

# Desain Mesin Pembuatan Gula Semut Berbahan Dasar Nira Kelapa Skala UMKM

Aswan Munang<sup>1\*</sup>, Dina Racmawaty<sup>2</sup>, Arif Reza Basirun<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

<sup>1,2,3</sup>Jln. Di. Panjaitan No.128 Purwokerto Selatan, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53147, Indonesia

E-mail: aswan@ittelkom-pwt.ac.id<sup>1</sup>, dina@ittelkom-pwt.ac.id<sup>2</sup>, areza@ittelkom-pwt.ac.id<sup>3</sup>

## Abstrak

### Info Naskah:

Naskah masuk: 15 November 2022

Direvisi: 26 Desember 2022

Diterima: 12 Januari 2023

Pengembangan produk merupakan perpaduan tren teknologi yang berperan dalam menciptakan karya-karya inovatif. Desain konseptual merupakan fase awal pengembangan konfigurasi produk inovatif. Pengolahan nira kelapa menjadi gula semut tradisional memiliki kendala proses produksinya membutuhkan waktu 4 sampai 6 jam dan memiliki kadar air diatas 3%. Tujuan penelitian mendapatkan desain mesin untuk meningkatkan volume produksi dan mengurangi kadar air dalam gula semut. Proses perancangan mesin dimulai dengan melakukan wawancara dengan 20 orang pengrajin gula semut dengan pengalaman kurang lebih 5 tahun sehingga mendapatkan informasi kebutuhan prioritas. Metode VOC (*Voice of Customer*) dapat digunakan untuk mengetahui desain dan spesifikasi prioritas. Hasil dari proses VOC mendapatkan (1) komponen mesin yang terbuat dari material *food grade*, (2) mesin produksi mudah dioperasikan dan mudah perawatan, (3) mesin produksi dengan biaya operasional dan harga terjangkau dikalangan UMKM. Proses pengembangan desain memiliki dua alternative mesin dibuat menggunakan *software solidworks*. Hasil penilaian sebanyak 30 pengrajin UMKM gula semut memilih alternatif desain mesin dua dengan dimensi 70 x 60 x 155 cm. Kelebihan dari alternatif desain mesin dua memiliki sensor suhu untuk mengatur katup gas serta panci dengan isolator sehingga dapat menjaga kesetabilan suhu. Desain mesin gula semut masih memerlukan inovasi dan pengembangan dalam upaya peningkatan produksi dan kualitas.

## Abstract

### Keywords:

design;  
voice of customer;  
food-grade;  
solidworks.

Product development is a combination of technological trends that play a role in creating innovative works. Conceptual design is the initial phase of developing innovative product configurations. The processing of coconut sap into traditional palm sugar has constraints; the production process takes 4 to 6 hours and has a moisture content above 3%. The research objective was to obtain a machine design to increase production volume and reduce the water content in palm sugar. The machine design process begins with conducting interviews with 20 palm sugar craftsmen with approximately 5 years of experience to obtain information on priority needs. The VOC (*Voice Of Customer*) method can be used to determine priority designs and specifications. The results of the VOC process are (1) machine components made of food-grade materials, (2) production machines that are easy to operate and easy to maintain, (3) production machines with operational costs and affordable prices among MSMEs. The design development process has two alternative machines made using the Solidworks software. The results of the assessment of 30 SMEs' palm sugar selected alternative two machine designs with dimensions of 70 x 60 x 155 cm. The advantage of the second engine design alternative is that it has a temperature sensor to adjust the gas valve and a pan with an insulator so that it can maintain temperature stability. The design of the palm sugar machine still requires innovation and development to increase production and quality.

