

Rancang Bangun Mesin Pemipil Dan Penggiling Jagung Skala Industri Rumah Tangga

Khairani Putri¹, Ichlas Nur^{2*}, Elvis Adril³

^{1,2,3}Program Studi DIV Teknik Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

*coresponding author: ichlas@pnp.ac.id

Abstract

Looking at one of the problems in society, especially corn farmers, in terms of post-harvest management, post-harvest activities still result in quite high losses due to poor handling. Technology is an important factor in the success of corn farmers. In general, corn shellers and grinders are processed using separate machines, which causes production costs to increase and takes a long time. So the solution is to combine these two tools in one main framework as an innovation in animal feed production machines with better product quality results and increasing the marketability of corn farmers' post-harvest products. Based on the design and component calculations, the specific corn sheller and grinder machine is obtained as follows: planning capacity 81 kg/hour, using a 1.5 HP 2800 rpm motor, using 2 pulleys, namely 3 inch and 8 inch, using V-belt type A- 51 inches, and with engine efficiency of 68%.

Keywords: Corn farmers, innovation, improvement

Abstrak

Melihat salah satu permasalahan dalam masyarakat khususnya petani jagung dalam hal mengelola pasca panen, aktivitas pasca panen masih menghasilkan nilai kehilangan yang cukup tinggi dikarenakan penanganan yang kurang baik. Teknologi merupakan salah satu faktor penting keberhasilan petani jagung. Pada umumnya pemipil dan penggiling jagung diproses dengan mesin terpisah, yang menyebabkan biaya produksi semakin meningkat dan memakan waktu yang lama. Maka solusinya adalah memadukan dua alat tersebut dalam satu kerangka utama sebagai inovasi mesin produksi pakan ternak dengan hasil mutu produk yang lebih baik dan meningkatkan daya jual hasil pasca panen petani jagung. Berdasarkan rancangan dan perhitungan komponen maka diperoleh spesifik mesin pemipil dan penggiling jagung sebagai berikut: kapasitas perencanaan 81 kg/ jam, menggunakan motor penggerak 1.5 HP 2800 rpm, dengan menggunakan 2 pulley yaitu 3 inch dan 8 inch, menggunakan jenis sabuk-V tipe A-51 inch, serta dengan efisiensi mesin 68%.

Kata kunci: Petani jagung, inovasi, meningkatkan.

Diterima Redaksi : 05-06-2024 | Selesai Revisi : 05-07-2024 | Diterbitkan Online : 8-07-2024

1. Pendahuluan

Jagung merupakan tanaman serealia (kelompok sereal atau biji-bijian) utama yang paling dikenal dan memiliki nilai ekonomi tinggi. Selain itu Jagung adalah komoditi strategis bagi Indonesia karena mempunyai dimensi penggunaan yang luas seperti pakan ternak (langsung atau olahan), pangan pokok bagi sebagian penduduk dan camilan, bahan baku industri, dan energi (bioetanol) [1].

Data produksi jagung tahun 2023 yang dikeluarkan oleh Kementerian Pertanian sebesar 23,05 juta ton. Kebutuhan paling besar adalah untuk pakan ternak atau sekitar 50%, untuk konsumsi langsung sebesar 10%, untuk industri makanan sebesar 20% - 30% dan yang tercecer sekitar 3%. Besarnya kebutuhan jagung sebagai pakan ternak dikarenakan jagung memiliki 70% karbohidrat, 10% protein, 5% lemak dan kandungan pati lebih dari 60% - 80% [2], sehingga memudahkan dalam proses pencernaan. Karena

jagung memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dan sangat dibutuhkan oleh ayam, jika dibandingkan dengan dedak padi, kedelai maupun pollard maka jagung masih lebih baik dan proses penyimpanannya lebih mudah[3]. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas dan produksi jagung sangat penting untuk mendukung ketahanan pangan dan peningkatan pendapat.

Jagung yang dibuat menjadi pakan ternak hendak melewati beberapa proses produksi dengan tahapan awal memisahkan biji jagung dengan tongkolnya yang merupakan fungsi dari mesin pemipil, setelah biji jagung lepas dari tongkolnya tidak serta merta langsung diberikan pada ternak, karena sebagian bahan pokok makanan ternak maka tingkat kehalusan gilingan dari jagung sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan ternak [4][5].

