

Design of the Cassava Slicing Machine Using the Pahl & Beitz Method

(Case Study on a Chips MSME in Wonosobo, Central Java)

Catur Rizki Nugroho¹, Hasti Hasanati Marfuah^{2,*}

^{1,2}, Department of Industrial Engineering, Universitas PGRI Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Article history:

Received May 14, 2025

Accepted November 17, 2025

Published January 1, 2026

Keywords:

Cassava Slicing Machine

Pahl & Beitz

MSMEs

Efficiency

Product Design

ABSTRACT

The design of a cassava slicing machine using the Pahl & Beitz method serves as a solution to improve production capacity and work efficiency in a cassava chips MSME located in Wonosobo, Central Java. The manual cassava slicing process often requires a long time, increases the risk of injury, and produces non-uniform slices. The Pahl & Beitz method is applied through four main stages: task clarification, concept development, form design, and design evaluation. This study presents novelty in implementing a V-belt and pulley-based transmission system with a compact dimensional configuration adapted to the limited production space of MSMEs, as well as the use of type 304 stainless steel to ensure product hygiene and machine durability. Compared to conventional slicing machines, this design demonstrates an increase in capacity of up to 70 kg/hour, along with better energy efficiency and operator safety. This research is expected to serve as a reference for the development of appropriate technology to support MSMEs in the food processing sector, enhance competitiveness, and meet the growing market demand.



Corresponding Author:

Hasti Hasanati Marfuah,
Program Studi Teknik Industri,
Universitas PGRI Yogyakarta,
Jl. PGRI I No 117 Sonosewu Ngestiharjo Kasihan Bantul Dearah Istimewa Yogyakarta 55182
Email: * hasti@upy.ac.id

1. PENDAHULUAN

Singkong (*Manihot Esculenta*) merupakan salah satu komoditas pangan utama di Indonesia yang berperan penting dalam ketahanan pangan nasional. Proses pengirisan singkong secara manual masih menjadi kendala bagi pelaku Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM), yang sering kali memakan waktu lama, meningkatkan risiko cedera, dan menghasilkan irisan yang tidak seragam. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk mengembangkan mesin pengiris singkong yang dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas UMKM di sektor pengolahan pangan. UMKM mengalami keterbatasan kapasitas produksi dan efisiensi kerja akibat ketergantungan pada metode pengirisan manual. Hal ini mengakibatkan kesulitan dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pengiris singkong yang efisien dan efektif, menggunakan metode Pahl & Beitz, untuk meningkatkan kapasitas produksi dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual. Metode Pahl & Beitz merupakan pendekatan yang sistematis dalam perancangan produk, yang meliputi analisis kebutuhan, pengembangan konsep, desain terperinci, dan evaluasi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan metode ini dalam desain mesin dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas produk [1] [2]. Selain itu, penggunaan material *stainless steel* tipe 304 dalam mesin pengiris singkong diharapkan dapat meningkatkan daya tahan dan kebersihan, yang sangat penting dalam industri pangan [3] [4] [5].

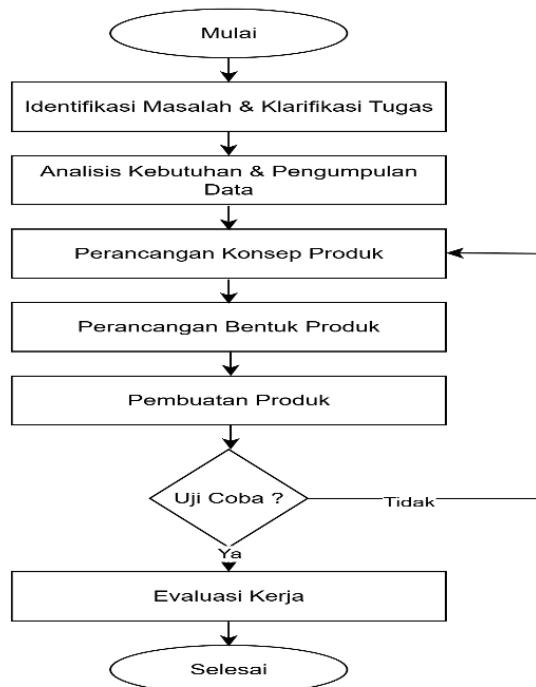
Penelitian ini mengusulkan perancangan mesin pengiris singkong yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama dengan sistem transmisi *V-Belt* dan *Pulley*. Mesin ini dirancang untuk menghasilkan

