

## Perancangan Mesin Pembelah Bambu dengan Pisau Portabel untuk Kapasitas 500 Bambu per Jam

Ganjar Kurnia<sup>1)</sup>, Oldy Fahlovi<sup>2)</sup>, Hendra Setyawan<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknologi Mesin Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten, Jl. Raya Karang Bolong, Cikoneng, Kec. Anyar, Kabupaten Serang, Banten, Indonesia  
Email: ganjar.kurnia@poltek-petrokimia.ac.id

### Abstrak

Industri bambu berperan penting dalam usaha kecil, tetapi pembelahan manual menghambat produktivitas dan berisiko bagi pekerja. Mesin pembelah bambu yang ada mahal dan sulit dijangkau oleh produsen skala kecil, sehingga diperlukan solusi lebih terjangkau dan efisien. Penelitian ini merancang mesin pembelah bambu portabel untuk meningkatkan produktivitas dan keselamatan. Mesin ini menggunakan motor 1 hp dengan lima bilah pisau yang membelah bambu selebar 3 cm menjadi empat bagian seragam berukuran 6x6x200 mm. Sistem transmisinya terdiri dari motor, *gearbox*, *sprocket*, rantai, *pulley*, dan sabuk untuk operasi stabil dan andal. Mesin hasil rancangan ini lebih hemat biaya dibandingkan metode manual serta lebih *safety* dan efisien dalam pengolahan bambu. Studi ini menekankan pentingnya biaya produksi berbiaya rendah untuk inovasi dan keberlanjutan industri bambu skala kecil. Hasil menunjukkan bahwa sistem transmisi dengan *reducer* (*gearbox*) rasio 1:60 menurunkan putaran menjadi 23,3 rpm, meningkatkan efektivitas pembelahan tanpa mengorbankan daya motor. Penggunaan lima bilah pisau portabel menghasilkan gaya pembelahan 546,54 N per pisau, menghasilkan bambu yang dibelah sebanyak 576 buah per jam dengan pemotongan cepat, merata dan presisi. Pemilihan poros baja krom nikel molibdenum (JIS G 4103) terbukti menahan beban tinggi, meningkatkan daya tahan dan keandalan mesin dalam jangka panjang.

**Kata kunci:** *Bambu, Pembelah, Desain, Transmisi*

### 1. PENDAHULUAN

Bambu merupakan salah satu sumber daya alam terbarukan yang melimpah di Indonesia dan memiliki sifat unggul, seperti kekuatan tinggi, fleksibilitas, serta pertumbuhan yang cepat [1]. Bambu telah lama dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri, termasuk industri kecil dan menengah (IKM), sebagai bahan baku utama untuk berbagai produk. Meskipun demikian, proses pengolahan bambu, khususnya pembelahan, seringkali dilakukan secara manual [2]. Proses manual ini menyebabkan rendahnya efisiensi produksi, tingginya risiko kecelakaan kerja, serta ketidakaturan dalam hasil pembelahan. Kondisi ini menunjukkan adanya gap yang signifikan antara potensi bambu sebagai sumber daya dan tingkat efisiensi dalam pengolahannya [3].

Di sisi lain, mesin pembelah bambu yang tersedia di pasaran umumnya dirancang untuk skala industri besar dengan harga yang tidak terjangkau oleh pelaku IKM. Mesin-mesin tersebut juga seringkali memiliki dimensi yang besar dan kurang fleksibel untuk digunakan di lingkungan kerja skala kecil. Oleh karena itu, kebutuhan mendesak untuk merancang mesin pembelah bambu yang portabel, efisien, dan terjangkau bagi pelaku IKM semakin jelas. Desain mesin yang dapat meningkatkan produktivitas sekaligus menjamin keselamatan kerja tanpa mengurangi kualitas hasil produksi menjadi tantangan yang harus diatasi [4].

