

## Rekayasa dan Pembuatan Mesin Pencacah Sampah Organik *Dual Function* untuk Mendukung Sistem Konversi Limbah Organik menjadi Biogas

Suparni Setyowati Rahayu<sup>1</sup>, Gatot Santoso<sup>2</sup>, Samuel Kristiyana<sup>2</sup>, Anak Agung Putu Susastriawan<sup>3\*</sup>, Satriawan Dini Hariyanto<sup>3</sup>, Dewi Wahyuningtyas<sup>4</sup>, Wisnu A. Pamungkas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Terapan, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND

Jl. Kalisahak No. 28 Komplek Balapan Yogyakarta 55222

\*E-mail: agung589E@akprind.ac.id

Diterima: 19-11-2022; Direvisi: 24-03-2023; Dipublikasi: 20-04-2023

### Abstrak

Sampah saat ini menjadi permasalahan krusial, karena tidak semua sampah terkelola dengan baik. Sampah organik berpotensi digunakan sebagai bahan baku produksi biogas. Sebelum proses fermentasi produksi biogas dalam digester, perlu adanya proses pencacahan sampah organik dengan bantuan mesin pencacah dan penggiling. Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancang bangun mesin yang memiliki fungsi sebagai penacah dan penggiling sampah organik untuk mendukung proses pengolahan sampah menjadi biogas. Penelitian dilakukan dengan pembuatan gambar design, fabrikasi, pengujian unjuk kerja, dan analisa unjuk kerja mesin. Penelitian ini menghasilkan mesin pengolahan sampah organik yang dapat berfungsi dengan baik untuk pencacahan menggunakan pisau dan penggilingan menggunakan *screw*. Mesin memiliki pengerak motor bensin 5,5 HP dengan sistem transmisi dua jalur, masing-masing ke penggiling dan perajang. Sistem transmisi pencacah memiliki ukuran pulley diameter 2 inch dan pulley 3 inch terpasang pada pencacah dengan hasil putaran 2400 rpm. Sistem transmisi penggiling menggunakan diameter pulley 12 inch dengan putaran 600 rpm. Kapasitas mesin adalah 150 kg/jam dengan ukuran hasil perajangan 1 cm. Mesin dapat digunakan dengan baik dan mudah pengoperasiannya dengan efisiensi 80% serta dengan penggunaan mesin dual function tersebut, produktivitas perseiapan feedstock digester biogas meningkat sebesar 33,33%.

**Kata kunci:** fungsi ganda; mesin; penggiling; perajang; sampah organik

### Abstract

*In recent years, domestic carbage become a serious problem since not all waste is managed properly. The organic waste has a potential as a feedstock for biogas production. Before the fermentation process of biogas production, it is necessary to enumerate organic waste with the help of a multi-function chopper. In the present work, dual function machine (chopping and milling process) is designed and fabricated. The machine is driven with a 5.5 HP gasoline engine with a two-way transmission system connecting to each process. The first line transmission system on the chopping with a pulley size of 2 inch diameter, two grooves mounted on the motor and a 3 inch pulley mounted on the chopper axis with a rotation speed of 2400 rpm. The second line transmission system on the milling uses a 12 inch diameter pulley with a rotation of 600 rpm. The test results show that the capacity of the machine was 150 kg/h with 1 cm chopping size. The machine is easily used, has an efficiency of 80%, results in increasing biogas production about 33.33%.*

**Keywords:** Dual-function; chopper; machine; milling; organic waste,

### 1. Pendahuluan

Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan tahun 2020 timbunan sampah di Indonesia mencapai 72 ton per tahun. Belum semua sampah terkelola dengan baik, masih ada sekitar 36% atau sekitar 9 juta ton sampah yang tidak terkelola setiap tahunnya. Jenis sampah yang mendominasi timbunan sampah di Indonesia adalah sampah rumah tangga, yaitu 32%. Meninjau dari pertumbuhan jumlah penduduk dan jumlah sampah yang semakin meningkat mengharuskan adanya sebuah teknologi dimana sampah tersebut dimanfaatkan atau diolah kembali untuk dijadikan biogas atau biasa disebut EBT (Energi Baru Terbarukan). Biogas adalah gas mudah terbakar yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik oleh bakteri anaerob. Dengan kandungan utama berupa gas metana, biogas mempunyai potensi yang sangat besar untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif [1].

