ada beban, yaitu mengukur putaran motor bensin, dan mengukur kebisingan. Mengukur putaran motor dengan menggunakan *tachometer* yang diarahkan ke *pulley* dari motor bensin dan mengukur kebisingan dengan *sound level meter* sejauh 2 meter dari mesin pencacah. Jalankan mesin sampai limbah akrilik tercacah semua. Setelah limbah akrilik tercacah matikan motor bensin dan *stopwatch*, lalu catat lama waktu pencacahan [9].



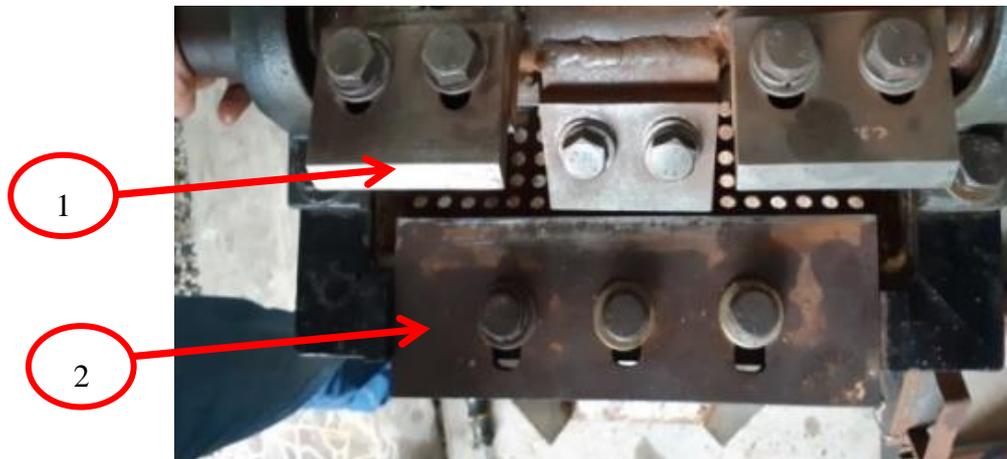
Gambar 6. Posisi peletakan *tachometer* untuk mengukur putaran motor

Bahan bakar yang digunakan dikeluarkan dari motor bensin dan dimasukkan kedalam botol mineral ukuran 1500 ml dan diukur berat yang tersisa dari bensin yang keluar. Setelah berat bahan bakar diketahui kemudian memperoleh volume bahan bakar. Tahap berikutnya menimbang hasil cacahan limbah akrilik tersebut, serta mengukur dimensi cacahan limbah akrilik. Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian memasukan limbah akrilik secara kontinyu selama 20 menit.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil Pembuatan

Pisau dibuat terdiri dua jenis yaitu pisau gerak dan pisau tetap dengan jumlah pisau tetap 2 buah dan pisau gerak 9 buah, pisau gerak memiliki dimensi panjang 90 mm, lebar 70 mm, dan tinggi 12 mm, dan pisau tetap memiliki dimensi panjang 270 mm lebar 970 mm dan tinggi 12 mm. Pisau tetap dan pisau gerak terlihat pada Gambar 7 dibawah ini



Gambar 7 Pisau gerak(1) dan pisau tetap(2)

Bahan yang dipilih harus memiliki kekerasan yang besar dan memiliki keuletan yang baik agar tidak terjadi patah pada pisau. Dari kriteria tersebut material yang cocok adalah baja per dengan standar AISI 1060, alasan pemilihan material ini karena material ini tersedia banyak dipasaran serta memiliki harga yang relatif murah yaitu Rp. 20.000/kg. material ini memiliki nilai kekerasan sekitar 5562 HRC. Pada pemasangan pisau pada mesin pencacah ada hal yang harus diperhatikan yaitu posisi dari baut yang akan digunakan agar pisau tidak bergerak maju mundur kemudian mengukur kerapatan pisau gerak dan pisau tetap menggunakan *feeler gauge* dengan ketebalan 1 mm agar akrilik dapat terpotong secara baik.

3.2. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil cacahan akrilik yang dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Hasil cacahan akrilik

Hasil dari cacahan akrilik rata-rata terpotong bukan tercabik, permukaan hasil cacahan ada yang bergerigi dan kasar ada juga yang permukaannya tercacah dengan halus.