### \*Penulis korespondensi:

Aswan Munang

E-mail: aswan@ittelkom-pwt.ac.id

## 1. Pendahuluan

Desain merupakan salah satu komponen integrasi dari proses manufaktur yang menjadi bagian penting perencanaan rekayasa produk. Inovasi teknologi dapat memberikan kesetabilan dalam pengelolaan bahan baku secara otomatis dengan biaya terjangkau dan keamanan sesuai standar. Kombinasi pola desain terintegrasi dan aditif manufaktur dapat memberikan analisis potensi matrik produk rekayasa pengembangan konseptual sampai mempertimbangkan keterbatasan bahan serta proses manufaktur [1]. Industri 4.0 mempromosikan pemanfaatan teknologi eksponensial baru seperti aditif manufaktur untuk merespon kecepatan pertumbuhan inovasi produk. Perkembangan integrasi teknologi aditif manufaktur dan subtraktif dapat memainkan peran penting dalam produk manufaktur. Penilaian fungsi produk secara keseluruhan dengan aspek manufakturabilitas menjadi penting untuk mengurangi biaya proses produksi. Proses produksi gula semut terbuat dari nira kelapa dan aren merupakan pemanis alternatif memiliki potensi dimasukkan dalam produk makanan pengganti sukrosa. Pengaruh penambahan polivinilpirolidon (PVP) struktur mikro nira kelapa dan sifat fisikokimia pada sistem pembuatan gula kelapa berguna dalam proses teknologi bubuk memiliki peranan penting untuk pengolahan dan penyimpanan produk [2]. Pengolahan nira kelapa menjadi gula semut dapat menghasilkan produk dengan karakteristik kualitas standar menggunakan perpaduan mesin pengolahan modern.

Kabupaten Banyumas memiliki potensi sebagai daerah penghasil bahan baku gula semut dan gula kelapa berupa nira mencapai 0,5-1 liter per pohon setiap hari. Penggunaan filtrasi *membrane* dalam pengolahan nira dapat membantu proses klarifikasi, penghilangan warna, menghilangkan penggunaan bahan kimia, memiliki manfaat nyata dalam proses penguapan dan kristalisasi serta menurunkan konsumsi energi dan meningkatkan produktivitas gula [3]. Potensi bahan baku berupa nira dimanfaatkan masyarakat untuk melakukan produksi pangan berupa gula semut dan gula kelapa merupakan hasil dari eskalasi. Proses penderesan nira kelapa diperlukan peralatan bantu dalam mendukung terciptanya keselamatan bagi para pengrajin gula semut. Pengembangan peralatan panjat untuk penderes nira sudah dilengkapi dengan *safety belt* sehingga dapat digunakan dalam meningkatkan keselamatan penderesan nira kelapa [4]. Data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Banyumas, produksi gula semut atau gula kelapa mencapai kisaran 31.577,04 ton/tahun sampai 16.266,96 ton/tahun. Jumlah unit usaha gula semut dan gula kelapa Kabupaten Banyumas mencapai kisaran 26.580 perajin yang tersebar di 21 Kecamatan dengan jumlah 500 usaha mikro kecil dan menengah. Gula semut dan gula kelapa mencakup pangsa pasar cukup luas yang berasal dari kalangan kelas menengah keatas serta memiliki pangsa besar lokal maupun ekspor. Penilaian tingkat motivasi dalam pengolahan gula semut dengan menggunakan pendekatan metode analisis skala *likert* dan analisis regresi berganda masih dalam skala tinggi [5]. Meningkatnya permintaan gula semut dipasaran pastinya akan berpengaruh pada proses pengolahannya dan kualitas yang dihasilkan. Pengolahan

gula semut masih menggunakan cara tradisional dengan proses pemasakan berkisar 4 sampai 6 jam tergantung pada tungku dan besarnya api. Peningkatan proses produksi diperlukan adanya mesin untuk membantu dalam meningkatkan produktivitas serta kualitas gula semut. *Sustainable* manufaktur memiliki peran dalam proses produksi dengan memperhatikan efisiensi material dan energi serta memastikan minimnya dampak terhadap lingkungan [6]. Proses pengolahan membutuhkan suhu antara 100-120 C dengan tujuan pemasakan nira sampai mendidih secara menyeluruh dan dapat di proses menjadi gula semut. Proses pengolahan gula semut secara mekanisasi dapat meningkatkan produktivitas dan keseragaman kualitas dari setiap produksi. Pengelolaan perubahan desain produk secara kontinyu, sangat penting untuk memahami dampak, kemungkinan, dan siklus perubahan desain rekayasa produk [7]. Perubahan rekayasa desain dikategorikan dalam tiga tingkatan yang berbeda, kondisi nyaman, wajib dan segera dengan mewakili tingkat kepentingan yang berbeda untuk implementasi perubahan rekayasa. Manajemen perubahan desain teknik menghabiskan 30% hingga 50% kadang-kadang sampai 70% dari kapasitas produksi dapat mewakili 20% sampai 50% dari biaya pembuatan alat [8]. Salah satu parameter keberhasilan proses inovasi produk perlu memperhatikan peran sumber daya manusia, proses produksi, penerapan teknologi, serta konteks pengenalan implementasi inovasi di bidang manufaktur [9].