Biogas sebagai sumber energi terbarukan tidak hanya mampu menghadapi masalah penyediaan energi tetapi juga mampu mengatasi masalah pencemaran limbah ke lingkungan [2]. Sampah organik domestik memiliki rasio C/N sekitar 63,13%. Semakin tinggi rasio C/N limbah, semakin cocok limbah untuk pembangkitan biogas melalui pencernaan anaerobik [3, 4]. Dalam beberapa tahun terakhir, penerapan biodigester dalam konversi biomassa meningkat karena kebutuhan akan produksi energi terbarukan yang lebih banyak dan solusi pengurangan limbah yang berkelanjutan [5].

Berdasarkan desain dan konstruksinya, digester biogas dapat dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu sistem pasif, sistem laju rendah, dan sistem laju tinggi. Sistem pasif didefinisikan sebagai tanaman di mana unit pemulihan biogas ditambahkan ke komponen pengolahan kotoran atau pencernaan limbah yang ada [6]. Sistem laju rendah didefinisikan sebagai sistem di mana bahan baku disimpan dalam digester untuk waktu yang lama (biasanya 10-30 hari) untuk memaksimalkan hasil biogas [7]. Sistem ini dapat beroperasi baik dalam kisaran suhu mesofilik maupun termofilik. Sementara itu, sistem laju tinggi adalah sistem di mana fraksi densitas energi rendah dari bahan baku cair berada di dalam digester dalam waktu singkat, sedangkan padatan ditahan lebih lama [6]. Hal ini memberikan konsentrasi mikroorganisme yang lebih besar dalam reaktor per unit volume daripada yang mungkin terjadi, sehingga mengurangi waktu retensi, yaitu kurang dari 10 hari [8]. Pemilihan jenis sistem tersebut berdasarkan lokasi geografis, bahan baku yang tersedia, kondisi iklim dan maksud keseluruhan dari penggunaan reaktor [9,10].

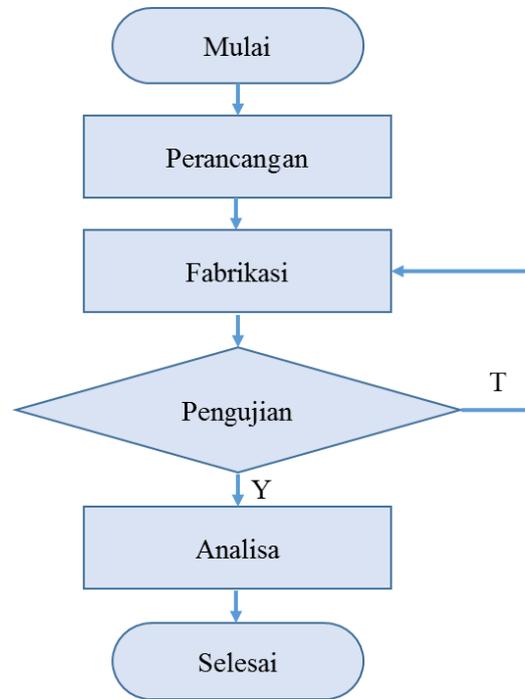
Ada beberapa parameter operasi harus diperhatikan dengan baik untuk mendapatkan hasil biogas yang baik. Naik dkk. [11] mengungkapkan bahwa ada empat faktor kunci yang mengatur produktivitas dan stabilitas produksi biogas, yaitu variabilitas bahan baku, waktu retensi, suhu dan keasaman sistem. Ukuran bahan baku yang lebih kecil menghasilkan hasil biogas yang lebih tinggi daripada ukuran yang lebih besar. Aktivitas biologis meningkat seiring dengan berkurangnya ukuran bahan baku yang disebabkan oleh peningkatan luas permukaan [12, 13]. Dalam kaitannya dengan persiapan sampah sebelum dimasukkan ke dalam digester, diperlukan mesin yang dapat merajang sampah menjadi ukuran yang diinginkan.