irisan singkong hingga 70 kg/jam dengan ketebalan yang seragam, serta mempertimbangkan aspek ergonomis dan keselamatan kerja bagi operator [6] [7] [8]. Inovasi dari penelitian ini terletak pada pengembangan mesin pengiris singkong yang tidak hanya meningkatkan kapasitas produksi, tetapi juga mengurangi risiko cedera bagi pekerja dan meningkatkan kualitas produk akhir. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi tepat guna untuk mendukung UMKM di sektor pengolahan pangan, serta meningkatkan daya saing di pasar yang semakin kompetitif [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15]. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi perancangan mesin pengiris singkong dengan metode Pahl & Beitz diharapkan dapat menjadi solusi bagi UMKM Keripik pada khususnya dan pelaku industri kecil pada umumnya.

Berdasarkan kajian literatur, sebagian besar penelitian terdahulu tentang mesin pengiris singkong berfokus pada aspek fungsional dasar, seperti peningkatan kecepatan pisau atau modifikasi motor penggerak, tanpa mempertimbangkan integrasi antara efisiensi energi, keselamatan operator, dan standar kebersihan bahan pangan. Selain itu, sebagian desain masih memiliki keterbatasan pada dimensi mesin yang kurang sesuai untuk ruang produksi skala mikro serta belum mengoptimalkan konfigurasi sistem transmisi yang efisien. Oleh karena itu, penelitian ini merancang ulang mesin pengiris singkong dengan pendekatan sistematis Pahl & Beitz untuk menghasilkan desain yang lebih ergonomis, higienis, hemat energi, dan ramah bagi pengguna UMKM.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Pahl & Beitz yang terdiri dari empat tahap: klarifikasi tugas, pengembangan konsep, perancangan bentuk, dan evaluasi desain. Tahap klarifikasi dilakukan dengan identifikasi masalah melalui observasi dan wawancara di UMKM keripik singkong di Wonosobo. Selanjutnya, dikembangkan beberapa konsep desain mesin untuk memilih yang paling efisien. Tahap perancangan bentuk melibatkan pembuatan gambar teknis dan spesifikasi material, seperti stainless steel tipe 304. Terakhir, dilakukan evaluasi desain dengan menguji kinerja mesin untuk memastikan kapasitas produksi dan keamanan pengguna. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap proses pengirisan manual, wawancara dengan pekerja, serta kajian pustaka tentang metode perancangan mesin. Analisis data dilakukan dengan pendekatan deskriptif untuk mengukur efektivitas desain mesin dalam meningkatkan produktivitas. Proses dan alur pada penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* atau diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar.1



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perancangan merupakan kegiatan awal dari usaha merealisasikan suatu produk yang kebutuhannya sangat dibutuhkan oleh masyarakat [16]. Setelah perancangan selesai maka kegiatan yang menyusul adalah pembuatan produk. *Pahl* dan *Beitz* mengusulkan cara merancang produk sebagaimana yang dijelaskan dalam

bukunya; *Engineering Design : A Systematic Approach*. Cara merancang *Pahl* dan *Beitz* tersebut terdiri dari 4 kegiatan atau fase, yang masing-masing terdiri dari beberapa langkah. Keempat fase tersebut adalah :

1. Perencanaan dan penjelasan tugas
2. Perancangan konsep produk
3. Perancangan bentuk produk (*embodiment design*)
4. Perancangan detail

Pada setiap fase proses perancangan berakhir pada hasil fase, seperti fase pertama menghasilkan daftar persyaratan dan spesifikasi perancangan. Hasil setiap fase tersebut kemudian menjadi masukan untuk fase berikutnya dan menjadi umpan balik untuk fase yang mendahului.