Dalam konteks ini, salah satu solusi yang dapat diimplementasikan adalah penggunaan desain pisau portabel dengan konfigurasi multi-mata pisau. Desain mata pisau ini diharapkan dapat mempercepat dan

memperbaiki kualitas proses pembelahan bambu dengan lebih presisi dan seragam, sesuai dengan kebutuhan IKM [5]. Pisau portabel dengan sistem modular juga memungkinkan penyesuaian dengan berbagai ukuran dan jenis bambu yang akan diolah, memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam proses produksi [6]. Selain itu, penerapan sistem transmisi sederhana namun andal, seperti motor listrik berdaya rendah, *sprocket*, rantai, serta *pulley* dan *belt*, memastikan efisiensi operasional yang optimal dan kemudahan penggunaan [7].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan mesin pembelah bambu dengan desain pisau portabel yang dapat diterapkan pada skala IKM. Mesin ini dirancang dengan mempertimbangkan empat aspek utama: efisiensi, portabilitas, keamanan, dan keterjangkauan harga. Dengan demikian, diharapkan mesin ini tidak hanya dapat meningkatkan daya saing industri kecil berbasis bambu di Indonesia, tetapi juga menjadi solusi yang praktis dan efektif bagi pengusaha IKM dalam memaksimalkan potensi bambu sebagai bahan baku industri.

**2. METODE PENELITIAN**

Perancangan dimulai dengan pembuatan pertimbangan spesifikasi teknis dan dilanjutkan dengan matriks morfologi. Setelah itu diperoleh desain awal mesin berupa sketsa.

Setelah pemilihan komponen dilakukan perhitungan tiap komponen sesuai dengan spesifikasi yang ada di pasaran dimulai dari transmisi, poros, pisau pembelah, dan kapasitas mesin.

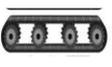
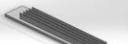
Tabel 1 adalah tabel pertimbangan mesin pembelah bambu dengan spesifikasi mesin yang dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu: Keharusan (*demands*) disingkat D, yaitu syarat mutlak yang harus dimiliki mesin. Keinginan (*wishes*) disingkat W, yaitu syarat yang masih dapat dipertimbangkan keberadaannya agar dapat dimiliki oleh mesin [8].

Tabel 1. Pertimbangan Mesin Pembelah Bambu

Parameter	Persyaratan	Needs
1. Energi	- Menggunakan tenaga motor	D
	- Menggunakan penggerak lain	W
2. Kinematika	- Menggunakan transmisi untuk memperoleh keuntungan mekanis	D
	- Mekanisme mudah beroperasi	D
3. Material	- Mempunyai sifat mekanis yang baik	D
	- Memiliki umur pakai yang panjang	D
	- Murah harganya dan tersedia di pasaran	W
	- Memiliki kualitas yang baik	D
4. Geometri	- Panjang 600 mm	D
	- Lebar 700 mm	D
	- Tinggi 1000 mm	D
5. Ergonomi	- Dapat dioperasikan 1 orang operator	D
	- Mudah dipindahkan	W
	- Tidak bising	W
6. Safety	- Konstruksi kuat dan kokoh	D
	- Tidak menimbulkan polusi	D
	- Bagian berbahaya susah terjangkau	D
7. Produksi	- Dapat diproduksi di bengkel kecil	D
	- Suku cadang murah dan mudah didapat	D
	- Biaya produksi relative murah	D
	- Dapat dikembangkan lagi	W
8. Perawatan	- Perawatan mudah dan murah	D

Dari spesifikasi mesin diatas maka didapat gambaran mengenai komponen mesin pembelah bambu.

Selanjutnya di tabel 2 dilakukan pemilihan dengan metode matrix morfologi dimana matrix morfologi adalah metode yang menghasilkan jumlah konsep produk alternatif terbanyak [9].