Beberapa design dan konstruksi model mesin perajang maupun penggiling telah dilaporkan sebelumnya. Mesin penghancur tulang ikan kapaistas 3 kg dengan penggerak mesin diesel 8 HP telah berhasil dibuat oleh Sutrisno, dkk [14]. Kombinasi antara *screw*, pisau putar dan pisau tetap pada dinding silinder mampu menghancurkan tulang ikan sampai halus. Mesin pencacah multi sampah dengan menggunakan motor bensin 6,5 HP telah dibuat oleh Harmawan, dkk. [15] Performa mesin tersebut dilaporkan mampu mencacah selama 5 menit dengan putaran mesin 140 rpm, 180 rpm, 220 rpm dengan bahan uji sampah kertas HVS (8 mm), sampah botol plastic (600 ml) dan kayu tripleks (6 mm). Sementara itu, Afizah, dkk. [16] membuat rancang bangun mesin *dual function waste chopper* dengan motor listrik 7,5 HP. Prosesnya dibagi menjadi dua yaitu proses perajangan sampah organik dan perajangan sampah anorganik. Proses perajangan pada sampah organik menggunakan 24 buah mata pisau sedangkan untuk plastik menggunakan 2 buah mata pisau dimana keduanya digerakkan secara bersamaan melalui tiga transmisi. Dilaporkan bahawa kapasitas untuk perajang sampah organik 1200 kg/jam dengan putaran 372 rpm sedangkan untuk plastik 20 kg/jam dengan kecepatan putaran 297,4 rpm.

Selama ini sampah organik hanya dimasukkan begitu saja kedalam digester biogas tanpa memperhatikan ukuran dari sampah tersebut. Sehubungan dengan faktor ukuran feedstock digester, maka dalam penelitian ini dibuat rancang bangun mesin perajang sekaligus penggiling (*dual function*) untuk proses perajangan dan penggilingan sampah organik sayuran sebelum digunakan sebagai feedstock digester KPP Ngawu Asri. Dari beberapa rancangan mesin pengolah sampah yang telah ada, belum ada mesin yang memiliki kemampuan untuk merajang sekaligus menggiling sampah organik untuk membantu proses pengolahan sampah menjadi biogas. Sehingga dalam penelitian ini dilakukan rancang bangun dan fabrikasi mesin fungsi ganda merajang dan menggiling.

## 2. Material dan Metodologi

Penelitian ini dibagi menjadi tahap perancangan, fabrikasi, pengujian, dan analisa seperti tampak dalam Gambar 1. Fabrikasi mesin dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.



**Gambar 1.** Tahapan penelitian

Dalam tahap perancangan dilakukan perhitungan daya penggerak, panjang v-belt, dan diameter poros. Persamaan (1) –(3) digunakan untuk merencanakan daya penggerak yang dibutuhkan, panjang v-belt, dan diameter poros perajang dan penggiling. Dalam tahap ini juga dilakukan pemilihan material yang sesuai.