Penelitian tentang pengolahan gula semut tradisional mulai dikembangkan menggunakan mesin sebagai upaya peningkatan kualitas produk [10] proses pengolahan mempengaruhi aroma, cita rasa serta kadar air [11][12]. Mesin pengolahan gula semut masih memerlukan penambahan mesin pengering [13][14] karena kadar air gula semut berkisar sebesar 5,20% kemudian dikeringkan selama 3 jam diperoleh penurunan kadar air 2,49% sudah memenuhi SNI gula palma sehingga dapat meningkatkan kualitas [15]. Desain mesin gula semut diharapkan dapat meningkatkan kualitas dalam satu kali proses pengolahan dan harganya terjangkau [12]. Perancangan mesin diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan gula semut dengan produk akhir memiliki standar untuk mempertahankan umur simpan serta mengembangkan pangsa pasar. Pengujian mesin gula semut dengan parameter pengukuran suhu pemasakan 215 C, rendemen 10,30%, konsumsi gas 138,102% kJ, energi listrik 565,95% kJ, energi manusia 397,4% kJ dan efisiensi energi 43,7% kJ di peroleh hasil yang optimal [16].

Tujuan penelitian untuk mendapatkan desain dan spesifikasi mesin pengolahan gula semut dengan menggunakan metode VOC (*Voice of customer*). Metode VOC merupakan salah satu *tools* yang dapat digunakan dalam mengetahui spesifikasi mesin pengolahan gula semut dan selanjutnya proses desain menggunakan parameter yang didapatkan. Desain dan pengembangan produk merupakan rekayasa dari berbagai jenis produk dan ruang lingkungannya sehingga prosesnya sangat kompleks, melibatkan multidisiplin serta pengetahuan intensif. Perubahan rekayasa desain produk turunan banyak digunakan dalam meningkatkan produktivitas, kualitas,

efektifitas produk dan dapat dijadikan sumber inovasi [7]. Perancangan mesin pengolahan dapat menjadi alternatif solusi dalam peningkatan produktivitas dan kualitas sehingga mempercepat proses pengolahan gula semut. Perancangan mesin menggunakan perpaduan sistem otomasi seperti penambahan sensor suhu untuk memastikan suhu pemasakan tetap stabil. Proses pengadukan dengan motor listrik dapat mengatur kecepatan pengadukan. Pemasakan menggunakan kompor gas tekanan tinggi dan regulator otomasi yang dihubungkan dengan sensor suhu pada proses pemasakan nira kelapa. Sistem pengadukan menggunakan motor listrik terhubung sensor suhu sehingga kecepatannya dapat menyesuaikan kebutuhan. Perpaduan suhu pemrosesan dan mekanisasi dapat mempengaruhi sifat fisikokimia berupa tingkat kadar air, perilaku termal, kerapatan partikel, dan distribusi ukuran partikel gula semut yang dihasilkan [17].

## 2. Metode

Pada Gambar 1, proses pengembangan produk dimulai dengan mengidentifikasi data detail kebutuhan pelanggan yang menjadi poin penting dalam membangun spesifikasi produk. Data detail kebutuhan pelanggan diperoleh dengan melakukan wawancara terstruktur dan kuesioner yang melibatkan kelompok pengrajin gula semut berpengalaman lebih dari 5 tahun dengan jumlah 20 kelompok UMKM. Proses dalam mengidentifikasi dan memproses kebutuhan pelanggan menggunakan metode VOC (*Voice of customer*) memiliki potensi untuk memperjelas dalam menyusun *Front End* dengan lebih komprehensif [18]. Proses wawancara menjadi bagian dari VOC (*Voice of customer*) digunakan untuk melihat kebutuhan pelanggan serta menginterpretasikan. Matrik penilaian digunakan untuk melihat tingkat kepentingan item-item dalam pengembangan desain konsep. *Software solidwork* digunakan dalam proses membangun alternatif desain berdasarkan spesifikasi. Kuesioner dilakukan untuk mengetahui keseluruhan komponen kebutuhan mesin pengolahan gula semut. Data-data kuesioner sudah melewati uji validasi dan reability sehingga komponen bisa

digunakan dapat digunakan sebagai alat pengukuran.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. *Voice of the Customer (VOC)*