Uji kinerja mesin dilakukan dengan membandingkan waktu pengirisan dan hasil irisan antara metode manual dan mesin rancangan ini. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara kuantitatif menggunakan *paired sample t-test* untuk mengetahui signifikansi peningkatan produktivitas. Validasi dilakukan dengan uji coba langsung oleh operator UMKM dan evaluasi terhadap keseragaman hasil irisan menggunakan *digital caliper* untuk memastikan akurasi ketebalan irisan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL

Rancangan mesin pengiris singkong ini didasarkan pada kebutuhan UMKM keripik di daerah Wonosobo, Jawa Tengah untuk meningkatkan produktifitas yang efisien dan efektif pada UMKM kripik singkong. Mesin ini merupakan hasil modifikasi dari alat pengiris singkong yang sudah ada, dan merupakan sebuah alternatif solusi bagi produsen keripik singkong dalam melakukan pengirisan secara efisien. Tabel 1 merupakan tahapan yang dilakukan dalam perancangan mesin pengiris singkong dengan mengacu pada metode *Pahl & Beitz*:

Tabel 1. Varian Perancangan Mesin

No.	Tahapan	Aktivitas	Alasan Berdasarkan hasil Kuesioner
1	Perencanaan dan penjelasan tugas	Mesin menggunakan penggerak motor Listrik	Mesin manual tidak efisien dan membutuhkan waktu lama untuk produksi. Penggunaan motor listrik meningkatkan produktivitas.
		Dimensi mesin sedang (56,5cmx32,5cmx45,5cm)	Berdasarkan kuesioner, responden menginginkan mesin dengan ukuran yang kompak dan tidak terlalu besar agar sesuai dengan ruang produksi.
		Kapasitas produksi yang diharapkan 70kg/jam	Mayoritas responden membutuhkan kapasitas produksi yang lebih tinggi untuk memenuhi permintaan pasar.
2	Konsep produk	Sistem transmisi menggunakan <i>V-Belt</i> dan <i>Pulley</i>	Memastikan kecepatan putaran stabil agar hasil irisan seragam, sesuai dengan kebutuhan UMKM.
		Saluran keluar dari bahan <i>stainless steel</i> (tipe 304) (tipe 304)	Responden memilih material <i>stainless steel</i> (tipe 304) karena tahan karat, higienis, dan mudah dibersihkan.
		Komponen-komponen mudah didapatkan	Memudahkan perawatan dan penggantian suku cadang jika terjadi kerusakan.
3	Perencanaan produk	Membuat daftar komponen	Memastikan setiap bagian mesin sesuai dengan kebutuhan produksi dan tahan lama.
		Membuat <i>design</i> awal dari konsep perancangan mesin pengiris singkong	Desain awal mempertimbangkan faktor keselamatan dan efisiensi penggunaan.
4	Detail produk	Menyiapkan <i>design</i> awal yang telah dikaji	Desain awal disesuaikan berdasarkan umpan balik dari UMKM agar lebih optimal.
		Menggunakan <i>design</i> akhir yang digunakan sebagai pedoman proses produksi	Hasil akhir mempertimbangkan kemudahan perawatan, keamanan, dan efisiensi produksi.

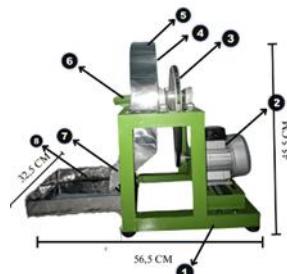
Hasil dari perancangan konsep produk berupa list komponen-komponen yang digunakan dalam perencanaan mesin pengiris singkong yang disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Komponen-komponen yang digunakan mesin pengiris singkong