Teknologi merupakan salah satu faktor penting keberhasilan petani jagung, khususnya dalam hal pengolahan pasca panen jagung. Menurutnya,

aktivitas pasca panen jagung masih menghasilkan nilai kehilangan hasil yang cukup tinggi dikarenakan penanganan yang kurang baik. Sehingga diperlukan pengendalian mutu selama proses produksi hingga produk sampai pada tangan konsumen. Pengendalian mutu jagung pada pasca panen dapat dilakukan mulai pemanenan, pengeringan awal, pemipilan, pengemasan pengeringan akhir, pengemasan dan penyimpanan [6].

Pada umumnya pemipilan dan penggilingan jagung diproses dengan mesin terpisah [7], yang menyebabkan biaya produksi semakin meningkat dan memakan waktu yang lama. Sehingga memadukan dua alat tersebut dalam satu kerangka utama sebagai inovasi mesin produksi pakan ternak dengan hasil mutu produk yang lebih baik dan meningkatkan daya jual hasil pasca panen petani jagung. Dalam pengoperasiannya, kedua mesin diposisikan sejajar dan digerakkan dengan motor listrik sebagai penggerak dan sumber energi yang ditransmisikan menggunakan pulley dan belt. Biji jagung yang telah dipipil pada mesin pemipil akan bergerak secara langsung pada hopper mesin penggiling jagung dan diproses menjadi butiran lebih kecil yang dapat disesuaikan dengan ukuran mesh butiran.

2. Metode Penelitian

Metode preparasi dan teknik pelaksanaan penelitian sesuai dengan standar penelitian [8] seperti terlihat pada gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perancangan Mesin Pemipil dan Penggiling Jagung dimulai dari menghitung gaya yang bekerja berdasarkan kapasitas yang direncanakan [9][10].

Perencanaan Kapasitas

- Panjang poros pemipil penyosoh (Pp): 40 cm
 - Lebar biji jagung (L): 0,8 cm
 - Jumlah sisi yang disosoh (s): 4 sisi
 - Putaran yang direncanakan (n): 1000 rpm
 - Berat 1000 biji jagung: 27 gr
- Jadi untuk berat 1 biji (Bj) jagung =

$$Bj = \frac{27 \text{ gram}}{1000}$$

$$Bj = 0,027 \text{ gr}$$

Setelah didapat data diatas maka untuk perhitungan kapasitas perencanaan sebagai berikut:

- Banyak jagung yang disosoh (Js)

$$Js = \frac{Pp}{l} \times s$$

$$Js = \frac{40}{0,8} \times 4$$

$$Js = 12,6 \text{ biji}$$

Sedangkan untuk 1 putaran biji jagung yang terpipil adalah sebagai berikut:

$$1 \text{ putaran} = s \times Js$$

$$1 \text{ putaran} = 4 \times 12,6 \text{ biji}$$

$$1 \text{ putaran} = 50,4 \text{ biji}$$

- Perencanaan kapasitas (Kp)

$$Kp = n \times 1 \text{ putaran biji} \times 60 \times Bj$$

$$Kp = 1000 \times 50,4 \times 60 \times 0,000027$$

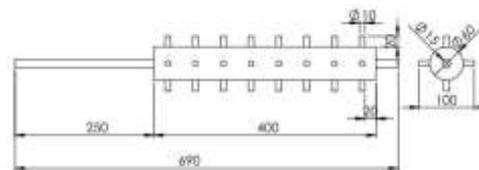
$$Kp = 81,6 \frac{Kg}{jam}$$

Perhitungan Daya Motor Listrik

- Menentukan daya pemipil

- Menentukan gaya berat total

Massa komponen poros pemipil dapat diketahui dari gambar 2:



Gambar 2 Poros Pemipil

Hasil perhitungan diperoleh massa poros pemipil yang terbuat dari ST 37 adalah 1,94 kg.