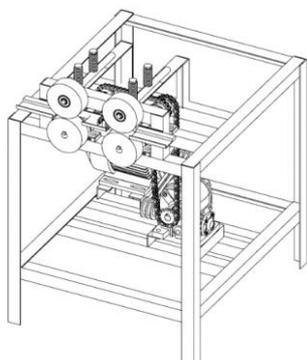
Sub Komponen	Varian yang mungkin		
	1	2	3
Profil rangka mesin	Profil L 	Profil Plat 	Profil Pipa 
Penggerak	Motor Listrik 	Engkol Manual 	
Sistem Transmisi	Pulley dan Belt 	Rantai dan Sprocket 	Gearbox 
Sistem Pendorong	Roll 	Sprocket Conveyor 	
Pisau Pembelah	Pisau Plat 	Pisau Lingkaran 	

Gambar 1. Morfologi Matrix

Dari skema matriks morfologi pada Tabel 2 komponen terpilih dikombinasikan menjadi sebuah mesin dengan konsep terbaik. Adapun konsep yang dipilih adalah sebagai berikut

1. Profil rangka mesin: Profil L
2. Penggerak mesin: Motor listrik
3. Sistem transmisi: *Belt* dan *Pulley*, rantai dan *sprocket* serta *gearbox*
4. Sistem pendorong: Roll
5. Pisau pembelah: Pisau plat

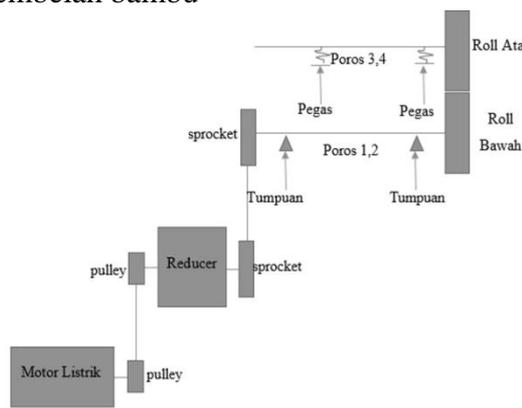
Setelah didapat konsep mesin terbaik maka mesin diberikan perwujudan produk menggunakan komponen-komponen terpilih. Komponen-komponen terpilih tersebut dihitung untuk mendapatkan dimensi, daya motor, dan kekuatannya. Berdasarkan penelitian sebelumnya, pemilihan sistem transmisi yang tepat sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan ketahanan mesin dalam jangka panjang [10].



Gambar 2. Desain Awal Mesin

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 Adalah gambar sistem transmisi yang digunakan pada mesin pembelah bambu



Gambar 3. Sistem Transmisi Mesin

Untuk motor 1 hp dan 1400 rpm, maka Torsi Motor ( $T_m$ ) adalah

$$T_m = k \frac{N}{n_i} \quad (1)$$

Dimana:

$T_m$  adalah Torsi Motor (Nm)

$k$  adalah konstanta konversi daya dan kecepatan (71620)

$N$  adalah daya motor listrik (hp)

$n_m$  adalah putaran motor listrik (rpm)

Maka perhitungannya menjadi:

$$T_m = 71620 \frac{1}{1400}$$

$$T_m = 51,157 \text{ kg.cm}$$

$$T_m = 5,01 \text{ Nm,}$$

Reducer (*gearbox*) yang digunakan memiliki ratio 1:60, maka putaran *output* reducer/*gearbox* ( $n_m$ ) adalah:

$$i = \frac{T_r}{T_m} \quad (2)$$

Dimana:

$i$  adalah ratio reduksi *gearbox*

$T_m$  adalah torsi motor listrik (Nm)

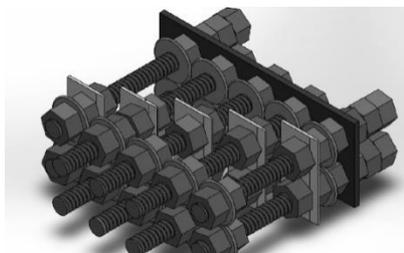
$T_m$  adalah torsi output reducer (Nm)

Maka perhitungannya menjadi:

$$60 = \frac{T_r}{5,01}$$

$$T_r = 300,6 \text{ Nm}$$

Gambar 4 di bawah ini adalah model pisau pembelah dengan 5 mata pisau.