No	Bagian	Varian Yang Dipilih
1	Tenaga penggerak	 Motor listrik AC
2	Sistem transmisi	 <i>V-Belt</i> dan <i>Pulley</i>
3	Profil rangka	 Besi Siku 56,5x32,5x45,5 cm
4	Bahan <i>casing</i>	 Kombinasi Plat eyser dan <i>Plat stainless steel</i> (<i>tipe 304</i>)
5	Bahan Pisau	 <i>stainless steel</i> (<i>tipe 304</i>)
6	Bentuk saluran masuk	 <i>stainless steel</i> (<i>tipe 304</i>)

No	Bagian	Varian Yang Dipilih
7	Bentuk salusan keluar	 stainless steel (tipe 304)
8	Penampung hasil pengirisan	 stainless steel (tipe 304)

Modifikasi dilakukan pada proses otomatisasi penggerak pisau, yaitu pisau di gerakan menggunakan V-Belt dan Pulley yang di gerakan oleh motor listrik. Gambar 2 menunjukkan detail komponen yang telah dirakit menjadi suatu mesin pengiris singkong.



Gambar 2. Komponen Pada Mesin Pengiris Singkong

Berikut penjelasan komponen pada mesin pengiris singkong.

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. Rangka | 5. Casing penutup piringan pisau |
| 2. Motor Listrik | 6. Saluran masuk |
| 3. V-Belt dan Pulley | 7. Saluran keluar |
| 4. Pisau dan piringan pisau | 8. Penampungan hasil pengirisan |

3.1.1 Perhitungan Transmisi Pada Mesin

1. Motor Listrik Penggerak Utama

Spesifikasi motor listrik yang digunakan adalah:

Output/P: 200 W

Voltage/Tegangan: 220 V

Frekuensi: 50 Hz

Arus: 1.1 A

Speed: 2800 RPM

- a. Besar daya yang ditransmisikan.

$$P = 200 \text{ Watt}$$

$$= 0,2 \text{ kw}$$

- b. Besar torsi.

Untuk menghitung torsi kita bisa menggunakan rumus:

$$T = \frac{P}{w} \quad (1)$$

Di mana :

$$P = \text{daya output motor (200V)}$$

ω = kecepatan sudut dalam radian per detik (rad/s), yang dihitung dengan:

$$w = \frac{2\pi N}{60} \quad (2)$$

dengan N : 2800 RPM

- a) Menghitung kecepatan sudut

$$w = \frac{2\pi \times 2800}{60}$$

$$w = \frac{5600\pi}{60}$$

$$w = 293,22 \text{ rad/s}$$

b) Menghitung torsi

$$T = \frac{P}{w}$$

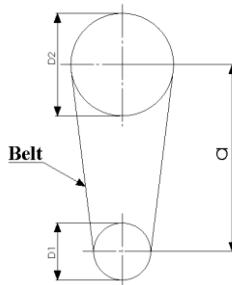
$$T = \frac{200}{293,22}$$

$$T = 0,682 \text{ Nm}$$

Berdasarkan spesifikasi motor, besar torsi motor adalah 0.682 Nm. Ini menunjukkan bahwa motor dapat memberikan gaya putar sebesar 0.682 Newton-meter saat beroperasi pada kecepatan 2800 RP.

3.1.2 Perencanaan putaran mesin

Sistem transmisi terdiri dari beberapa komponen yaitu *Pulley*, *V-Belt*, poros, dan motor listrik.. Rancangan *V-Belt* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Menghitung Panjang *V-Belt*

1. Menghitung panjang *V-Belt*

Untuk menghitung panjang *V-Belt* yang akan dipakai menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L = 2.a + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4.a}$$

Berikut gambar 4.10 Menghitung panjang *V-Belt*

Dimana :

$$D_1 = 40,5 \text{ mm}$$

$$D_2 = 160 \text{ mm}$$

$$a = 210 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan:

$$L = 2.a + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 + D_1)^2}{4.a}$$

$$L = 2.210 + \frac{\pi}{2}(160 + 40,5) + \frac{(102 + 40,5)^2}{4.210}$$

$$L = 420 + \frac{\pi}{2} \cdot 200,5 + \frac{171,61}{840}$$

$$L = 420 + 314,785 + 47,857$$

$$L = 782,642 \text{ mm}$$

Dari data *V-Belt* yang ada dipasaran maka *V-Belt* yang dipakai adalah *V-Belt* tipe A 30 dengan panjang 783 mm.