Diketahui:

$$M = Mratarata \text{ jgn} + Mpemipil$$

$$M = 0,171 \text{ Kg} + 1,94 \text{ Kg}$$

$$M = 2,11 \text{ Kg}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \frac{m}{dt^2}$$

Maka:

$$F = M \times g$$

$$F = 2,11 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{m}{dt^2}$$

$$F = 20,7 \text{ N}$$

Gaya yang dipengaruhi oleh gaya pipil jagung diujikan sebesar 10N, sehingga gaya pemipil adalah 30,7 N.

Menentukan Torsi Pemipil

$$T = F \times r$$

Diketahui:

$$F_{total} = 30,7 \text{ N}$$

rporos pemipil = 0,05 m

rjagung tongkol = 0,045 m

Maka:

$$T = F \times r_{tot}$$

$$T = 30,7 \text{ N} \times (0,005 \text{ m} + 0,045 \text{ m})$$

$$T = 2,9 \text{ Nm}$$

- Menentukan Kecepatan Sudut (ω)

Dimana,

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

Keterangan:

n = Putaran pisau yang direncanakan 1000 rpm

Sehingga,

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 1000}{60}$$

$$\omega = \frac{6.280}{60}$$

$$\omega = 104,67 \frac{rad}{dt}$$

Jadi, diperoleh kecepatan sudut yaitu 104,67 rad/s

- Menentukan daya pada pemipil

Untuk menghitung daya pada pemipil dapat menggunakan persamaan berikut dimana:

$$P = T \times \omega$$

Keterangan:

$$T = 2,9 \text{ N.m}$$

$$\omega = 104,67 \frac{rad}{dt}$$

Sehingga,

$$P = T \times \omega$$

$$P = 2,9 \text{ N.m} \times 104,67 \frac{rad}{dt}$$

$$P = 303,5 \frac{Nm}{s}$$

$$P = 303,5 \text{ watt}$$

Daya yang dihitung adalah 303,5 watt, dikonversikan ke kilowatt (kw) maka dibagi dengan 1000

Sehingga,

$$P = \frac{303,5}{1000}$$

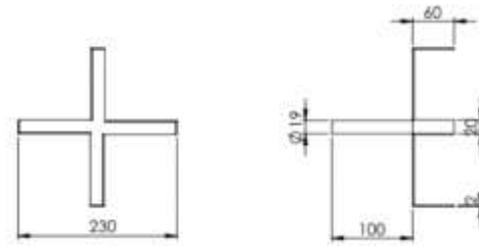
$$P = 0,303 \text{ Kw}$$

Jadi, diperoleh daya pemipil yang dihitung adalah 0,303 kw.

2. Menentukan daya penggiling biji jagung

Massa dari komponen pisau penggiling dapat

diketahui pada gambar 3:



Gambar 3 Pisau penggiling

Hasil perhitungan diperoleh massa pisau penggiling yang terbuat dari ST 37 adalah 0,442 kg.

- Menentukan gaya berat pisau penggiling

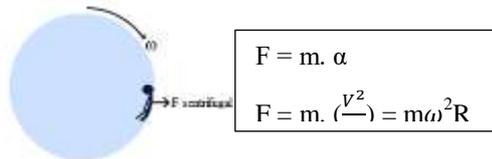
$$F_b = m \times g$$

$$F_b = 0,442 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{m}{dt^2}$$

$$F_b = 4,3 \text{ N}$$

- Menentukan gaya sentrifugal pada biji jagung

Gaya sentrifugal adalah gaya yang arahnya berlawanan dengan gaya sentripetal. Jika gaya sentrifugal lebih besar, objek yang bergerak melingkar dapat terpelanting keluar dari lintasan melingkar.



Dimana: F = Gaya sentrifugal (N)

m = massa benda (kg)

α = Percepatan sentrifugal (m/s²)

V = kecepatan tangensial (m/s)

R = jari-jari lintasan melingkar (m)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

Diketahui:

n = putaran pisau yang direncanakan 1000 rpm

r = jari-jari pisau yang direncanakan 115 mm = 0,115 m

m = massa biji jagung 3500 dalam 1 kg, maka = $\frac{1000}{3500}$ = 0,29 gram/biji.

Maka:

$$F = m \times \omega^2 \times r$$

$$F = m\omega^2 R$$

$$F = m \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right)^2 R$$

$$F = 0,29 \text{ gram} \times \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot 1000 \text{ rpm}}{60} \right)^2 \times 0,115 \text{ m}$$

$$F = 4,7 \text{ N}$$

- Menentukan gaya potong pisau terhadap biji jagung.