*Voice of the Customer (VOC)* merupakan metode dalam mendapatkan pemahaman tentang detail kebutuhan pelanggan. VOC sebagai alat bantu dalam mengeksplorasi kebutuhan pelanggan untuk mendapatkan lebih banyak gambaran dari variasi kualitas yang akan dibangun. Hasil wawancara identifikasi kebutuhan mesin dengan UMKM dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Voice Of The Customer UMKM

No	Hasil Wawancara/Identifikasi	Kebutuhan	Solusi	Fitur (fisik)	Lainnya
1	Penggunaan peralatan atau mesin produksi dalam pengolahan gula semut		v		
2	Dapat mempercepat proses produksi gula semut.	v			
3	Peningkatan kemampuan pengolahan variasi produk gula semut.	v			
4	Gula semut diharapkan memiliki kualitas seragam disetiap produksi.	v			
5	Mesin produksi mudah dioperasikan dan mudah perawatan.			v	
6	Penambahan peralatan otomasi dan perpaduan digitalisasi.	v			
7	Mesin produksi gula semut dapat mengurangi kandungan kadar air.	v			
8	Mesin produksi dengan biaya oprasional dan harga terjangkau dikalangan UMKM gula semut		v		
9	Komponen mesin produksi terbuat dari material <i>food grade</i> aman terhadap makan.			v	
10	Kapasitas pengolahan 10-30 liter air nira.			v	

Tabel 2. Matrik Pemeringkatan Customer Needs

No	Item Kebutuhan UMKM	Penilaian Narasumber/UMKM	Distribusi penilaian	Total Penilaian
1	Penggunaan peralatan atau mesin produksi dalam pengolahan gula semut	2.1	2	3
2	Dapat mempercepat proses produksi gula semut	2.1	2	3
3	Peningkatan kemampuan pengolahan variasi produk gula semut.	1	1	1
4	Gula semut diharapkan memiliki kualitas seragam disetiap produksi.	2.2	2	4
5	Mesin produksi mudah dioperasikan dan mudah perawatan.	2.3.2	3	7
6	Penambahan peralatan otomasi dan perpaduan digitalisasi.	2.2	3	4
7	Mesin produksi gula semut dapat mengurangi kandungan kadar air.	1.2	2	3
8	Mesin produksi dengan biaya oprasional dan harga terjangkau dikalangan UMKM gula semut	3.2.1	3	6
9	Komponen mesin produksi terbuat dari material <i>food grade</i> aman terhadap makan.	3.3.2.1	4	9
10	Kapasitas mesin produksi 10-30 liter air nira.	3.1	1	4
Total			20	40

1: Tidak Penting

2 : Penting

3: Sangat Penting [19]

Gula semut sudah menjadi salah satu sumber penghasilan warga sehingga perlu dilakukan pengelolaan mulai dari proses pendresan nira, produksi sampai pemasaran. Hasil wawancara yang dilakukan untuk mendapatkan beragam pendapat dalam pengolahan gula semut. Indikator dalam melakukan wawancara terdiri dari kebutuhan (*Needs*) merupakan gambaran jangka panjang atau masa depan dan mengarah ke produk yang akan dikembangkan sehingga prosesnya menjadi penting. Solusi merupakan jawaban dari permasalahan jangka panjang atau pendek dan fitur adalah pemenuhan fisik dari solusi dominan dari penembangan produk. Tabel 1 merupakan ringkasan dari 20 responden pengrajin gula semut. Hasil VOC menunjukkan bahwa tingkat prioritas dalam pengembangan pengolahan gula semut, responden menginginkan adanya mesin pengolahan, mesin dengan biaya oprasional dan harga terjangkau dikalangan pengrajin usaha mikro kecil menengah serta peningkatan kualitas hasil pengolahan gula semut.

