

Rancang Bangun Sistem Transmisi *Belt* dan *Pulley* Pada Mesin *Crusher* Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE)

Ganjar Pramudi^{1,*}, Alif Sebrio Wibowo²

¹Manufacturing Engineering Technology, Vocational School, Universitas Sebelas Maret
Jl. Kolonel Sutarto 150K, Jebres, Surakarta 57126

²Mechanical Engineering, Vocational School, Universitas Sebelas Maret
Jl. Kolonel Sutarto 150K, Jebres, Surakarta 57126
Email korespondensi: ganjar.pramudi@staff.uns.ac.id

Abstrak

Plastik High Density Polyethylene (HDPE) merupakan salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan seperti untuk botol, wadah, dan pipa. Namun, sampah plastik HDPE menjadi masalah lingkungan yang signifikan jika tidak dikelola dengan baik. Mesin crusher plastik HDPE adalah alat yang digunakan untuk mencacah sampah plastik HDPE menjadi serbuk halus sehingga memudahkan proses daur ulang dan pemanfaatannya untuk material komposit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun mesin crusher plastik HDPE yang efisien dan efektif. Mesin crusher plastik HDPE dirancang dengan menggunakan pisau putar dan rangka baja. Pisau putar terbuat dari bahan yang keras dan tajam, sedangkan rangka baja digunakan untuk menopang bodi dan motor penggerak. Motor penggerak 3 HP dengan kecepatan 1400 RPM. Transmisi yang digunakan berupa sabuk dan puli. Cara kerja mesin dimulai dari penggerak utama motor listrik 3 HP ditransmisikan ke poros pisau penghancur. Mesin crusher plastik HDPE diuji langsung menggunakan cacahan plastik HDPE. Pengujian dibagi menjadi 2 jenis yaitu pengujian tanpa plastik HDPE dan dengan plastik HDPE. Pengujian menghasilkan serbuk halus sebanyak 100 gram selama 30 menit. Transmisi sabuk dan puli mendapatkan tegangan maksimum sebesar 216.5 N dan tegangan yang bekerja sebesar 176.4 N.

Kata kunci: Mesin Crusher, Plastik HDPE, Belt dan Pulley, Perancangan

Abstract

High-Density Polyethylene (HDPE) plastic is one of the most widely used types of plastic, commonly found in products such as bottles, containers, and pipes. However, if not managed properly, HDPE plastic waste poses a significant environmental challenge. An HDPE plastic crusher machine is a tool designed to shred HDPE plastic waste into fine powder, facilitating recycling and its use in composite materials. The objective of this research is to design and construct an efficient and effective HDPE plastic crusher machine. The HDPE plastic crusher machine features a rotary knife and a robust steel frame. The rotary blade is crafted from a hard, sharp material, while the steel frame provides support for the machine's body and drive motor. The machine is powered by a 3 HP electric motor operating at a speed of 1400 RPM. Power transmission is achieved through a belt and pulley system. The machine functions by transferring power from the main 3 HP electric motor to the shaft of the crusher knife. Direct testing of the HDPE plastic crusher machine was conducted using shredded HDPE plastic. The testing process was divided into two types: one without HDPE plastic and one with HDPE plastic. The results indicated that the machine produced 100 grams of fine powder in 30 minutes. The belt and pulley transmission system demonstrated a maximum tension of 216.5 N and a working tension of 176.4 N.

Keywords: Crusher Machine, HDPE Plastic, Belt and Pulley, Design

1. Pendahuluan

Saat ini, kebutuhan hidup masyarakat banyak tergantung kepada plastik karena bahan plastik ini mudah didapat dan harganya terjangkau. Salah satu bahan plastik adalah jenis High Density Polyethylene (HDPE) yang merupakan polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi [1]. Plastik jenis ini memiliki sifat tidak transparan, tidak tembus air, tidak berbau, tahan panas dan benturan. Penggunaan plastik ini banyak dijumpai di masyarakat Indonesia seperti pada penggunaan botol sampo dan botol minuman berpotensi menjadi sampah plastik di masyarakat

yang memiliki dampak pada kesehatan, pencemaran dan ekosistem lingkungan [2].

