

KAJIAN TEKNOLOGI PEMBUATAN GULA SEMUT AREN ORGANIK PADA KELOMPOK TANI JATI REJO 1 DESA PARTIMBALAN

Suprpto¹⁾, Henry Iskandar²⁾, Eka Daryanto³⁾, Listiyanto⁴⁾, Selamat Riadi⁵⁾, Jubaidah⁶⁾, Latifah R. Nurfazriah⁷⁾, Yopan R. Aldori⁸⁾, Asido Giovan Panjaitan⁹⁾, Taufik Firmansyah Nasution¹⁰⁾

^{1,2,3,4,5)}Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Negeri Medan,

⁶⁾Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Fisika, Universitas Negeri Medan,

⁷⁾Universitas Negeri Medan

⁸⁾Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Medan Area (UMA)

^{9,10)}Fakultas Teknik, Mahasiswa Teknik Mesin dan Otomotif Universitas Negeri Medan

suprpto@unimed.ac.id.

Abstract

Organic palm sugar (GSAO) is a highly sought-after commodity in national and international markets. The development of drying technology is crucial to obtain GSAO quality that meets market standards. The tray dryer machine owned by the Jati Rejo-1 farmer group (KTJR-1) partner still needs to meet the technical drying standards. This Community Service Program (PKM) aims to apply scientific and technological expertise in developing rotary drying machine (RDM) technology to improve the quantity and quality of GSAO products. The PKM implementation methods include surveys, observations, training and assistance, and analysis of the existing tray dryer machine at the partner's site. The design results of the machine and heat transfer can serve as a basis for partners in fabricating a drying machine by applying efficient heat transfer principles to enhance the quality and efficiency of GSAO production.

Keywords: Organic palm sugar, rotary drying machine, efficiency.

Abstrak

Produk Gula semut aren organik (GSAO) merupakan komoditi yang sangat diminati dipasar nasional dan internasional. Pengembangan teknologi pengering sangat diperlukan untuk mendapatkan kualitas GSAO yang dapat memenuhi standar pasar. Mesin pengering jenis rak yang dimiliki mitra kelompok tani jati rejo-1 (KTJR-1) belum memenuhi standar teknis pengering. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) bertujuan penerapan ilmu dan ahli teknologi dalam pengembangan teknologi pengeringan rotary drying machine (RDM) untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produk GSAO. Metode pelaksanaan PKM mencakup survei, observasi, pelatihan dan pendampingan, serta analisis mesin pengering jenis rak yang ada di mitra. Hasil rancangan mesin dan perpindahan panas dapat dijadikan dasar oleh mitra dalam fabrikasi sebuah mesin pengering dengan menerapkan prinsip perpindahan panas yang efisien untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi GSAO.

Keywords: Gula aren semut organik, rotary drying machine, efisiensi.

PENDAHULUAN

Gula semut aren organik (GSAO) telah menjadi salah satu

produk pertanian lokal-Indonesia yang semakin diminati baik di dalam negeri dan maupun di pasar internasional. Keistimewaan gula semut aren organik

tidak hanya terletak pada rasanya yang khas dan manfaat kesehatannya yang tinggi, tetapi juga pada proses produksi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. GSAO dengan cita rasanya yang kaya dan sebagai alternatif alami pengganti gula pasir telah menjadikan fokus utama bagi konsumen yang semakin sadar akan pentingnya makanan alami dan sehat. Seiring dengan tren tersebut, permintaan akan gula aren semut tidak hanya meningkat secara signifikan di pasar nasional, tetapi juga mendapat perhatian di pasar internasional dan menunjukkan pertumbuhan yang konsisten dalam beberapa tahun terakhir. Menurut data dari Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa, Food Agriculture and Organization (FAO), produksi gula aren secara global meningkat sebesar 5% setiap tahunnya, mencapai puncak produksi sebesar 11,2 juta ton pada tahun 2023 (FAOSTAT, 2023) (FAO., 2022). Penelitian pasar yang dilakukan oleh Euromonitor International juga mengkonfirmasi tren ini, dengan mencatat bahwa permintaan akan gula aren semut terus meningkat di pasar-international seperti Amerika Utara, Eropa, dan Asia Pasifik (Euromonitor International, 2023) (Navaityte, Baksajev, Solomon, Stalenis, & Aciene, 2020).