$$P = T \times V \quad (1)$$

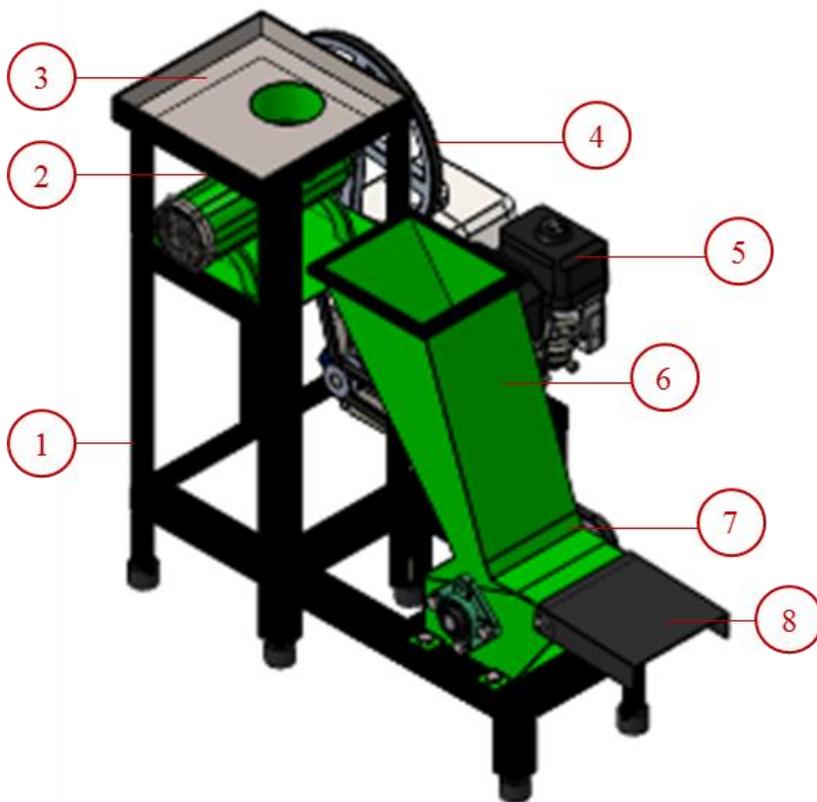
$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (dp + Dp) + \frac{1}{4C} (Dp - dp)^2 \quad (2)$$

$$d_s = \left[ \frac{5,1}{\tau_\alpha} \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3} \quad (3)$$

Fabrikasi mesin dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, yang dilanjutkan dengan pengujian lapangan di KPP Ngawu Asri Kalurahan Ngawu, Kecamatan Playen, Kabupaten Gunung Kidul.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 2 menampilkan gambar 3D mesin perajang dan penggiling sampah organik hasil dari penelitian ini. Mesin berhasil difabrikasi dan diuji coba untuk penggilingan dan perajangan sampah organik berupa limbah sayur sayuran dari pedagang sayur di kalurahan Ngawu, Playen, Gunung Kidul, D.I. Yogyakarta. Sedangkan Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dan material dari mesin tersebut. Mesin memiliki panjang 770 mm, lebar 550 mm, dan tinggi 800 mm. Penggerak menggunakan mesin bensin 5,5 HP. Kapasitas mesin actual adalah 60 kg/jam dengan ukuran rajangan rata rata 10 mm.



Keterangan:

1. Rangka
2. Penggiling
3. Hopper pengiling
4. Trasmisi Pulley-V Belt
5. Penggerak
6. Hopper perajang
7. Perajang
8. Outlet perajang

**Gambar 2.** Gambar 3D mesin

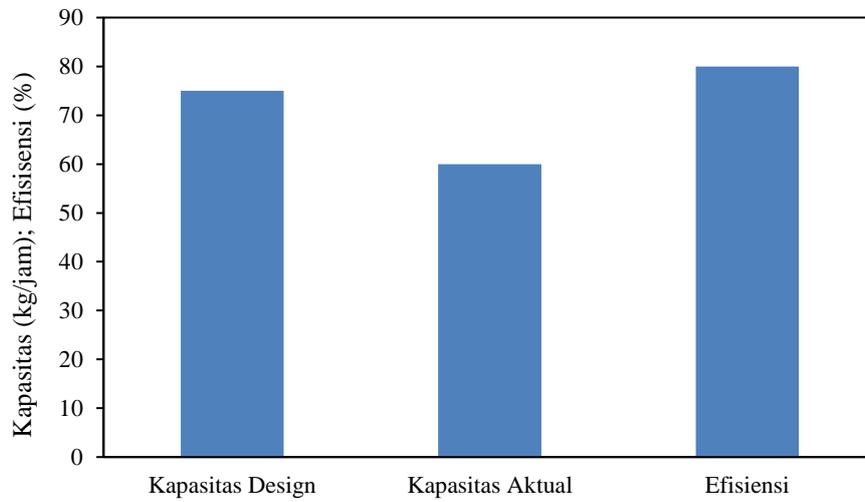
**Tabel 1.** Spesifikasi mesin

| No | Spesifikasi            | Keterangan          |
|----|------------------------|---------------------|
| 1  | Dimensi p x l x t (mm) | 770 x 550 x 800     |
| 2  | Kapasitas mesin        | 60 kg/jam           |
| 3  | Penggerak              | Motor Bensin 5,5 HP |
| 4  | Material poros         | ST 37               |