Gambar 4. Pisau Pembelah

Untuk 5 mata pisau (z) yang dipakai seperti pada gambar 4 maka gaya pada masing masing pisau maka torsi pemotongan ( $T_p$ ) adalah:

$$T_p = \frac{T_r}{z} \quad (3)$$

Dimana:

$T_p$  adalah torsi pemotongan (Nm)

$T_r$  adalah torsi *output* reducer (Nm)

z adalah jumlah mata pisau

Maka Perhitungannya menjadi:

$$T_p = \frac{300,6}{5}$$

$$T_p = 60,12 \text{ Nm}$$

Untuk besar roll dengan diameter 110 mm maka gaya belah ( $F_b$ ) adalah:

$$F_b = \frac{T_p}{d} \quad (4)$$

Dimana:

$F_b$  adalah gaya belah (N)

$T_r$  adalah torsi *output* reducer (Nm)

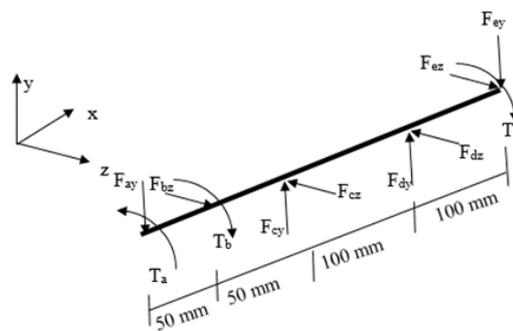
d adalah diameter roll (m)

Maka Perhitungannya menjadi:

$$F_b = \frac{60,12}{0,11}$$

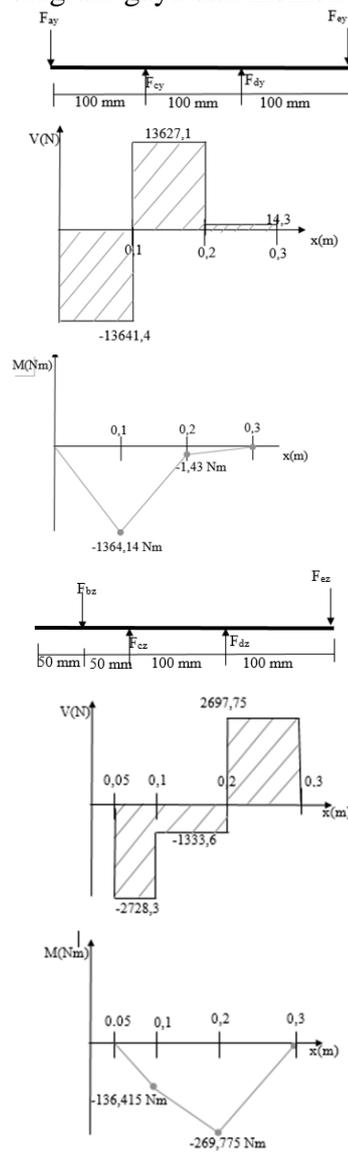
$$F_b = 546,54 \text{ N}$$

Pada poros terjadi tegangan bending dan momen puntir. Kombinasi dari kedua tegangan ini dapat menyebabkan deformasi dan bending sehingga perlu diperhatikan dalam perancangan untuk memastikan kekuatannya [11]. Poros 1 mengalami tegangan bending dan momen puntir paling besar. Gambar 5 berikut merupakan diagram benda bebas poros pendorong (poros 1).



Gambar 5. Diagram Benda Bebas Poros

Gambar 6 di bawah ini merupakan diagram gaya dan momen untuk poros



Gambar 6. Diagram Gaya Dan Momen Untuk Poros

Berikut ini adalah perhitungan dari Momen lentur gabungan pada poros [12]

$$M_l = \sqrt{(M_y)^2 + (M_z)^2} \quad (5)$$

Dimana

- $M_1$  adalah Momen lentur gabungan(Nm)
- $M_y$  adalah momen lentur pada sumbu y (Nm)
- $M_z$  adalah momen lentur pada sumbu z (Nm)

Maka perhitungannya menjadi:

$$M_1 = \sqrt{(1364,14)^2 + (269,775)^2}$$

$$M_1 = 1390,55 \text{ Nm}$$

Berikut ini adalah perhitungan dari tegangan yang terjadi ( $\tau_a$ ) [12]

$$\tau_a = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{M^2 + T^2} \quad (6)$$

Dimana:

$\tau_a$  adalah tegangan yang terjadi ( $\frac{N}{m^2}$ )

d adalah diameter poros (m)