Indonesia pada tahun 1990-an merupakan negara pengeksport gula pasir terbesar dunia, namun kondisi menjadi berubah menjadi negara pengimpor gula terbesar dunia saat ini. Perubahan struktur dan kebijakan Indonesia, pertumbuhan populasi yang pesat, tidak sebanding dengan jumlah produksi, kebijakan perdagangan, fluktuasi harga di pasar internasional, perubahan iklim dunia dan produktivitas pertanian merupakan faktor yang berperan dalam perubahan Indonesia menjadi pengeksport gula

terbesar dunia. Selain itu, permintaan akan produk gula semut sebagai produk unggulan memiliki potensi pasar dalam dan luar negeri yang sangat tinggi.

Berdasarkan data *Brigde Market Food Research* (Bridges, 1989) menunjukkan permintaan gula semut aren dunia terus meningkat hingga tahun 2029 hingga mencapai 10%-15% setiap tahun. Namun, di balik tren pertumbuhan ini, terdapat sejumlah tantangan yang perlu diatasi untuk mengoptimalkan potensi gula aren semut. Salah satunya adalah ketersediaan pasokan yang konsisten dan berkualitas tinggi. Meskipun produksi gula semut meningkat, terdapat kendala dalam peningkatan efisiensi produksi dan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Data dari Kementerian Pertanian Indonesia menunjukkan bahwa meskipun Indonesia merupakan salah satu produsen utama gula semut di dunia, namun produktivitas masih belum optimal, dengan sebagian besar petani menggunakan teknologi tradisional yang kurang efisien (Kementerian Pertanian RI, 2023). Hal ini menunjukkan adanya potensi untuk meningkatkan produksi gula semut melalui adopsi teknologi yang lebih modern dan praktik pertanian yang berkelanjutan. Survei yang dilakukan oleh Mintel mengungkapkan bahwa sebagian besar konsumen di pasar Barat lebih cenderung memilih gula semut sebagai alternatif alami dan sehat dibandingkan dengan gula putih (Mintel, 2023). Namun, kesadaran akan gula semut masih relatif rendah di beberapa pasar berkembang, seperti di Asia-Tenggara dan Amerika Latin. Oleh karena itu, pendekatan pemasaran yang tepat dan edukasi konsumen akan menjadi kunci dalam meningkatkan penetrasi pasar gula semut di wilayah-wilayah ini. Di Sumatera Utara,

khususnya di Kabupaten Simalungun, produksi gula aren semut memiliki potensi yang signifikan. Dengan kondisi geografis yang mendukung dan adanya keberlanjutan dalam praktik pertanian tradisional, petani lokal memiliki peluang untuk meningkatkan produksi gula semut secara berkelanjutan.

Berdasarkan data Badan Pusa Statistik (BPS) Sumatera Utara tahun 2021 menunjukkan bahwa luas tanaman pohon aren mencapai 7.105 (Ha) dengan produksi gula merah berkisar 7.236 (ton). Kabupaten Simalungun merupakan kabupten penghasil gula merah terbesar di Sumut mencapai 1.232 ton/tahun dengan luas tanam 885 (Ha) (BPS Kabupaten Simalungun, 2023) sehingga berpotensi untuk pengembangan gula semut aren. Selain gula merah, pohon aren juga mempunyai produk bernilai ekonomi tinggi seperti kolang kaling, ijuk, arang, serat, minyak, dan bahkan nira yang diolah menjadi air tuak yang memiliki peran penting pada peningkatan ekonomi local. Data dari BPS menunjukkan bahwa produksi gula aren di Kabupaten Simalungun terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2022, produksi gula aren mencapai angka sekitar 56 ribu ton (BPS Kabupaten Simalungun, 2023). Selain itu, Kabupaten Simalungun juga memiliki luas lahan yang cocok untuk budidaya pohon aren bahan baku utama dalam produksi gula aren. Selain itu, permintaan akan GSAO yang terus meningkat di pasar nasional dan internasional juga menjadi dorongan bagi petani untuk memperluas lahan Perkebunan pohon aren dan produksi. Tidak hanya dari segi produksi, Kabupaten Simalungun juga memiliki potensi dari sisi pariwisata. Pariwisata pedesaan yang mengusung tema pertanian dan kegiatan agrowisata dapat menjadi peluang untuk

memperkenalkan produk lokal seperti gula semut kepada wisatawan. Dengan demikian, integrasi antara sektor pertanian dan pariwisata dapat menjadi strategi yang efektif dalam meningkatkan pemasaran dan promosi produk lokal, termasuk GSAO.

Seiring dengan meningkatnya permintaan akan GSAO dipasar nasional dan internasional, permasalahan utama yang dialami oleh mitra pada teknologi, efisiensi produksi dan kualitas produk GSAO yang dihasilkan yang belum mampu memenuhi standar produk yaitu kelembaban di bawah 3% agar dapat diterima oleh pasar. Mitra KTJR-1 memiliki keterbatasan dalam teknologi pengolahan dan pengeringan gula aren, sehingga sulit bagi mereka untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang sesuai dengan standar pasar.