Pada tabel 2 dibawah ini merupakan data hasil

pengujian dari penulis:

Tabel 1 Pengujian Gaya Potong Biji Jagung

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Gaya Potong (kg)	A = P x T (mm ²)	Tg potong = $\frac{F}{A}$ (kg/mm ²)
10	8	3	4,05	30	0,135
10	9	5	6,2	50	0,124
9	8	3,5	4,20	31,5	0,133
10	10	3	4,05	30	0,135
10	9	3	4,05	30	0,135
9	8	4	5	36	0,138
8	8	5	5,6	40	0,14
9	7	6	6,9	54	0,127
8	9	5	5,6	40	0,14
8	10	4	4,2	32	0,131
				\bar{x} penampang = 37,36	\bar{x} teg potong = 0,134

Maka untuk menentukan gaya potong didapatkan dengan persamaan berikut.

Dimana,

$$F_p = Tg \cdot A$$

Keterangan:

F_p = Gaya potong biji jagung (N)

Tg = Tegangan potong biji jagung tertinggi = 0,14 Kg/mm²
 = 1,4N/mm²

A = Luas penampang biji jagung (mm²) = 37,36 mm²

Sehingga,

$$F_p = Tg \times A$$

$$F_p = 1,4 \text{ N/mm}^2 \times 37,36 \text{ mm}^2$$

$$F_p = 52 \text{ N}$$

Jadi, gaya potong biji jagung adalah 52 N

- Menentukan gaya total

Diketahui:

F_b = gaya berat pisau penggiling = 4,3 N

F_{sf} = gaya sentrifugal biji jagung terhadap pisau penggiling = 4,7 N

F_p = Gaya potong biji jagung = 52 N

Maka:

$$F_{total} = F_b + F_{sf} + F_p$$

$$F_{total} = 4,3 \text{ N} + 4,7 \text{ N} + 52 \text{ N}$$

$$F_{total} = 61 \text{ N}$$

- Menentukan torsi penggiling

$$T = F \times R$$

Diketahui:

F = gaya total penggiling (N) = 61 N

R = jari-jari pisau penggiling (m)

$$= 0,115 \text{ m}$$

Maka: $T = F \times R$

$$T = 60,5 \text{ N} \times 0,115 \text{ m}$$

$$T = 7 \text{ Nm}$$

- Menentukan daya pada penggiling

Untuk menghitung daya pada pemipil dapat menggunakan persamaan berikut:

Dimana,

$$P = T \times \omega$$

Keterangan:

$$T = \text{Torsi } 7 \text{ N.m}$$

$$\omega = \text{Kecepatan sudut } 104,67 \text{ rad/s}$$

Sehingga,

$$P$$

$$P = 7 \text{ N.m} \times 104,67 \text{ rad/s}$$

$$P = 732,69 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P = 732,69 \text{ watt}$$

Daya yang dihitung adalah 732,69 watt, dikonversikan ke kilowatt (kw) maka dibagi dengan 1000

Sehingga,

$$P = \frac{732,69}{1000}$$

$$P = 0,733 \text{ kw}$$

Jadi, diperoleh daya pemipil yang dihitung adalah 0,733 kw.

3. Daya total

Daya total dari mesin pemipil dan penggiling jagung adalah sebagai berikut:

$$P_{tot} = P_{pemipil} + P_{penggiling}$$

$$P_{tot} = 0,303 \text{ Kw} + 0,733 \text{ kw}$$

$$P_{tot} = 1,03 \text{ Kw}$$

4. Daya motor yang direncanakan (Pd)

Daya motor yang direncanakan dihitung dengan rumus:

$$Pd = Fc \times P_{total}$$

Diketahui:

- Fc = Faktor koreksi (daya rata-rata yang digunakan) = 1,2

- P = Daya total yang dibutuhkan motor listrik (Kw) = 1,03 Kw

Maka:

$$Pd = Fc \times P$$

$$Pd = 1,2 \times 1,03 \text{ Kw}$$

$$Pd = 1,23 \text{ Kw}$$

Jadi, daya motor yang dibutuhkan pada mesin adalah 1,23 Kw, dikonversikan kesatuan Horse Power (Hp). Diketahui 1 Hp (E) adalah 746 Watt atau 0,746 Kw.