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang dialami oleh berbagai negara, khususnya di Indonesia karena sifatnya yang sulit diurai, namun keberadaannya semakin meningkat setiap tahun. Sekarang, penanggulangan sampah plastik masih menggunakan cara tradisional seperti ditimbun, dibakar, atau dibuang ke laut [3]. Penggunaan metode tersebut dapat menyebabkan pencemaran tanah, polusi udara, kesehatan pernafasan dan tanpa sadar dikonsumsi oleh hewan-hewan di lautan sehingga

hewan tersebut mengalami kematian akibat sampah plastik tersebut [4]

Pada permasalahan di atas, sampah plastik berjenis HDPE yang jumlahnya meningkat setiap tahunnya dapat dimanfaatkan sebagai material komposit. Penggunaan material komposit dengan bahan HDPE memerlukan bahan HDPE yang berbentuk serbuk [5]. Saat ini, masih banyak menggunakan mesin penggiling tepung dalam mencacah plastik HDPE. Penggunaan mesin tersebut tidak efektif karena memiliki kekurangan yaitu panas yang berlebih pada mesin dan pisau yang tidak cocok untuk penghancur plastik. Karena kekurangan tersebut mesin penggiling tepung tidak bisa menghasilkan serbuk halus yang maksimal [6].

Mesin penggiling tepung yang digunakan untuk menggiling plastik tidak efektif karena menyebabkan hasil yang tidak maksimal seperti cacahan plastik yang menggumpal, pisau tidak cocok dan serbuk yang dihasilkan sangat sedikit [7]. Karena permasalahan tersebut, maka dirancanglah mesin crusher atau penghancur plastik HDPE. Mesin ini akan menghasilkan plastik HDPE menjadi serbuk halus guna penggunaannya dalam material komposit. Tentunya guna menanggulangi permasalahan yang ada pada mesin penggiling tepung, dirancang kembali dengan mengganti pisau agar hasil cacahan dapat maksimal dan menggunakan motor listrik dengan daya rendah sehingga dapat menghemat cost produksi [8].

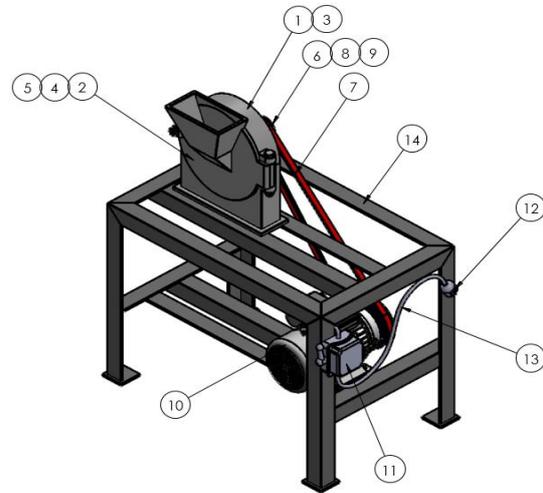
Perancangan mesin crusher plastik HDPE ini menggunakan sistem transmisi puli sebagai penggerakannya [9]. Pully dipilih karena memiliki keunggulan di antaranya yaitu tidak mudah terjadi slip, akurasi torsi yang bagus dan dapat meminimalisir getaran sehingga mesin crusher plastik HDPE dapat menghasilkan serbuk halus secara efektif [10]. Transmisi puli berperan penting dalam meneruskan daya dari motor listrik menuju pisau. Oleh karena itu, sistem transmisi puli memerlukan analisis dan perhitungan dalam perancangannya, sehingga mesin dapat berjalan maksimal

2. Metode

Mesin *Crusher* plastik HDPE merupakan mesin yang berfungsi untuk mencacah atau menghancurkan sampah plastik berbahan HDPE menjadi serbuk halus yang digunakan untuk pembuatan material komposit [11]. Cara kerja mesin *Crusher* HDPE dimulai dari penggerak utama yaitu motor listrik dengan daya 3 HP dan kecepatan putaran *drive* 1400 RPM yang ditransmisikan oleh puli dan sabuk yang terhubung dengan poros pisau pencacah. Penggunaan poros pisau pencacah dan poros pada motor listrik memiliki perbandingan 1:1 dengan keduanya memiliki diameter yang sama yaitu 28 mm [12].

Transmisi puli dan sabuk merupakan salah satu komponen utama dari mesin *crusher* plastik HDPE.