Proses pengeringan masih menggunakan metode pengering konvensional tanpa dilengkapi sistem kontrol temperature dan kelembaban. Selain itu kontruksi pengering yang belum memenuhi standar teknis untuk mesin pengering yang menyebabkan proses pengeringan seringkali tidak efisien yaitu proses pengeringan membutuhkan waktu yang terlalu lama dan membutuhkan ekstra tenaga untuk membolak balik posisi produk dari atas dan bawah, karena Tingkat kekeringan yang tidak merata. Hal ini dikarenakan sistem pendistribusian panas di mesin pengering mitra belum bekerja secara optimal dan masih banyak energi panas yang terbuang percuma. Kesulitan dalam penentuan Tingkat kekeringan produk disebabkan hanya menggunakan perasaan tanpa dilengkapi sistem untuk mengontrol tingkat kelembaban produk. Tanpa adanya teknologi pengeringan yang modern dan tepat, Mitra KTJR-1 dan UMKM lainnya akan terus menghadapi tantangan dalam

menghasilkan produk GSAO yang memenuhi standar kualitas pasar.

Persoalan lain yang sering dihadapi mitra adalah proses pengelolaan keuangan dan pemasaran dikarenakan secara konvensional. Penggunaan laporan keuangan dan pemasaran produk merupakan dua aspek krusial bagi mitra dalam mengelola bisnis mereka. Permasalahan terkait laporan keuangan seringkali timbul karena kurangnya pemahaman tentang cara menyusun dan menggunakan laporan keuangan dengan efektif khususnya di era digitalisasi. Mitra mengalami kesulitan dalam mencatat transaksi keuangan secara akurat, memisahkan antara keuangan pribadi dan bisnis, serta kurangnya keterampilan dalam menganalisis laporan keuangan untuk pengambilan keputusan yang tepat. Akibatnya, hal ini dapat menghambat mitra untuk mengevaluasi kinerja keuangan mereka dengan tepat dan menghadapi masalah dalam merencanakan keuangan untuk pertumbuhan bisnis jangka panjang. Dalam hal pemasaran produk, Mitra KJTR-1 sering mengalami kendala dalam mengembangkan strategi pemasaran yang efektif. Kurangnya pemahaman tentang pasar, pesaing, dan konsumen potensial seringkali menjadi hambatan. Selain itu, terbatasnya anggaran untuk pemasaran juga sering menjadi masalah bagi mitra, yang mengakibatkan kesulitan dalam memperluas jangkauan pasar dan memperkenalkan produk mereka kepada target konsumen yang tepat. Selain itu, penggunaan platform pemasaran digital juga bisa menjadi tantangan mitra karena kurangnya pengetahuan tentang pengelolaan pemasaran digital yang efektif.

Dengan mengidentifikasi masalah-masalah ini, kegiatan PKM ini bertujuan untuk mengeksplorasi solusi

yang dapat meningkatkan efisiensi produksi, kualitas produk, dan akses pasar bagi UMKM yang bergerak dalam produksi gula semut aren di Kabupaten Simalungun dan memperbaiki sistem pemasaran dan manajemen mitra KJTR-1 dan UMKM lainnya. Dengan demikian, diharapkan kegiatan PKM ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan sektor pertanian dan UMKM di daerah tersebut, khususnya mitra KTJR-1. Tujuan spesifik yang ingin dicapai meliputi: Pertama, untuk mengidentifikasi dan menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas produk GSAO. Kedua, untuk mengevaluasi kendala-kendala yang dihadapi oleh mitra KJTR-1 dan UMKM sekitar dalam memproduksi GSAO, termasuk keterbatasan teknologi pengolahan dan pengeringan yang modern dan manajemen pemasaran dan keuangan. Dengan demikian, kegiatan PKM ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemecahan permasalahan yang dihadapi masyarakat khususnya penghasil gula aren semut di Sumatera Utara.