Sehingga,

$$Pd = \frac{1,23}{0,746}$$

$$Pd = 1,6 \text{ HP}$$

Perencanaan Awal Pulley dan Sabuk pada Penggiling

Dimana:

i = Perbandingan putaran pulley penggerak dan yang digerakkan

n_1 = Putaran *pulley* penggerak (RPM)
 n_2 = Putaran *pulley* yang digerakkan (RPM)
 dp = Diameter *pulley* penggerak (mm)
 Dp = Diameter *pulley* yang digerakkan (mm)

Diketahui:

n_1 = putaran pada motor 2800 RPM
 n_2 = putaran yang direncanakan 1000 RPM

Maka,

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{2800}{1000}$$

$$i = 2,8$$

Diameter awal *pulley* dan yang digerakkan (Dp)

Diameter *pulley* motor (dp) direncanakan sebesar 76 mm. Diameter *pulley* yang digerakkan (Dp) dapat dihitung dengan persamaan:

$$i = \frac{Dp}{dp}$$

$$2,8 = \frac{Dp}{76,2mm}$$

$$Dp = 2,8 \times 76,2 \text{ mm}$$

$$Dp = 213,36 \text{ mm} = 8,3 \text{ inci}$$

Kecepatan awal linier sabuk (v)

Dimana,

Diameter puli motor ($D1$) = 76,2 mm
 Putaran puli penggerak ($n1$) = 2800 rpm

Maka:

$$V = \frac{\pi \cdot D1 \cdot n1}{60 \cdot 1000}$$

$$V = \frac{\pi \times 76,2 \times 2800}{60 \times 1000}$$

$$V = \frac{669.950,4}{60.000} \text{ m/s} = 11,16 \text{ m/s}$$

Panjang keliling sabuk (L)

Panjang keliling sabuk dapat dihitung dengan persamaan:

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

Dimana:

Jarak antara poros *pulley* (C) yang direncanakan = 423 mm

Diameter *pulley* penggerak (dp) = 76,2 mm

Diameter *pulley* yang digerakkan (Dp) = 203,2 mm

Maka:

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

$$L = 2 \times 423 + \frac{\pi}{2}(203,2 + 76,2) + \frac{(203,2 - 76,2)^2}{4 \times 423}$$

$$L = 846 + 438,658 + 9,5$$

$$L = 1294,2 \text{ mm}$$

Koreksi Jarak Sumbu Poros (C)

Jarak sumbu poros sesuai panjang sabuk standar dapat dihitung dengan persamaan:

$$c = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(DP - dp)^2}}{8}$$

Keterangan:

dp = diameter puli penggerak 76,2 mm

Dp = diameter puli yang digerakkan 203,2 mm

L = panjang sabuk standar yang akan digunakan

1.295 mm

Dimana,

$$b = 2 \times L - \pi(Dp + dp)$$

$$b = 2 \times 1.295 - 3,14(203,2 + 76,2)$$

$$b = 2.590 - 877,31$$

$$b = 1.712,69 \text{ mm}$$

Sehingga,

$$c = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(DP - dp)^2}}{8} \text{ kg}$$

$$c = \frac{1.712,69 + \sqrt{1.712,69^2 - 8(203,2 - 76,2)^2}}{8}$$

$$c = \frac{1.712,69 + \sqrt{2.933.307,03 - 129.032}}{8}$$

$$c = \frac{1.712,69 + \sqrt{2.804.275,03}}{8}$$

$$c = \frac{1.712,69 + 1.674,59}{8}$$

$$c = \frac{3.387,28}{8}$$

$$c = 423,4 \text{ mm}$$

Jagung tongkol akan dimasukkan kedalam sebuah hopper pemipil dengan sebagai pengamannya digunakan katup pengatur tertutup. Mekanisme pemipilan dilakukan oleh silinder pemipil dan silinder penahan. Silinder pemipil berfungsi untuk menggerakkan tongkol jagung dan melepaskan biji jagung dengan gaya gesek yang ditimbulkan. Silinder penahan berfungsi untuk menahan jagung yang akan di pipil sehingga proses pemipilan dapat berlangsung dengan baik. Selain itu, silinder penahan berfungsi sebagai celah keluarnya tongkol yang diarahkan oleh selinder pemipil dan biji jagung yang telah lepas dari tongkolnya.