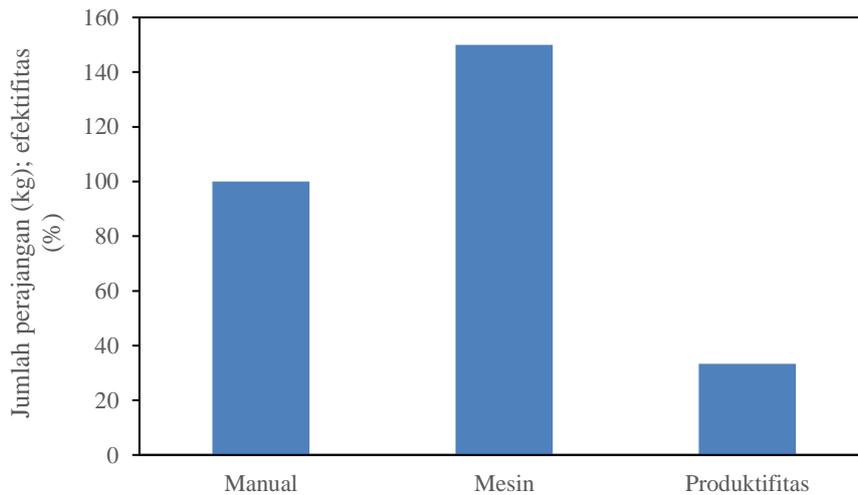
Dari data penggunaan mesin di KPP Ngawu Asri, Playen, Gunung Kidul, didapatkan bahwa mesin dapat digunakan secara bersamaan untuk menggiling sekaligus merajang limbah sayuran. Hasil rajangan memiliki ukuran rata-rata 10 mm sehingga dapat mempercepat proses pembentukan biogas di gester. Gambar 3 menampilkan perbandingan kapasitas design mesin dengan kapasitas aktual mesin. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa kapasitas perajangan dan penggilingan adalah 60 kg/jam. Jika kapasitas aktual tersebut dibandingkan dengan kapasitas design mesin sebesar 75 kg/jam, maka didapatkan efisiensi mesin sebesar 80%. Adanya penurunan kapasitas aktual dari kapasitas design mesin disebabkan karena adanya faktor slip pada transmisi daya dari penggerak ke poros perajang dan poros penggiling, serta adanya jeda waktu untuk proses loading sampah ke hopper.

Dari hasil penggunaan mesin di KPP Ngawu Asri, dapat diketahui pula bahwa produktifitas kerja persiapan feedstock meningkat sebesar 33.33% setelah menggunakan mesin perajang dan penggiling jika dibandingkan dengan persiapan secara manual seperti ditunjukkan oleh Gambar 4. Perajangan secara manual untuk 2,5 jam mampu merajang 100 kg sampah sayuran, sedangkan untuk 2,5 jam perajangan dengan mesin dapat menghasilkan rajangan sebanyak 150

kg. Dengan penggunaan mesin hasil rancang bangun ini sangat membantu proses pengolahan sampah organik menjadi potongan-potongan kecil sehingga saat digunakan sebagai feedstock digester biogas, proses pembentukan biogas menjadi lebih singkat karena reaksi pembentukan biogas berlangsung lebih cepat dengan ukuran feedstock yang lebih kecil.



**Gambar 3.** Kapasitas dan efisiensi



**Gambar 4.** Jumlah perajang per 2.5 jam dan produktifitas

#### 4. Kesimpulan

Mesin *dual function* perajang dan penggiling sampah organik berhasil difabrikasi dan digunakan oleh KPP Ngawu Asri Playen Gunung Kidul. Mesin memiliki dimensi panjang 770 mm, lebar 550 mm, dan tinggi 800 mm. Penggerak menggunakan mesin bensin 5,5 HP dengan menggunakan sistem transmisi pulley-V belt. Dari data uji di lapangan dapat disimpulkan bahwa mesin dapat digunakan dengan baik dan mudah pengoperasiannya dengan efisiensi 80% serta dengan penggunaan mesin *dual function* tersebut, produktivitas persiapan feedstock digester biogas meningkat sebesar 33,33%.

#### Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Kemdikbudritek yang telah mendanai kegiatan ini melalui Program Pilot Project KOSABANGSA tahun 2022. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Tim

Pendamping dari UNS (Dr. Suminah, M.Si., Dr. Edi Kurniadi, M.Pd., Dr. Ir. Joko Riyanto, M.P.), Ketua LPPM UNS (Prof. Dr. Okid Parama Astirin, M.S.), dan Ketua LPPM IST AKPRIND (Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.T.) yang telah berkenan mendampingi kegiatan KOSABANGSA ini mulai dari pengusulan proposal, monitoring, sampai pelaporan.

#### Daftar Pustaka

- [1] Megawati, M. Pengaruh Penambahan Em4 (Effective Microorganism-4) Pada Pembuatan Biogas Dari Eceng Gondok Dan Rumen Sapi. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 2014; 3(2): 42–49
- [2] Sari A.I., Suwanto, Suminah, Purnomo S.H. Community Participation in Utilizing Livestock Waste Biogas to Support Sustainable Energy Development. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 2022; 17 (3): 841-848.
- [3] Damanhuri T.P., Hakim N., Nurtiono S. The Role Effluent Resirculation in Increasing Efficiency of Straw. *Proceeding of the Indonesion Biotechnology Conference*. 2015; February: 102 -116.
- [4] Chong, Siewhui, Sen T.K, Kayaalp A., Ang H.M. The Performance Enhancements of Up/low Anaerobic Sequenching Batch (AnSBR). 2012
- [5] O’Connor, S., Ehimen, E., Pillai, S. C., Black, A., Tormey, D., & Bartlett, J. (2021). Biogas production from small-scale anaerobic digestion plants on European farms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021; 139: 110580.
- [6] Hamilton D.W. Types of anaerobic digesters - anaerobic digestion course series. 2007
- [7] Tchobanoglous G, Burton FL, Stensel D. *Wastewater engineering: treatment and reuse*. McGraw-Hill Education. Inc M&E, 2003. Burton FL.
- [8] Tauseef S.M, Abbasi T, Abbasi SA. Energy recovery from wastewaters with high-rate anaerobic digesters. *Renew Sustain Energy Rev*. 2013; 19:704–41.
- [9] Fagbohunge M.O. *Optimisation of small-scale anaerobic digestion technology*. 2015. Lancaster University.
- [10] Wilkie A.C. Anaerobic digestion of dairy manure: design and process considerations. *Dairy manure manag. Treat. Handl. Community relations, natural resource. Agriculture, and Engineering Service*. 2005: 301–312.
- [11] Naik, L., Gebreegziabher, Z., Tumwesige, V., Balana, B. B., Mwirigi, J., & Austin, G. Factors determining the stability and productivity of small scale anaerobic digesters. *Biomass and Bioenergy*. 2014; 70:51–57.
- [12] Igoni A.H., Abowei M.F.N., Ayotamuno M.J., Eze C.L. Effects of municipal solid waste on the biogas produced in an anaerobic continuous digester, 2011; <http://www.cigrjournal.org/index.php/>
- [13] Agwunwamba J.C. *Waste and engineering management tools*. 1<sup>st</sup> ed. Nigeria, 2001; Immaculate Publication Ltd.
- [14] Sutrisno, M. A., Subastyan, R. E. S. T., Nadirsyah, Z. Modifikasi rancang bangun mesin penghancur tulang ikan untuk meningkatkan kapasitas produksi dengan daya 8 HP. 2017: Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Politeknik Negeri Semarang.
- [15] Harmawan, M. R. Rancang bangun mesin pencacah multi sampah dengan daya motor bensin 6,5 HP. 2020: Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Politeknik Negeri Surabaya.
- [16] Afizah, Bella N.T, Miftachul M, Munir, R. I. Perancangan Mesin *Dual Function* Waste Chopper. *Journal Teknik*. 2020; 2654–8631, 55–58