METODE PELAKSANAAN PKM

Kegiatan pengabdian dilaksanakan dengan KTJR-1 sebagai mitra dan beberapa UMKM lainnya yang berlokasi di Desa Jati Rejo, Partimbalan Kec. Bandar Masilam, Kabupaten Simalungun, Sumut yang berjarak ± 107 km dengan waktu tempuh ± 1 jam 37 menit dari lokasi pengusul. Pendekatan secara holistik dan berbasis pada kondisi nyata dilapangan dilakukan guna memastikan keberhasilan kegiatan PKM ini. Pendekatan ini mencakup serangkaian langkah-langkah yang terstruktur dan metodis, mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga evaluasi. **Tahap**

awal adalah perencanaan yaitu merencanakan dengan cermat semua tahapan kegiatan yang diawali dengan *focus group discussion* (FGD) semua tim PKM dan observasi langsung kelapangan. Setiap anggota tim PKM ini bertanggung jawab atas perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi dan monitoring seluruh kegiatan PKM yang telah disepakati bersama. Pelaksanaan observasi dan survei langsung ke mitra bertujuan untuk menggali informasi dan mengidentifikasi seluruh permasalahan yang dihadapi Mitra terkait baik di bidang produksi, teknologi pengeringan dan manajemen usaha UMKM. Kemudian, dari hasil observasi dan informasi yang di dapat, maka dilakukan pemetaan akan prioritas permasalahan utama yang akan dicarikan solusi atas permasalahan tersebut. Setelah itu, disusun perencanaan program yang mencakup aktivitas seperti pelatihan, workshop, pendampingan, pengembangan model bisnis, dan edukasi pada mitra KTJR-1. Adapun uraian detail kegiatan adalah sebagai berikut: Tim PKM melakukan observasi dan survei langsung kelokasi mitra, wawancara kelapangan dan menginventaris dan analisis kebutuhan mitra KTJR-1 dan stakeholder terkait untuk memastikan bahwa kegiatan yang direncanakan sesuai dengan kebutuhan dan harapan mitra. Selanjutnya, berdasarkan hasil identifikasi tersebut, Tim PKM mengembangkan **program pelatihan dan pendampingan** yang disesuaikan dengan permasalahan utama produksi dan manajemen keuangan mitra KTJR-1 dan UMKM lainnya. Program ini mencakup pelatihan teknis dalam proses pengolahan gula aren menjadi GSAO, penggunaan teknologi pengeringan modern, manajemen usaha UMKM, dan pemasaran produk dan perluasan akses pemasaran secara digital dan jejaringan dengan mitra

sejenis dan pemerintah daerah. Dalam melaksanakan kegiatan ini, tim PKM melibatkan seluruh anggota Mitra KTJR-1 dan UMKM lokal, serta melakukan pemantauan dan evaluasi berkala untuk menilai efektivitas program. **Monitoring dan Evaluasi** tetap dilakukan untuk memastikan apakah pelatihan dan implementasi teknologi yang telah diberikan di jalankan oleh mitra. Hasil-hasil dari kegiatan PKM ini didokumentasikan dan diseminasi melalui berbagai media, termasuk publikasi jurnal ilmiah, seminar, workshop, dan media sosial, sehingga pembelajaran dari proyek ini dapat diakses oleh masyarakat luas dan dapat memberikan kontribusi pada peningkatan praktik pengolahan GSAO di daerah tersebut. Melalui kegiatan PKM ini diharapkan dapat memberikan dampak positif dan berkelanjutan bagi mitra KTJR-1 dan UMKM setempat secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan gula semut aren pada dasarnya hampir sama dengan pembuatan gula aren (*brown sugar*) dengan bahan baku utama nira. Nira merupakan cairan manis yang diperoleh dari pepagan atau batang pohon aren (*Arenga pinnata*) (Rahayuningtyas & Susanti, 2015) melalui proses penyadapan. Nira yang didapat dari hasil penyadapan dari beberapa batang pohon aren kemudian disaring untuk menghilangkan kotoran dan serpihan yang mungkin terdapat di dalamnya. Tahap penyaringan ini penting untuk menjaga kebersihan nira dan mencegah kontaminasi pada tahap selanjutnya. Setelah disaring, nira siap untuk diproses lebih lanjut untuk menghasilkan gula aren. Nira kemudian dimasak yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam nira dan

menghasilkan konsentrasi gula yang tinggi. Selama proses pemasakan, nira akan terus diaduk secara berkala untuk mencegah pembakaran dan memastikan pemanasan merata. Proses ini akan menghasilkan gula aren yang padat dan siap untuk dicetak atau diproses lebih lanjut sesuai kebutuhan.



Gambar 1. Proses pembuatan gula aren semut

Gambar 1 (a-c) menunjukkan peralatan utama dalam proses produksi GSAO di mitra KJTR-1 berkapasitas 75 kg/jam yang terdiri dari mesin pembuat kristal (gambar 1a-b), mesin pengering jenis rak (tray drying) gambar 1 c, dan mesin penepung/penghalus gula aren (gambar d-e) dan produk gula aren yang dikemas dalam bungkus plastik (gambar 1f).