Sistem transmisi puli dan sabuk yang digunakan pada mesin *crusher* berfungsi untuk meneruskan daya dari motor listrik menuju poros pisau pencacah [13]. Rancangan design mesin *crusher* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Design Perancangan Mesin Crusher

Keterangan :

1. Bodi mesin
2. Penutup bodi
3. *Pully*
4. Sabuk
5. Pisau penghancur
6. Pisau penutup
7. Poros pisau
8. Saringan
9. Bearing
10. Handle starter
11. Steker
12. Kabel
13. Motor Listrik
14. Rangka

Hasil dari rancangan mesin *crusher* disajikan pada Gambar 2 dan 3. Gambar 2 merupakan hasil mesin *crusher* tampak dari bagian depan. Sedangkan bagian belakang mesin *crusher* yang merupakan rancangan sabuk dan pully disajikan pada gambar 3.



Gambar 2. Mesin Crusher Tampak Depan



Gambar 3. Belt dan Pulley Mesin Crusher

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Daya

Pada pembuatan mesin crusher plastik HDPE, motor listrik yang digunakan adalah motor listrik dengan daya 3 HP. Oleh karena itu, pada proses perancangan mesin crusher plastik HDPE menggunakan motor listrik 3 HP (2237.1 Watt) 3 Phase sebagai penggerak. Motor listrik tersebut mempunyai kecepatan atau N1 sebesar 1420 RPM. Kecepatan putar mesin dirancang guna meningkatkan tingkat efektifitas dari mesin. Perhitungan berikut ini dapat digunakan untuk mengetahui daya dari motor listrik.

$$\text{Daya motor listrik (P)} = 2237.1 \text{ Watt}$$

$$\text{Kecepatan putar motor (N1)} = 1420 \text{ RPM}$$

Berdasarkan daya dan kecepatan putar motor listrik, torsi dari motor listrik dapat dicari dengan perhitungan berikut:

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot N \cdot r} \quad (1)$$

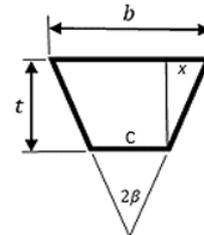
$$= \frac{2237,1 \text{ Watt} \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 1420 \text{ rpm}} = 15,051 \text{ N.m}$$

Jadi motor listrik 3 HP dengan kecepatan putar 1420 Rpm menghasilkan torsi sebesar 15,051 N.m.

3.2 Perancangan Sabuk dan Puli

Sistem transmisi yang digunakan sebagai penghubung motor listrik ke poros pisau pencacah pada mesin crusher ini adalah jenis transmisi puli dan sabuk. Puli yang digunakan ada 2 buah dengan jenis single groove pulley yang mempunyai rasio 1:2. Ukuran puli sudah ditentukan yakni menggunakan puli dengan diameter 150 mm untuk motor listrik dan 75 mm untuk poros pisau pencacah. Untuk mengetahui jenis sabuk yang digunakan dapat dicari dengan menggunakan parameter daya yang terdapat pada motor listrik. Daya yang digunakan pada motor listrik adalah 3 HP (2237.1 Watt) [14]. Dari tabel tersebut, maka jenis

sabuk yang tepat adalah jenis sabuk tipe B. Perhitungan puli dan sabuk pada mesin crusher plastik HDPE dimulai dengan menghitung luas penampang dari sabuk yang digunakan [15]. Luas penampang sabuk dapat dicari dengan sketsa penampang sabuk yang digunakan pada gambar 4.



Gambar 4 . Penampang Sabuk

Dari dimensi standar sabuk tipe B, maka didapatkan parameter yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Parameter Dimensi Sabuk Tipe B

| Keterangan dan Notasi | Data |
|-------------------------------|-------|
| Tebal sabuk (t) | 11 mm |
| Lebar sabuk (b) | 17 mm |
| Sudut alur sabuk (2β) | 38 |