Data hasil pengujian tercantum pada tabel 1. yaitu massa yang keluar dari mesin pencacah, kebisingan, waktu yang diperlukan saat proses pencacahan untuk 1 kg, serta dimensi rata-rata hasil pencacahan serta hasil pengujian dengan massa akrilik kontinu, dapat dilihat pada tabel 1. Proses pengujian baik untuk massa 1 kg maupun pengujian kontinu, dilakukan pada variasi putaran motor 2500 dan 3000 rpm.

Tabel 1. Hasil pengujian

Pengujian Ke	Putaran Motor (Rpm)		Putaran Pisau (Rpm)		Massa Masuk	Massa Keluar	Kebisingan		Waktu / 1kg	Dimensi Rata-Rata (mm)
	Tanpa Beban	Ada Beban	Tanpa Beban	Ada Beban			Tanpa Beban	Ada Beban		
	2500	2325	1300	1217	1	0,985	82,5	89,0	4.38	12,1
	2500	2355	1300	1233	1	0,990	82,0	92,8	4.40	12,6
	3000	2878	1570	1506	1	0,990	83,5	93,8	4.30	11,2
	3000	2887	1570	1512	1	0,991	83,6	93,9	4.34	11,1
	Rata-rata					0,989	82,9	93,3	4.59	11,7

Pengujian Massa Kontinu

1	2500	1300	5	4,895	84,6	96,4	20	11
2	3000	1570	5	4,965	86,2	97,1	20	10,3
	Rata-rata			4,93	85,4	96,7	20	10,6

Pada pengujian, putaran pisau dihitung dengan menggunakan rumus rasio kecepatan *pulley*. Rasio kecepatan *pulley* motor dengan *pulley* pisau adalah 1:1,9

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2} \quad (1)$$

Dimana; $n_1 = \text{Pulley Pisau}$, $n_2 = \text{Pulley Motor}$, $d_1 = \text{Diameter Pulley Pisau}$, $d_2 = \text{Diameter Pulley Motor}$. Berdasarkan persamaan (1) diperoleh putaran pisau adalah 1300 rpm.

Dimensi rata-rata dari hasil cacahan diperoleh dari pengukuran 10 sampel secara acak dari 10x pengambilan segengam akrilik, kemudian diukur diameternya menggunakan penggaris.

3.3. Rendemen Pencacahan

Rendemen pencacahan merupakan perbandingan antara massa yang keluar dari mesin pencacah dengan massa yang masuk, seperti pada persamaan :

Persentase rendemen dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$R = \frac{m_t}{m_{in}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana : $R = \text{Rendemen Bahan (\%)}$, $m_t = \text{Massa cacahan plastik yang keluar (kg)}$, $m_{in} = \text{Massa plastik yang masuk (kg)}$.

Rendemen pencacahan rata-rata dari hasil pencacahan akrilik adalah sebesar 98,9 %. Pada pengujian kontinu rata-rata hasil rendemen pencacahan adalah sebesar 98,6 %. Menurut acuan (SNI 7412:2008) nilai syarat uji rendemen untuk mesin pencacah yaitu minimal 80% sehingga mesin memenuhi standar SNI.

3.4. Efisiensi Pencacahan

Kapasitas aktual pencacahan menggunakan persamaan (3).

$$K_{ap} = \frac{m}{t} \quad (3)$$

Dimana: $K_{ap} = \text{Kapasitas aktual pencacahan (kg/jam)}$, $m = \text{Massa total bahan cacahan yang keluar dari mesin pencacah selama waktu tertentu (kg)}$, $t = \text{Waktu yang ditentukan untuk keluaran bahan cacahan (jam)}$.

Kapasitas teoritis menggunakan persamaan (4).

$$K_t = \frac{\rho \cdot A_t \cdot L_c \cdot k \cdot n}{6 \cdot 10^8} \quad (4)$$

Dimana : $K_t = \text{Kapasitas Teoritis (kg/s)}$, $A_t = \text{Luas area pencacahan (cm}^2\text{)}$, $\rho = \text{Densitas bahan (kg/m}^3\text{)}$, $L_c = \text{Panjang hasil cacahan (mm)}$, $k = \text{Jumlah pisau tetap}$, $n = \text{kecepatan putar (rpm)}$.