3.2 PEMBAHASAN

Pada bagian ini, dilakukan analisis terhadap hasil penelitian yang telah dilaksanakan untuk menjawab tujuan utama dari perancangan mesin pengiris singkong menggunakan metode Pahl & Beitz. Pembahasan mencakup evaluasi efisiensi dan efektivitas mesin, penerapan metode perancangan, peningkatan keselamatan operator, serta dampak teknologi ini terhadap produktivitas UMKM.

3.2.1 Efisiensi dan Efektivitas Produksi dengan Mesin Pengiris Singkong

Mesin pengiris singkong yang dirancang dalam penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi produksi. Dengan kapasitas hingga 70 kg/jam, mesin ini mampu mengolah singkong lebih cepat

dibandingkan metode manual yang hanya mencapai 10–15 kg/jam. Proses ini mempercepat alur produksi dan memungkinkan UMKM untuk memenuhi permintaan yang lebih besar dalam waktu yang lebih singkat. Efisiensi waktu ini berdampak langsung pada peningkatan jumlah produk yang dihasilkan setiap harinya. Selain itu, penggunaan motor listrik dengan putaran stabil menjadikan mesin bekerja dengan performa maksimal tanpa adanya gangguan teknis selama pengoperasian.

3.2.2 Penerapan Metode Pahl & Beitz

Metode Pahl & Beitz diterapkan secara sistematis dalam perancangan mesin, dimulai dari klarifikasi tugas hingga evaluasi desain. Pada tahap klarifikasi tugas, kebutuhan spesifik UMKM seperti kapasitas produksi, dimensi mesin, dan efisiensi proses diidentifikasi dengan detail. Pengembangan konsep dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa alternatif desain, seperti sistem transmisi dan bahan yang digunakan. Alternatif terbaik dipilih berdasarkan kemudahan perawatan, dan keberlanjutan. Tahap perancangan bentuk mencakup pembuatan desain komponen yang akan digunakan. Evaluasi desain dilakukan melalui uji coba mesin untuk memastikan bahwa mesin memenuhi semua kriteria teknis dan fungsional yang ditentukan sebelumnya. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap aspek mesin mulai dari efisiensi hingga kenyamanan operator.

3.2.3 Penerapan Kesehatan

Keselamatan kerja menjadi fokus utama dalam perancangan mesin pengiris singkong ini. Mesin dilengkapi dengan casing pelindung pada piringan pisau, yang berfungsi mencegah kontak langsung antara operator dan komponen yang bergerak. Dengan adanya pelindung ini, risiko cedera akibat kecelakaan kerja dapat diminimalkan. Selain itu, bahan stainless steel tipe 304 yang digunakan untuk casing memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi dan benturan, sehingga tidak hanya melindungi pengguna tetapi juga memastikan mesin tetap aman digunakan dalam jangka panjang. Keandalan material ini sangat penting untuk mendukung keselamatan kerja, terutama di lingkungan yang sering terpapar kelembapan dan bahan organik.

3.2.4 Dampak Ekonomi bagi UMKM

Mesin pengiris singkong ini memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi UMKM Keripik di Wonosobo. Dengan peningkatan kapasitas produksi hingga lima kali lipat, UMKM dapat memenuhi pesanan dalam jumlah besar tanpa harus menambah investasi pada tenaga kerja. Penggunaan teknologi tepat guna ini juga membantu mengurangi pemborosan bahan baku, yang sebelumnya menjadi salah satu tantangan dalam proses pengirisian manual. Dengan hasil irisan yang lebih seragam, produk keripik menjadi lebih konsisten dalam kualitas, sehingga dapat dijual dengan harga lebih kompetitif.