### 3.2. Matrik Pemeringkatan Customer Needs

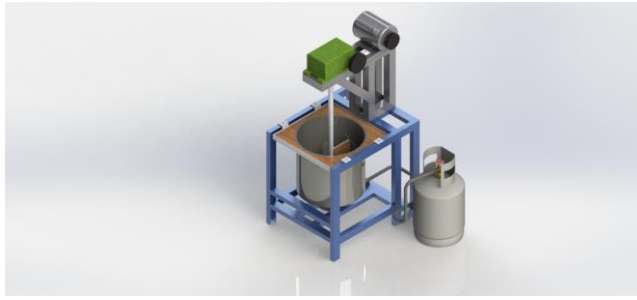
Hasil pemeringkatan *customer needs* dari pengrajin gula semut mendapatkan tingkat kepentingan dalam proses desain mesin produksi. Produk gula semut dengan orientasi ekspor sehingga mesin produksi diharapkan menggunakan komponen mesin produksi terbuat dari material memiliki keamanan terhadap makan (*food grade*) sesuai dengan penilaian mendapatkan prioritas utama dalam pengembangan. Masyarakat pengrajin tradisional mengharap mesin produksi gula semut mudah dioperasikan serta mudah perawatan sehingga mempermudah dalam ketika terjadi permasalahan mudah dilakukan pengantian komponen dan perbaikan secara mandiri. Mesin menjadi kebutuhan penting dalam peningkatan kapasitas produksi dan peningkatan kualitas.

Modal usaha dan biaya operasional menjadi salah satu permasalahan dalam mendatangkan mesin pengolahan moderen. Produksi gula semut tradisional tidak dilakukan setiap hari dikarenakan ketersediaan volume air nira. Ketersediaan air nira menjadi salah satu indikator dalam mendesain mesin dengan rencana kapasitas produksi 10 sampai 30 liter nira. *Customer needs* dapat melihat tingkat indikator prioritas yang menjadi parameter dalam mendesain mesin pengolahan gula semut. Matrik pemeringkatan *customer needs* dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

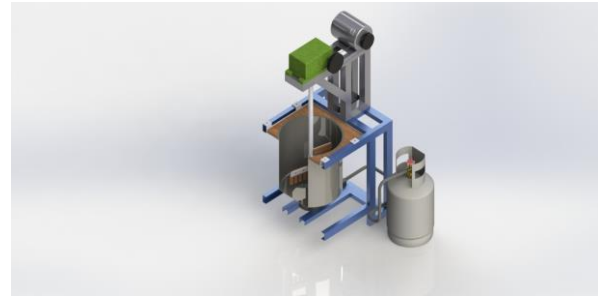
### 3.3 Desain Mesin Pengolahan Gula Semut

Proses desain menggunakan *software solidwork*, dimensi perancangan mesin dengan data pengukuran langsung di UMKM dan parameter-parameter data yang di peroleh dari pengolahan data produksi gula semut. Desain memiliki peran penting dalam menentukan fungsional komponen dan kemudahan proses operasional, *assembly* maupun perawatan. Sistem Otomasi merupakan bagian dari manufaktur cerdas yang bisa di adopsi dalam kerangka desain dalam mendukung stabilitas peningkatan produktivitas [20]. Berdasarkan parameter yang di dapat maka ada dua alternatif desain. Desain dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

Alternatif desain mesin gula semut satu menggunakan spesifikasi motor listrik 1 HP 1 *phasa* dan *gearbox reducer* rasio 1:50. Proses pengadukan sudah menggunakan motor listrik dapat menghindari panas yang tidak merata pada proses kristalisasi gula semut. Panci pengolahan gula semut menggunakan *stainless steel 201 food grade* memiliki standar dalam pengolahan makanan. Proses pemanasan air nira menggunakan kompor gas bertekanan tinggi dengan pengaturan manual dan



a



b

Gambar 2. Alternatif Desain Mesin Satu (a,b)



a



b

Gambar 3. Alternatif Desain Mesin Satu (a,b)

diperlukan pengecekan dengan jeda waktu tertentu. Proses pemasakan dibutuhkan suhu yang stabil sehingga tidak berpengaruh pada rasa dan warna gula semut.