Sebelum mencari luas penampang dari sabuk tipe B, lebar sisi bawah C harus dicari terlebih dahulu, selanjutnya baru dicari luas penampang dengan menjumlahkan lebar sisi atas (b) dengan sisi bawah (C) dibagi 2 lalu dikalikan dengan tebal sabuk. Perhitungan luas penampang sabuk tipe B ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. Perhitungan Luas Penampang Sabuk Tipe B

| | |
|----------------------------------------|-----|
| Sisi (x) | |
| $\tan \frac{1}{2} \beta = \frac{x}{t}$ | (2) |
| $\tan \frac{1}{2} 38 = \frac{x}{17}$ | |
| $x = 3.7 \text{ mm}$ | |
| Lebar sisi bawah (C) : | |
| $C = b - 2x$ | (3) |
| $C = 17 - 2 \cdot 3,7$ | |
| $C = 9.6 \text{ mm}$ | |
| Luas penampang (A): | |
| $A = \frac{1}{2} (b + c)t$ | (4) |
| $A = \frac{1}{2} (17 + 9.6)11$ | |
| $A = 106.4 \text{ mm}^2$ | |

Setelah menghitung luas penampang sabuk, selanjutnya menghitung massa sabuk. Massa sabuk dapat dicari menggunakan parameter panjang sabuk (L), luas penampang sabuk (B) dan massa jenis sabuk (P_{belt}). Parameter yang digunakan untuk mencari panjang sabuk dan massa sabuk yaitu : jari-jari puli *driver*, jarak antar poros dan massa sabuk. Berikut perhitungan massa sabuk :

Jarak (x)

$$x = \frac{D \pm \sqrt{b^2 - Dp - dp}^2}{8} \quad (5)$$

$$= 2.493 + \frac{\sqrt{(2.493,5)^2 + (75 - 150)^2}}{8}$$

$$= \frac{2.493,5 + 2484,96}{8} = 624,745$$

Panjang Sabuk (L) :

$$L = \pi(r_2 + r_1) + 2x + \frac{(r_2 + r_1)^2}{x} \quad (6)$$

$$= 3.14(74 + 37.5) + 2.624 + \frac{(75 - 37,5)^2}{624}$$

$$= 352.25 + 1.248 + 2.25$$

$$L = 160.35 = 1600 \text{ mm}$$

Massa Sabuk (M):

$$M = A.L.P \text{ rubber} \quad (7)$$

$$M = 0.0001064.16.1140 = 0,194 \text{ Kg}$$

Setelah menghitung massa sabuk selanjutnya menghitung tegangan sisi pada kencang dan sisi kendur yang terjadi pada sabuk. Tegangan pada sisi kencang dan sisi kendur sabuk dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

Kecepatan Linier Sabuk (V)

$$V = \frac{\pi.D.N}{60} \quad (8)$$

$$= \frac{3,14.0,15 \text{ m}. 1420 \text{ rpm}}{60} = \frac{668.82}{60}$$

$$= 11,147 \text{ m/s}$$

Nilai Sudut (α) :

$$\sin \alpha = \frac{D_2 - D_1}{x} \quad (9)$$

$$= \frac{0,075 - 0,375}{624}$$

$$= 6,897^\circ$$

Sudut Kontak Puli (θ):

$$\theta = 180^\circ - 2\alpha = 180 - 2.6,897 \quad (10)$$

$$= 180 - 13,194 = 166,206^\circ$$

$$= 166,206^\circ \times \frac{\pi}{180} = 2,89 \text{ rad}$$

Tegangan Centrifugal Sabuk (T_c)

$$T_c = M.V^2$$

$$= 0,194 \times (11,147)^2 = 24,105 \text{ N}$$

Rasio Tegangan Sisi Kencang dan Kendur

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)$$

$$2.3 \text{ Log} \left(\frac{T_1}{T_2}\right) \cdot v \cdot \theta \cdot \text{Cosec} \beta$$

$$= 0,28.2,89. \text{Cosec} 19^\circ$$

$$= 0,8092 \times 3,0715 = 2,485 \text{ N}$$

$$\text{Log} \left(\frac{T_1}{T_2}\right) = \frac{2,485}{23}$$

$$= 1,0804 \rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 12,03 \text{ (Antilog 1,0804)}$$