3.2.5 Kontribusi terhadap Pengembangan Teknologi Tepat Guna

Penelitian ini memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan teknologi tepat guna untuk sektor UMKM. Mesin pengiris singkong yang dirancang dengan metode Pahl & Beitz menjadi contoh aplikasi desain sistematis yang dapat diterapkan pada berbagai kebutuhan industri kecil. Dengan fokus pada kebutuhan spesifik pengguna, mesin ini menunjukkan bagaimana teknologi sederhana dapat diadaptasi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk [17] [18] [19]. Keunggulan utama desain mesin ini terletak pada efisiensi energi, kemudahan perawatan, serta keseragaman hasil irisan yang tinggi. Penggunaan material stainless steel tipe 304 memastikan standar higienitas pangan dan durabilitas mesin dalam jangka panjang. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan pada uji lapangan yang masih terbatas pada satu lokasi UMKM dan belum mencakup variasi ukuran singkong yang berbeda. Studi lanjutan disarankan untuk menilai kinerja mesin pada berbagai jenis bahan baku dan kondisi operasional yang lebih luas.

3.2.6 Analisis Perbandingan dengan Penelitian Terbaru

Penelitian ini menunjukkan peningkatan kinerja dibandingkan mesin karya Guritno et al. [9] yang memiliki kapasitas 50 kg/jam dengan sistem transmisi rantai yang bising dan membutuhkan perawatan tinggi, serta rancangan Pratama [11] yang menghasilkan irisan kurang seragam akibat getaran pisau. Mesin hasil rancangan ini mampu mencapai kapasitas 70 kg/jam dengan keseragaman irisan 95%, didukung sistem transmisi *V-Belt* dan *Pulley* yang lebih stabil, hemat energi, serta penggunaan bahan stainless steel tipe 304 yang higienis dan tahan korosi. Dengan demikian, penerapan metode Pahl & Beitz terbukti menghasilkan desain mesin yang lebih efisien, ergonomis, dan sesuai kebutuhan operasional UMKM.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan mesin pengiris singkong berbasis metode Pahl & Beitz yang terbukti lebih efisien, ergonomis, dan higienis dibandingkan proses manual. Mesin mampu mengiris singkong hingga 70 kg/jam dengan ketebalan irisan seragam, menggunakan motor listrik hemat energi serta sistem transmisi *V-Belt* dan *Pulley* yang stabil dan minim gangguan. Dimensi mesin yang kompak (56,5 cm × 32,5 cm × 45,5 cm) sesuai dengan ruang produksi UMKM, sedangkan bahan stainless steel tipe 304 menjamin