Alternatif desain mesin gula semut dua memiliki spesifikasi sama dengan penambahan sistem semi otomatis pada sensor panas yang terhubung dengan katup gas sehingga suhu pemasakan stabil serta dapat mengontrol penggunaan konsumsi gas. Panci di desain dengan dua lapis sehingga memiliki ruang isolator. Fungsi ruang isolator pada panci untuk pengisian air dengan volume kurang lebih 5 sampai 10 liter. Proses panas yang dihasilkan oleh kompor kemudian di transfer melalui air selanjutnya ke nira kelapa. Ruang isolator dengan bahan air diharapkan dapat mengurangi kerusakan kandungan-kandungan nutrisi pada gula semut saat proses produksi. Proses desain dengan menggunakan parameter tingkat kepentingan penilaian dari narasumber pengrajin gula semut. Alternatif mesin produksi gula semut terdiri dari dua jenis desain yang akan menjadi pilihan berdasarkan penilaian kualitatif untuk menentukan alternatif desain. Matrik penilaian desain mesin dapat dilihat pada Tabel 3.

Penilaian alternatif desain mesin dilakukan dengan melibatkan 55 pengrajin UMKM gula semut aktif dan warga masyarakat yang sudah melakukan produksi gula semut. Hasil penilaian 30 pengrajin UMKM gula semut memilih alternatif desain mesin dua menjadi pilihan dalam implementasi mesin gula semut. Desain mesin dua dengan penambahan sensor suhu dan beberapa komponen semi otomatis menjadi pilihan dalam pembuatan mesin gula semut. Desain mesin gula semut dapat mendukung proses produksi dengan biaya operasional murah dan harga

terjangkau dikalangan pengrajin UMKM. Proses mengadopsi teknologi tepat guna berupa mesin gula semut sebagai upaya dalam meningkatkan, produktivitas dan kualitas standar.

#### 4 Kesimpulan

Desain membantu pengembangan produk melalui proses dan aktivitas yang kompleks dalam menciptakan gambaran inovasi untuk memberikan kontribusi secara nyata. Proses penggalan konsep desain mesin dimulai dengan mengumpulkan informasi dengan metode VOC (*Voice of customer*) dari kelompok pengrajin UMKM gula semut. Alternatif desain mesin dari parameter-parameter penilaian menghasilkan dua skema desain dan spesifikasi. Proses pemilihan desain dengan penilaian kuantitatif menghasilkan desain mesin dua menjadi prioritas pilihan dengan total 30 pengrajin UMKM. Desain mesin gula semut dikembangkan berdasar dari kebutuhan UMKM harapannya dapat menjadi salah satu solusi dalam meningkatkan proses produksi dan kualitas gula semut. Proses implementasi dan pengembangan mesin gula semut masih menjadi sektor yang membutuhkan inovasi dalam mendukung tumbuhnya UMKM gula semut.

#### Ucapan Terimakasih

Terima kasih diberikan kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi melalui Direktorat Riset dan Teknologi dan Pengabdian Masyarakat sebagai pemberi dana penelitian dan laboratorium Teknik Industri IT Telkom Purwokerto sebagai tempat pengembangan mesin serta kelompok pengrajin UMKM gula semut.