Tegangan Sisi Kendur Sabuk (T_2)

$$P = (T_1 - T_2) \cdot V$$

$$2237,1(12,03 T_2 - T_2)11.147$$

$$200,6 = 12,03 T_2$$

$$T_2 = \frac{200,6}{12,03} = 16 \text{ N}$$

Tegangan Sisi Kencang Sabuk (T_1)

$$T_1 = 12,03 \times T_2$$

$$= 12,03.16 = 192,48 \text{ N}$$

Tegangan Maksimum Sabuk (T)

$$T = T_1 + T_c$$

$$= 192,48 + 24,105 = 216,5 \text{ N}$$

Kemudian, menghitung jumlah sabuk dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Tegangan Pada Sabuk (T}_{wk}\text{)} \quad (16)$$

$$T_{wk} = T_1 - T_2$$

$$= 192,48 - 16 = 176,4 \text{ N}$$

$$\text{Tegangan Tarik pada Sabuk } (\sigma_{wk}) : \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{wk} &= \frac{T}{A} \\ &= \frac{216,5}{106,4} = 2,03 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien gaya Gesek Sabuk } (\mu) : \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,54 - \frac{42,6}{1526,67 + 11,147} \\ &= 0,54 - 0,26 = 0,28 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Sabuk} \quad (19)$$

$$= (T_1 - T_2) \cdot V^2$$

$$= (192,48 - 16) \cdot 11,147$$

$$176,48 \cdot 11,147 = 1967,22256 \text{ Watt}$$

$$= \frac{\text{Total Power Transmitted}}{\text{Power Transmitted Per Belt}}$$

$$= \frac{2237,1 \text{ Watt}}{1967 \text{ Watt}} = 1,137 \rightarrow 2 \text{ Sabuk}$$

Setelah melakukan proses perhitungan, didapatkan data sebagai acuan sistem transmisi puli dan sabuk sebagai penghubung poros motor listrik dan poros pisau. Mengacu pada perhitungan, tipe sabuk yang digunakan yaitu tipe B dengan bahan rubber serta memiliki ukuran panjang 1600 mm. Tegangan maksimum yang didapatkan (T) adalah 216,5 N. Tegangan yang bekerja pada sabuk (T_{wk}) 176,4 N. Besar tegangan yang bekerja pada sabuk (T_{wk}) lebih kecil daripada tegangan maksimal sabuk (T), oleh karena itu sistem transmisi dapat dikatakan "Aman" [16]. Tegangan tarik maksimal (σ_{wk}) 2,03 Mpa. Sabuk berbahan rubber memiliki tegangan maksimal $8,8 \text{ N/mm}^2$ kemudian dibagi dengan safety factor sebesar 2 dikarenakan jenis beban statis (Arief,2014), maka $(\sigma_{max}) \frac{8,8 \text{ N/mm}^2}{2} = 4,4 \text{ N/mm}^2$. Besar tegangan tarik yang terjadi pada sabuk sebesar (σ_{wk}) lebih kecil dari tegangan tarik maksimal sabuk (σ_{max}), ini termasuk "Aman".

Pengujian menggunakan plastik HDPE dengan waktu selama 60 menit menghasilkan serbuk halus sebanyak 100 gram seperti pada Gambar 5. Serbuk halus ini hasil akhir dari proses pengujian adalah serbuk halus plastik HDPE yang sudah melewati proses penghancuran. Saat proses pengujian slip pada sabuk dan puli sangat kecil dan tidak berpengaruh pada besarnya daya yang ditransmisikan. Perancangan sistem transmisi bergantung pada besarnya tegangan yang akan diperoleh. Besarnya tegangan yang ditanggung sistem transmisi diketahui melalui perhitungan. Tegangan sistem transmisi (T_{wk}) sebesar 176,4 N. Besar tegangan maksimum yang dapat ditanggung sistem transmisi (T) sebesar 216,5 N. Puli tipe B yang digunakan pada sistem transmisi memiliki rasio 1:2 dengan diameter *pitch* 75 mm dan 150 mm. Sedangkan untuk ukutan panjang sabuk 1600 mm.