ketahanan dan kebersihan selama proses produksi. Desainnya juga memperhatikan aspek keselamatan dan kenyamanan operator, dilengkapi pelindung pisau, sistem operasi sederhana, dan tombol darurat yang meningkatkan keamanan kerja. Dengan demikian, mesin ini berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi energi, serta kualitas dan keselamatan kerja pada UMKM pengolahan pangan. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi metode Pahl & Beitz dalam desain mesin pengiris singkong yang menggabungkan efisiensi energi, ergonomi, dan higienitas dalam satu rancangan kompak, yang belum banyak diterapkan dalam penelitian terdahulu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Slamet, A. Ardiansyah, and M. Marwan, "Pengembangan Mesin Otomatis untuk Meningkatkan Produktivitas UMKM di Sektor Pengolahan Pangan," *J. Tek. Ind.*, vol. 12, no. 3, pp. 45–56, 2021.
- [2] E. F. Soeprapto and A. Wibisono, "Perancangan Mesin Pemotong Kain Upper Sandal yang Ergonomis Menggunakan Metode Pahl and Beitz," in *Prosiding Seminar Nasional Waluyo Jatmiko*, 2023, pp. 121–130.
- [3] F. Friska, "Inovasi Pembuatan Risol dengan Kulit Risol Berbahan Dasar Singkong," *J. Pesona Hosp.*, vol. 15, no. 2, 2022.
- [4] E. A. Muhammad, "Analisis Kecepatan Putar (RPM) dan Waktu Pemotongan Singkong pada Mesin Perajang Singkong," Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali Cilacap, 2022.
- [5] D. Natasya, "Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Aktif Ampas Kopi terhadap Permukaan Stainless Steel 304 dengan Variasi Temperatur Menggunakan Proses Pack Carburizing," Universitas Malikussaleh, 2023.
- [6] S. S. Agung, "Penyebab Kerusakan Motor Listrik Penggerak Pompa Hidraulik Crane Saat Proses Bongkar Muat Di MV. Sinar Sejati," Universitas Maritim AMNI (UNIMAR AMNI) Semarang, 2022.
- [7] S. Irfan, "Rancang Bangun Mesin Pond Pneumatik Untuk Home Industri," Universitas Pasundan, 2023.
- [8] H. Heldiansyah, H. Gunawan, M. Suhaimi, M. Salim, and K. Yanuar, "Perancangan Awal Aplikasi Uji Sand Cone Kepadatan Lapangan Pekerjaan Tanah Berbasis Android," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 5, no. 2, pp. 1035–1045, 2023.
- [9] M. W. S. Guritno, M. Muhajir, and N. Saputra, "Penerapan Teknologi Mesin Pemotong Singkong untuk Meningkatkan Produktivitas UMKM di Dusun Miri, Polokarto, Sukoharjo," *J. Berdaya Mandiri*, vol. 6, no. 2, pp. 90–97, 2024.
- [10] D. Rahmat, P. Rendy, and K. Mufidin, "Rancang Bangun Mesin Pencetak Pelet Pakan Ternak Sapi," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2021.
- [11] E. M. Pratama, "Perancangan Mesin Pengiris Jahe," *E-Proceeding FTI*, 2022.
- [12] A. R. Ramadhan, D. E. Septiyani, and H. Widiantoro, "Perancangan Mesin Pembuat Pelet Apung Berbahan Maggot Berkapasitas 20 Kg/Jam dengan Metode TRIZ," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 2021, pp. 283–288.
- [13] D. P. Y. A. L. Sandopart *et al.*, "Analisis Efisiensi Biaya Produksi pada Kegiatan Perusahaan Manufaktur dengan Teknologi Artificial Intelligence," *J. Akunt. Dan Manaj. Bisnis*, vol. 3, no. 1, pp. 25–37, 2023.
- [14] B. Setiawan, "Change Processes Model dengan Pendekatan Sistematis dalam Proyek Konstruksi," *Community Dev. J. J. Pengabdi. Masy.*, vol. 5, no. 5, pp. 9633–9645, 2024.
- [15] M. A. R. Siregar, "Peningkatan Produktivitas Tanaman Padi melalui Penerapan Teknologi Pertanian Terkini," OSF, 2023.
- [16] R. Dermawan, "Pengembangan Mesin Pengupas Kulit Kopi Menggunakan Metode VDI 2221," *Presisi*, vol. 24, no. 2, pp. 54–63, 2022.
- [17] N. Y. S. Sarpong, J. O. Akowuah, E. A. Amoah, and J. O. Darko, "Enhancing Cassava Grater Design: A Customer-Driven Approach Using AHP, QFD, and TRIZ Integration," *Heliyon*, vol. 10, no. 16, p. e36167, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e36167.
- [18] G. Li *et al.*, "Research Progress on Mechanization Technology and Equipment for Cassava Field Production," *Agriculture*, vol. 14, no. 11, p. 1926, Oct. 2024, doi: 10.3390/agriculture14111926.
- [19] N. Mohd Aripin, F. Mahmud, K. L. Lee, and S. Hussain, "Systematic Literature Review: Lean Ergonomics Analysis in Small & Medium Enterprises (SMEs) Manufacturing Sector," *J. Technol. Oper. Manag.*, vol. 19, no. 1, pp. 89–108, Jul. 2024, doi: 10.32890/jtom2024.19.1.7.