## Daftar Pustaka

- [1] J. Kaspar, J. Reichwein, E. Kirchner, and M. Vielhaber, "Integrated design pattern matrix for additive manufacturing – A holistic potential analysis for systemic product and production engineering," *Procedia CIRP*, vol. 84, pp. 480–485, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.04.195.
- [2] V. A. Maidannyk, V. S. N. Mishra, S. Miao, M. Djali, N. McCarthy, and B. Nurhadi, "The effect of polyvinylpyrrolidone addition on microstructure, surface aspects, the glass transition temperature and structural strength of honey and coconut sugar powders," *J. Futur. Foods*, vol. 2, no. 4, pp. 338–345, 2022, doi: 10.1016/j.jfutfo.2022.08.005.
- [3] H. Zhang, J. Luo, L. Liu, X. Chen, and Y. Wan, "Green production of sugar by membrane technology: How far is it from industrialization?," *Green Chem. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 27–43, 2021, doi: 10.1016/j.gce.2020.11.006.
- [4] A. Z. Yamani and A. Munang, "Rancang Bangun Alat Panjat Untuk Penderes Nira Kelapa Di Kabupaten Banyumas," *Spektrum Ind.*, vol. 17, no. 1, p. 87, 2019, doi: 10.12928/si.v17i1.12727.
- [5] B. A. Laksono, A. Hartati, D. Kusnaman, F. Pertanian, and U. Jenderal, "Ke Gula Semut Di Desa Tanggeran Kabupaten Banyumas Motivation Coconut Sugar Producers To Switch From Brown Sugar To Coconut Sugar in Tanggeran Village Banyumas Regency," vol. 23, no. 2, pp. 369–380, 2021.
- [6] L. S. R. Krishna and P. J. Srikanth, "Evaluation of environmental impact of additive and subtractive manufacturing processes for sustainable manufacturing," *Mater. Today Proc.*, vol. 45, no. 4, pp. 3054–3060, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.060.
- [7] I. Ullah, D. Tang, and L. Yin, "Engineering Product and Process Design Changes: A Literature Overview," *Procedia CIRP*, vol. 56, pp. 25–33, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.10.010.
- [8] G. Q. Huang, W. Y. Yee, and K. L. Mak, "Current practice of engineering change management in Hong Kong manufacturing industries," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 139, no. 1-3 SPEC, pp. 481–487, 2003, doi: 10.1016/S0924-0136(03)00524-7.
- [9] F. T. Sunmola and A. Javahernia, "Manufacturing process innovation deployment readiness from an extended people, process, and technology framework viewpoint," *Procedia Manuf.*, vol. 55, no. C, pp. 409–416, 2021, doi: 10.1016/j.promfg.2021.10.056.
- [10] R. Indrawati, S. Cahyono, and D. E. Putra, "Inovasi Teknologi Produksi Gula Semut di Tasikmalaya," *KACANEGARA J. Pengabd. pada Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–20, 2019, doi: 10.28989/kacanegara.v3i1.477.
- [11] N. T. Sonya, S. Hartini, and R. Lydia, "DARI NIRA AREN YANG DIPENGARUHI pH DAN KADAR AIR," 2009.
- [12] N. V. Momongan, R. Molenaar, and E. O. H. Laoh, "Analisis Ekonomi Mesin Pengolah Nira Aren Menjadi Gula Semut Di Kelompok Tani Karya Tani Di Desa Talaitad," 2021.
- [13] . Mariam, Hasniar and A. Mustafa, "Perbaikan Produksi Gula Semut Ukm Mama Garden Dengan Aplikasi Mesin Pengereng Dan Mesin Penghalus (Disk Mill)," *J. Din. Pengabd.*, vol. 6, no. 1, pp. 71–82, 2020, doi: 10.20956/jdp.v6i1.11516.
- [14] A. Pratama, Oktavima Wisdaningrum, and Magdalena Putri Nugrahani, "Pendampingan dan Penerapan Teknologi Untuk Peningkatan Produktivitas Usaha Mikro Gula Semut," *Din. J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 4, no. 2, pp. 275–284, 2020, doi: 10.31849/dinamisia.v4i2.3490.
- [15] H. Kurniawan, F. I. Khalil, K. R. Septiyana, M. Adnand, I. Adriansyah, and H. Nurkayanti, "Peningkatan Kualitas Gula Semut Melalui Introduksi Alat Pengereng bagi Kelompok Pengrajin Gula Aren di Desa Kekait Kabupaten Lombok Barat," *J. Community Dev. Empower.*, vol. 1, no. 2, pp. 88–95, 2021, doi: 10.29303/jcommdev.v1i2.12.
- [16] S. F. E. Pomantow, L. Lengkey, and R. Molenaar, "Uji Kinerja Mesin Pengolah Gula Semut Horja Mpn20 Di Kelompok Tani Karya Tani Desa Talaitad Kecamatan Suluun Tareran," *Cocos*, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/cocos/article/view/35468>.
- [17] A. D. Saputro, D. Van de Walle, and K. Dewettinck, "Physicochemical properties of coarse palm sap sugars as natural alternative sweetener," *Food Biosci.*, vol. 38, no. 1, p. 100780, 2020, doi: 10.1016/j.fbio.2020.100780.
- [18] S. Vinalli and C. Cziulik, "Seven steps to the voice of the customer," *Int. Conf. Eng. Des.*, pp. 1–10, 2003.
- [19] L. M. Shillito, *Acquiring, Processing and Deploying Voice of the Customer*, vol. 34, no. 7. 2001.
- [20] Y. Lu, X. Xu, and L. Wang, "Smart manufacturing process and system automation – A critical review of the standards and envisioned scenarios," *J. Manuf. Syst.*, vol. 56, no. May, pp. 312–325, 2020, doi: 10.1016/j.jmsy.2020.06.010.