Selanjutnya biji jagung akan diarahkan oleh hopper miring ke proses penggilingan secara langsung. Dalam ruang penggiling pisau akan menggesekkan biji jagung hingga mencapai ukuran lubang yang diinginkan, untuk hasil akhir merupakan butiran kasar dengan ukuran 3 mm.

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk mencari kapasitas jagung kering bertongkol penulis melakukan pengujian massa jagung menggunakan timbangan digital. Dalam pengujian penulis menggunakan jagung yang dipanen di daerah pesisir selatan dengan 10 ukuran diameter jagung yang berbeda-beda. Untuk pengujian tersebut bisa dilihat pada tabel 1..

Tabel 1. Tabel uji MOE Papan Komposit

Jagung	Massa (gram)	Diameter
1.	110	0,041
2.	190	0,047
3.	180	0,047
4.	180	0,040
5.	60	0,047
6.	130	0,052
7.	200	0,049
8.	200	0,047
9.	220	0,046
10.	240	0,047
Rata rata	171	0,045

Pembahasan adalah penjelasan dasar, hubungan dan generalisasi yang ditunjukkan oleh hasil. Uraianannya menjawab pertanyaan penelitian. Jika ada hasil yang meragukan maka tampilkan secara objektif.

4. Kesimpulan

Dalam kesimpulan tidak boleh ada referensi. Kesimpulan berisi fakta yang didapatkan, cukup menjawab permasalahan atau tujuan penelitian (jangan merupakan pembahasan lagi); Nyatakan kemungkinan aplikasi, implikasi dan spekulasi yang sesuai. Jika diperlukan, berikan saran untuk penelitian

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang serta seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] I. Edy and M. P. MP, *Pengantar Teknologi Budidaya Tanaman Serealia Jagung dan Padi*. Nas Media Pustaka, 2022.
- [2] J. P. Saragih, "Challenges of Agricultural Development Policy in the Future," *Kajian*, vol. 21, no. 2, pp. 105–123, 2016.
- [3] K. Komariah, G. Masyithoh, and R. P. W. Priswita,

"Mesin Pemipil Jagung Dan Pengupas Kacang Tanah Untuk Meningkatkan Kapasitas Adaptasi Petani Terhadap Anomali Cuaca Di Wonosari, Gondangrejo," *SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknol. dan Seni bagi Masyarakat)*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.20961/semar.v9i1.35249.

- [4] A. S. Ginting, M. F. Pomalingo, and S. Botutihe, "Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Mesin Pemipil Jagung Portable," *J. Teknol. Pertan. Gorontalo*, vol. 3, no. 2, 2019, doi: 10.30869/jtpg.v3i2.245.
- [5] R. Mustapa, R. Djafar, and S. Botutihe, "Rancang Bangun Dan Uji Kinerja Mesin Pemipil Jagung Mini Type Syllinder," *J. Teknol. Pertan. Gorontalo*, vol. 5, no. 1, pp. 9–16, 2020, doi: 10.30869/jtpg.v5i1.544.
- [6] S. Lestari and F. Kurniawan, "Kinerja Mesin Pemipil Jagung Tipe Pengumpan Langsung," *J. Penelit. Terap.*, vol. 21, no. 3, pp. 262–269, 2021.
- [7] H. Haikal *et al.*, "Desain dan Analisis Performa Mesin Pemipil Jagung Portabel Berkapasitas Sedang," *J. Penelit. Pertan. Terap.*, vol. 23, no. 2, 2023, doi: 10.25181/jppt.v23i2.2087.
- [8] I. M. L. M. Jaya, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif: Teori, Penerapan, dan Riset Nyata*. in Anak Hebat Indonesia. Anak Hebat Indonesia, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=yz8KEAAQBAJ>
- [9] V. B. Bhandari, *Design of Machine Elements Third Edition*. 2010.
- [10] Sularso and K. Suga, *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*. Pradnya Paramita.