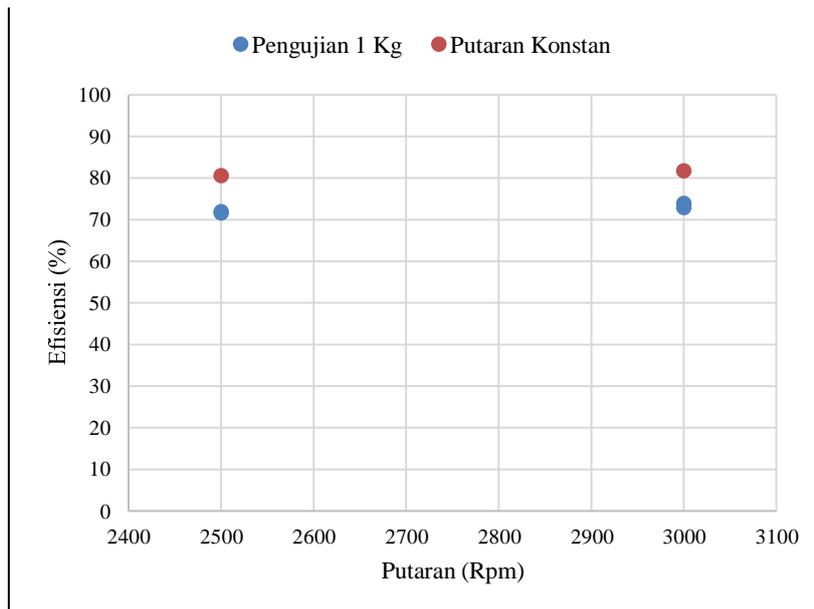
Efisiensi pencacahan menggunakan persamaan (5).

$$\eta = \frac{K_{ap}}{K_t} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana: $\eta = \text{efisiensi pencacahan (\%)}$, $K_{ap} = \text{kapasitas aktual pencacahan (kg/jam)}$, $K_t = \text{kapasitas teoritis (kg/jam)}$.

Pada pengujian didapatkan rata-rata efisiensi pencacahan sebesar 72,5 % dengan kapasitas aktual rata-rata sebesar 12,96 kg/jam dan kapasitas teoritis sebesar 17,85 kg/jam. Dan pada pengujian dengan putaran konstan efisiensi pencacahan rata-rata sebesar 81,1 % dengan kapasitas aktual rata-rata sebesar 14,49 kg/jam. Nilai tersebut sudah memenuhi standar

dimana berdasarkan SNI 7412:2008 efisiensi untuk mesin pencacah minimalnya adalah 70%, sehingga berdasarkan data tersebut efisiensi dari mesin pencacah akrilik sudah memenuhi standar dan layak untuk digunakan



Gambar 10. Grafik efisiensi pencacahan terhadap putaran mesin

Grafik efisiensi pencacahan terhadap putaran mesin diperlihatkan pada Gambar 10. Dari grafik tersebut efisiensi pada putaran 2500rpm dan 3000rpm memiliki efisiensi yang tidak jauh berbeda. Data hasil pengolahan data keseluruhan berupa rendemen pencacahan, kapasitas aktual, efisiensi pencacahan dan konsumsi bahan bakar, diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 2. Pengolahan data

Putaran Motor Tanpa Beban (Rpm)	Putaran Motor Tanpa Beban (Rpm)	Putaran Pisau Tanpa Beban (Rpm)	Putaran Pisau Ada Beban (Rpm)	Rendemen Pencacahan (%)	Kapasitas Aktual Pencacahan (kg/jam)	Efisiensi Pencacahan (%)	Konsumsi BB (Liter/menit)
2500	2325	1300	1217	98,5	12,79	71,6	1,35
2500	2355	1300	1233	99	12,85	71,9	1,37
3000	2876	1570	1506	99	13,2	73,9	1,56
3000	2887	1570	1512	99,1	13,03	72,9	1,55
Rata-rata				98,9	12,96	72,5	1,45
Pengujian Kontinu							
2500		1300		97,9	14,39	80,6	0,67
3000		1570		99,3	14,6	81,7	0,74
Rata-rata				98,6	14,49	81,1	0,7

Konsumsi bahan bakar rata-rata sebesar 1,45 liter/jam. Dan pada pengujian dengan massa kontinu, konsumsi bahan bakar diperoleh sebesar 0,7 liter/jam.