M adalah momen lentur (Nm)

T adalah torsi *output reducer* (Nm)

Maka perhitungannya menjadi:

$$\tau_a = \frac{16}{\pi (0,019)^3} \sqrt{(1390,55)^2 + (300,6)^2}$$

$$\tau_a = 1,05 \times 10^9 \frac{N}{m^2}$$

Dengan *safety factor*,  $sf_1 = 1$  untuk bahan poros SC, dan  $sf_2 = 2$  untuk poros alur pasak maka kekuatan tarik bahan poros yang diperlukan ( $\sigma_b$ ) [12]

$$\sigma_b = \tau_a \times sf \quad (7)$$

Dimana:

$\sigma_b$  adalah kekuatan tarik poros ( $\frac{N}{m^2}$ )

$\tau_a$  adalah tegangan yang terjadi ( $\frac{N}{m^2}$ )

sf adalah *safety factor*

Maka Perhitungannya menjadi:

$$\sigma_b = 1,01 \times 10^9 \frac{N}{m^2} \times 1,5$$

$$\sigma_b = 1,51 \times 10^9 \frac{N}{m^2}$$

Dengan  $\sigma_b$  sebesar  $1,51 \times 10^9 \frac{N}{m^2}$  maka dipilih material poros baja khrom nikel molibden (JIS G 4103) dengan kekuatan tarik  $1,6 \frac{N}{m^2}$ .

Hasil pembelahan dengan menggunakan mekanisme pendorong roll yang memasuki pisau pembelah dengan kecepatan (v) 0.06 m/s, dan bambu yang

dibelah adalah 1.5 m mempunyai kapasitas dalam waktu satu jam:

$$X = \frac{t}{t_s} \cdot x(8)$$

Dimana:

X = jumlah hasil pembelahan dalam 1 jam

t = waktu dalam 1 jam (3600 s)

$t_s$  = waktu pemotongan (s)

x = jumlah hasil pembelahan dalam waktu  $t_s$

Maka perhitungannya menjadi:

$$X = \frac{3600}{\frac{1.5}{0.06}} \cdot 4$$

$$X = 576 \text{ buah}$$

Hasil pembelahan bambu dengan pisau pembelah menghasilkan 576 bambu ukuran 1500 x 6 x 6 dalam waktu 1 jam

Dari hasil perhitungan didapat spesifikasi mesin pembelah bambu yang dirancang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Pembelah

No	Parameter	Keterangan
1	Dimensi mesin (p x l x t)	612 x 706 x 925 mm
2	Daya motor	1 hp
3	Putaran motor	1400 rpm
4	<i>Pulley</i>	Penampang tipe A diameter 62 mm
5	<i>Belt</i>	V-belt type A, panjang 696,9 mm
6	Rasio reducer ( <i>gearbox</i> )	1:60
7	Sprocket	Diameter 60 mm
8	Putaran roll	23,3 rpm
9	Poros	Diameter 19 mm, panjang 30 mm
10	Dimensi bambu masuk mesin	1500 x 35 x 6 mm
11	Dimensi bambu keluar mesin	4 buah, ukuran 1500 x 6 x 6 mm
12	Kapasitas mesin	576 bambu/jam

Dari hasil perhitungan didapat daya motor yang dipakai adalah 1 hp gaya dan momen yang terjadi adalah sebagai berikut

- Gaya maksimum pada poros 1 adalah 13641,4 N
- Momen maksimum pada poros 1 adalah

- 1364,14 Nm
- Gaya maksimum pada poros 2 adalah 4061,9 N
- Momen maksimum pada poros 2 adalah 269,775 Nm
- Gaya maksimum pada poros 3 dan 4 adalah 14,3 N
- Momen maksimum pada poros 3 dan 4 adalah 1,43 Nm
- Material poros adalah JIS G 4103

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal penting terkait proses dan kinerja mesin pembelah bambu, sebagai berikut:

- a. Kinerja Motor Listrik: Motor listrik yang digunakan memiliki daya sebesar 1 hp dengan kecepatan putaran 1400 rpm dan menghasilkan torsi sebesar 5,01 Nm. Untuk membelah bambu dengan 5 mata pisau, diperlukan torsi sebesar 300,6 Nm. Untuk mencapai nilai torsi tersebut, digunakan reducer (*gearbox*) dengan rasio 1:60. Penggunaan reducer ini dipilih dibandingkan dengan penggunaan *pulley* dan *sprocket* karena memberikan reduksi yang lebih tepat dan efisien dalam membelah bambu. Selain itu, penggunaan reducer (*gearbox*) juga membantu mengurangi ukuran mesin secara keseluruhan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan *gearbox* dengan rasio tinggi mampu meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang umur mesin dalam aplikasi industri kecil [13].
- b. Pemilihan *Pulley* dan *Belt*: *Pulley* dan *belt* digunakan untuk menghubungkan motor listrik dengan reducer (*gearbox*). Pemilihan ini bertujuan agar ketika beban pada reducer (*gearbox*) sangat besar, *pulley* dapat mengurangi beban pada motor melalui mekanisme slip. Hal ini penting untuk menjaga motor listrik agar tidak cepat panas dan memperpanjang umur pakainya. Menurut penelitian sebelumnya, penggunaan sistem *pulley*

dan *belt* dalam transmisi daya tidak hanya meningkatkan efisiensi mekanis, tetapi juga mengurangi tingkat keausan pada komponen penggerak, sehingga meningkatkan keandalan operasional mesin dalam jangka panjang [14].

- c. Bagian Kritis Mesin: Bagian paling kritis dari mesin ini adalah bagian pisau belah. Pisau ini harus dirancang dengan sangat teliti untuk menghasilkan bambu dengan dimensi 6 mm. Ketelitian dalam pembuatan pisau belah sangat penting untuk memastikan kualitas produk akhir sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Untuk lebih jauh penelitian selanjutnya bisa menganalisis kontak yang terjadi pada pisau. Analisis bisa dilakukan dengan mendefinisikan material, mesh, beban, kondisi batas, dan sifat interaksi yang tepat [15].

Melalui analisis di atas, mesin pembelah bambu yang dirancang terbukti memiliki kinerja yang baik dan efisien dalam meningkatkan produktivitas serta kualitas hasil pembelahan. Sistem transmisi yang diterapkan mampu mendistribusikan tenaga secara optimal, sementara pemilihan material komponen utama memastikan daya tahan dan keandalan mesin dalam penggunaan jangka panjang [16]. Meskipun demikian, beberapa aspek masih perlu disempurnakan agar kinerja mesin dapat lebih optimal dan sesuai dengan standar industri, terutama dalam hal efisiensi energi dan presisi hasil pembelahan

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan mesin pembelah bambu portabel yang ditujukan untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja bagi industri kecil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin ini mampu meningkatkan produktivitas dibandingkan metode manual dengan sistem transmisi berbasis motor listrik 1 hp, reducer (*gearbox*) rasio 1:60, serta kombinasi *sprocket*, rantai, *pulley*, dan sabuk. Dengan

torsi keluaran sebesar 300,6 Nm dan gaya pembelahan 546,54 N per pisau, mesin ini dapat menghasilkan empat potongan bambu seragam berukuran 6x6x200 mm dalam satu kali proses dan mempunyai kapasitas pemotongan 576 buah per jam.

Dibandingkan dengan metode pembelahan manual, penggunaan mesin ini mampu meningkatkan efisiensi produksi secara signifikan dengan waktu proses yang lebih singkat dan hasil yang lebih seragam. Dari segi keamanan, penerapan sistem transmisi yang stabil dan pemilihan material berkekuatan tinggi, seperti baja krom nikel molibdenum (JIS G 4103) untuk poros, memastikan keandalan dan ketahanan mesin dalam penggunaan jangka panjang.

Secara keseluruhan, mesin pembelahan bambu yang dikembangkan menawarkan solusi yang lebih ekonomis dan efektif bagi pelaku usaha kecil dan menengah. Mesin ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pembelahan, tetapi juga mengurangi risiko kecelakaan kerja yang sering terjadi dalam metode manual. Dengan adanya inovasi ini, diharapkan industri berbasis bambu dapat lebih berkembang secara berkelanjutan dengan adopsi mekanisasi berbiaya rendah.