Gambar 5. Plastik HDPE Sebelum dan Sesudah di Cacah

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari proses perancangan serta pengujian mesin crusher plastik HDPE, maka didapatkan kesimpulan bahwa sabul dan pulley pada mesin crusher dapat bekerja dengan baik. Penggunaan sistem transmisi puli dan sabuk akan membuat mesin bekerja dengan maksimal, mudah dalam perawatan dan minim suara getaran. Melalui hasil perhitungan, didapatkan data tegangan dari sistem transmisi (T_{wk}) sebesar 176,4 N dan tegangan maksimumnya (T) sebesar 216,5 N, sehingga sistem transmisi puli dan sabuk dikatakan aman dikarenakan (T_{wk}) < (T). Komponen pada sistem transmisi mesin crusher plastik HDPE memiliki ukuran diameter puli dengan rasio 1:2 dengan ukuran 150 mm pada motor listrik, 75 mm pada poros pisau, panjang sabuk (L) 1600 mm dan menggunakan sabuk dan puli tipe B dengan besar sudut alur 38° . Pengujian mesin crusher plastik HDPE menghasilkan serbuk halus sebanyak 100 gram selama 60 menit.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan fasilitas dalam menyelesaikan rancangan inii.

Daftar Pustaka

- [1] Chaoui, K., Ghabeche, W., and Azzouz, S., (2019) *STUDY OF CRUDE OIL INTERACTION WITH HIGH DENSITY*

- POLYETHYLENE PIPE SURFACE MATERIAL.*
- [2] Qomariah, N. and Nursaid, N., (2020), "Sosialisasi Pengurangan Bahan Plastik Di Masyarakat," *Jurnal Pengabdian Masyarakat Manage*, vol. 1, no. 1.
- [3] Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C. *et al.*, (2015), "Plastic Waste Inputs From Land into the Ocean," *Science*, vol. 347, no. 6223, pp. 768-771.
- [4] Subagja, R., (2018), "Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Rotor Terhadap Hasil Penghancuran Sampah Plastik Menggunakan Mesin Crusher," *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, vol. 23, no. 1, pp. 39-46.
- [5] Raharjo, W., (2015) *Sifat Tarik dan Lentur Komposit rHDPE/Serat Cantula dengan Variasi Panjang Serat.*
- [6] Masruri, A., Saleh, Z., Satria, Z. *et al.*, (2021), "Perancangan Mesin Pencacah Plastik Skala Laboratorium Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD)," *Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri; Vol 6, No 1 (2021): Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri.*
- [7] Huzein, R. and Hasballah, T., (2021), "RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH PLASTIK JENIS PET (POLYETHYLENE TEREPHTHALATE) KAPASITAS 50 KG/JAM," *Jurnal Teknologi Mesin UDA; Vol 1 No 1 (2020): DESEMBER.*
- [8] Dian Anisa Rokhmah, W. and Agung, S., (2022), "RANCANG BANGUN MESIN PENCACAH SAMPAH PLASTIK," *Steam Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 9-13.
- [9] Suhidin, I., Djatmiko, E., and Maulana, E."Perancangan Mesin Pencacah Plastik Kapasitas 75 Kg/Jam," in *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ, Jakarta, 2020*
- [10] Firmansyah, (2019) "No Rancang Bangun Alat Penghancur Sampah Botol Plastik kapasitas \pm 33 Kg/Jam," presented at the TEKNOKA,
- [11] Wensen, H. O., (2021), "Perancangan dan Uji Konstruksi Mesin Pencacah Limbah Plastik Sistem Shredded dan Pisau Pemetong Model Claw Blade," *JURNAL MASINA NIPAKE*, vol. 1, no. 1, pp. 57-68.
- [12] Aang Khunaefi, R., dudung, h., syahrul, a. *et al.*, (2023), "PERANCANGAN ULANG CONVEYOR OTOMATIS PADA MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK," *Baut Dan Manufaktur*, no. Vol 5 No 1 (2023): Jurnal Baut Dan Manufaktur Volume 5 No. 1 Tahun 2023, pp. 44-53.
- [13] Selan, R. N., Maliwemu, E. U. K., and Boimau, K., (2021), "PERANCANGAN SISTEM TRANSMISI MESIN PENCACAH SAMPAH PLASTIK DENGAN PUTARAN MESIN 2800 RPM," *Al Jazari - Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1.
- [14] Khurmi, R. S. and Gupta, J. K., (2005) *A Textbook of Machine Elements and Machines.* John Wiley & Sons, Inc.
- [15] Mott, R. L., Vavrek, E. M., and Wang, J., (2013), "Machine elements in mechanical design."
- [16] Ilhamsyah, M. F., (2020), "PERANCANGAN SISTEM TRANSMISI PADA MESIN PENCACAH LIMBAH PLASTIK TIPE SHREDDER," *Journal of Infrastrukture and Science Engineering*, vol. 3, no. 2.