4. Kesimpulan

Pisau dibuat terdiri dua jenis yaitu pisau gerak dan pisau tetap dengan jumlah pisau tetap 2 buah dan pisau gerak 9 buah, pisau gerak memiliki dimensi panjang 90 mm, lebar 70 mm, dan tinggi 12 mm, dan pisau tetap memiliki dimensi panjang 270 mm lebar 970 mm dan tinggi 12 mm. Kapasitas hasil pencacahan rata-rata massa 1 kg adalah 12,96 kg/jam. Dan pengujian kontinyu massa 5 kg kapasitas rata-rata adalah 14,49 kg/jam. Dimensi rata-rata dari massa 1 kg adalah 11,7 mm. Dan pada pengujian kontinyu dimensi rata-rata adalah 10,6 mm. Rata-rata rendemen pencacahan dari massa 1 kg adalah 98,9 %. Dan pada pengujian kontinyu adalah 98,6 %. Efisiensi pencacahan mesin ini rata-rata sebesar 72,5 %. Dengan kapasitas teoritis sebesar 17,85 kg/jam dan kapasitas aktual rata-rata sebesar 12,96 kg/jam. Dan efisiensi rata-rata putaran konstan sebesar 81,1 %. Konsumsi bahan bakar rata-rata massa 1 kg adalah 1,45

liter/jam. Dan pada pengujian kontinyu adalah 0,7 liter/jam. Pada pengujian didapatkan waktu operasi rata-rata mesin massa 1 kg adalah selama 4.59 menit. Rata-rata dari kebisingan massa 1 kg tanpa beban adalah 82,9 dB dan ada beban adalah 93,3 dB. Dan pada pengujian kontinyu tanpa beban adalah 85,4 dB dan ada beban adalah 96,7 dB.

5. Notasi

D_2	lebar, tinggi, dan panjang pisau	[m]
N_e	Jumlah putaran	
Δ_t	waktu yang di butuhkan pisau untuk cacahan	[s]
D_{pc}	Diameter minimum hasil cacahan	[m]
M	kapasitas pada mesin	[kg.m/s]
N	beban pada mesin	[kg.m/s]
v	kebisingan pada mesin	[Hz]

6. Daftar pustaka

- [1] Irvine, International Polymer Solution .Inc, [www/ipolymer.com](http://www.ipolymer.com) Diakses pada 22 Februari 2021.
- [2] Material Akrilik. Tersedia di : <https://www.arsitag.com/article/mengenal-akrilik> Diakses pada 22 Februari 2021. [3] Crawford, RJ. "*Plastic Engineering*". Third Edition. Amsterdam: Pergamon Press, 1987.
- [4] Zulfikar. M. H. A. *Perancangan Alat Daur Ulang Limbah Akrilik Skala Industri Kecil Dengan Metode Pemanas*, Tugas Akhir S1 Teknik Mesin Itenas, 2021.
- [5] Prakoso. Dimas, *Pembuatan Alat Daur Ulang Limbah Akrilik Skala Industri Kecil Dengan Metode Pemanas*, Tugas Akhir S1 Teknik Mesin Itenas, 2021.
- [6] Ramadan. Rizal, *Modifikasi dan Pengujian Mesin Pencacah Plastik Jenis PET*, 2018.
- [7] Anggraeni N. D., dkk. *Modification of Counter Machine Type PET (Polyethylene terephthalate)*, PMT-21, 124-128, 2018.
- [8] Saputra. W. A. *Modifikasi Pisau dan Pengujian Pada Mesin Pencacah Plastik Tipe Crusher*, Tugas Akhir S1 Teknik Mesin Itenas, 2020.
- [9] Marwan. R. A. R. *Pengujian Mesin Pencacah Limbah Akrilik Tipe Crusher 9 Pisau*, Tugas Akhir S1 Teknik Mesin Itenas, 2021.