### Referensi

- [1] J. M. O. Scurlock, D. C. Dayton, and B. Hames, "Bamboo: An overlooked biomass resource?," *Biomass and Bioenergy*, vol. 19, no. 4, 2000.
- [2] C. Ma, J. Zhou, W. Fu, B. Zhang, W. Yan, and F. Chang, "Design of Control System for Automatic Bamboo Splitting Equipment Based on PLC," 2017.
- [3] J. E. G. van Dam, H. W. Elbersen, and C. M. Daza Montaña, "Bamboo Production for Industrial Utilization," in *Perennial Grasses for Bioenergy and Bioproducts: Production, Uses, Sustainability and Markets for Giant Reed, Miscanthus, Switchgrass, Reed Canary Grass and Bamboo*, 2018.
- [4] A. Adefris, "Design of Bamboo Splitting Machine Using Chain Drive," *Abyssinia J. Eng. Comput.*
- [5] *Abyss. J. Engg Comput*, vol. 2, no. 1, 2022.
- [5] R. C. Banawis, P. MEM Dept., De La Salle University, Manila, and ; Ernest Shawn Quinones; Richmond Elbert De Vera; Richard Yao; Edwin J. Calilung, "Design development and testing of an integrated bamboo culm splitting and planing machine," *Int. Conf. Humanoid, Nanotechnology, Inf. Technol. Commun. Control. Environ. Manag.*, pp. 1–5, 2014.
- [6] R. C. Riba, R. R. Pérez, A. J. L. Sánchez, M. D. Domínguez, S. J. Aca, and G. A. Molina, "A concurrent approach to design of reconfigurable machine tools to process bamboo," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2005, vol. 3675 LNCS.
- [7] D. Matt, N. Boubaker, M. Aitakkache, P. Enrici, J.-J. Huselstein, and T. Martire, "High Power Very Low Voltage Electric Motor for Electric Vehicle," in *New Perspectives on Electric Vehicles*, 2022.
- [8] D. Rustianto, Q. Qomaruddin, and R. Wibowo, "PENGARUH VARIASI BILAH PISAU DAN GAYA TEKAN TERHADAP HASIL PEMBELAHAN BAMBU," *J. CRANKSHAFT*, vol. 5, no. 2, 2022.
- [9] G. Kurnia, B. Yulianto, J. Jamari, and A. P. Bayuseno, "Evaluation in Conceptual Design of Human Powered Sand Sieving Machine," *E3S Web Conf.*, vol. 3001, no. 2019, pp. 0–4, 2019.
- [10] X. Chen, X. Zhi, and H. Song, "Optimization of transmission system design based on genetic algorithm," *Adv. Mech. Eng.*, vol. 8, no. 5, 2016.
- [11] M. G. Munteanu, F. De Bona, and F. Bressan, "Shaft design: A semi-analytical finite element approach," *Mech. Based Des. Struct. Mach.*, vol. 46, no. 2, 2018.
- [12] R. Budynas and J. K. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering*

- Design*, vol. New York. 2015.
- [13] J. Břoušek and T. Zvolský, "Experimental study of electric vehicle gearbox efficiency," in *MATEC Web of Conferences*, 2018, vol. 234.
- [14] K. B. Tawi, I. I. Mazali, B. Supriyo, N. A. Husain, M. S. C. Kob, and Y. Z. Abidin, "Pulleys' axial movement mechanism for electro-mechanical continuously variable transmission," in *Applied Mechanics and Materials*, 2014, vol. 663.
- [15] G. Kurnia, B. Yulianto, J. Jamari, A. P. Bayuseno, and M. Tauviquirrahman, "Contact mechanism between shaft, key, and crank in the sand sieving machine," in *AIP Conference Proceedings*, 2020, vol. 2262, p. 030015.
- [16] E. Lannoye, D. Flynn, and M. O'Malley, "Transmission, variable generation, and power system flexibility," *IEEE Trans. Power Syst.*, vol. 30, no. 1, 2015.