Dari hasil pemantauan menunjukkan bahwa selama proses pembuatan ada beberapa permasalahan yang dihadapi yaitu pada sistem pengering yang tidak bisa bekerja secara optimal yaitu waktu pengeringan yang cukup lama (8 jam/proses) dan kadar air yang masih diatas 25%. Mesin pengering menggunakan sumber panas utama dari gas yang diletakan pada sisi pada bagian bawah mesin pengering. Kelemahan dari sistem pengering ini adalah sirkulasi panas yang tidak terdistribusi merata didalam ruang

pengering dan tidak adanya kontrol temperature dan kelembaban.

Hasil observasi menunjukan bahwa rancangan mesin di mitra KTJR-1 tidak dilengkapi dengan isolasi thermal bagian kontruksi, kontrol temperatur dan kelembaban. Sistem isolasi pada mesin pengering memegang peranan sangat krusial terhadap efisiensi energi dan efektivitas operasional (Aisyah, 2015; Al Hoqani, Noura, Hossain, & Al Sibani, 2020). Tidak adanya isolasi menyebabkan peningkatan konsumsi energi karena panas yang dihasilkan terbuang melalui dinding pengering, sehingga mesin harus bekerja lebih ekstra untuk mempertahankan suhu yang optimal dalam ruang pengeringan (An, Li, Wang, Wang, & Nutrition, 2024).

Kondisi ini tentunya tidak hanya meningkatkan biaya operasional, namun mempengaruhi efisiensi pengeringan karena suhu dalam mesin tidak dapat dipertahankan secara konsisten, yang berakibat pada peningkatan waktu pengeringan dan distribusi panas hasil yang tidak merata pada ruang pengering. Dinding pengering yang tidak isolasi dengan baik tentunya juga dapat mengurangi kenyamanan dan keselamatan pekerja yang ditimbulkan panas pada dinding luar pengering. Pemanasan area kerja yang berlebihan juga menuntut sistem *heating value and air conditioning* (HVAC) untuk bekerja lebih keras dalam mempertahankan suhu ruangan, yang berdampak pada peningkatan konsumsi energi dan biaya operasional (Bal, Satya, Naik, & Reviews, 2010). Tidak adanya isolasi juga akan mempercepat kerusakan pada bagian mesin akibat fluktuasi suhu yang tidak terkontrol, tetapi dapat juga mengurangi umur operasional mesin dan meningkatkan frekuensi perawatan atau penggantian (Mathew & Thangavel, 2021; Soekarno et al.,

2023). Oleh karena itu, isolasi yang efektif pada dinding mesin pengering tidak hanya merupakan investasi terhadap efisiensi energi tetapi juga terhadap keberlanjutan operasional. Tanpa adanya kontrol suhu dan kelembaban pada mesin pengering dapat menimbulkan berbagai masalah signifikan yang mempengaruhi kualitas produk. Fluktuasi suhu yang tidak diatur bisa menyebabkan pengeringan tidak merata, merusak bahan sensitif, dan menurunkan nilai komersial produk. Selain itu, kelembaban yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme, mempengaruhi umur simpan produk yang dapat mengundang risiko kesehatan (Lasekan, 2014) (Kurniawan, Bintoro, & WK, 2018; Prastya, 2021).



Gambar 2. Kegiatan PKM dalam Implementasi TTG RDM sebagai pengganti pengering jenis Rak dalam pembuatan gula semut di mitra KTJR-1

Mesin pengering tanpa kontrol yang efektif tentukan akan mengkonsumsi lebih banyak energi dan memerlukan biaya operasional yang lebih tinggi, serta mempersingkat umur layanan mesin karena keausan/karat yang cepat pada komponen, sehingga

kontrol temperatur dan kelembaban sangat diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja mesin, efisiensi dan umur pakai (Adekanye, Abiodun, & Goals, 2023). Berdasarkan hasil observasi proses pengolahan GSAO di Mitra KJTR-1, sejumlah permasalahan utama adalah pada sistem pengering jenis rak yang tidak bekerja secara optimal, maka dalam kegiatan ini tim PKM memberikan solusi yaitu mengganti jenis sistem pengering rak dengan mesin *rotary drying machine* (RDM). Sebagai dasar dalam perencanaan untuk pembuatan mesin pengering sangat dibutuhkan sehingga saat diimplementasikan di lapangan dapat beroperasi dengan maksimal. Gambar 2 menunjukkan seluruh kegiatan PKM yang meliputi porses pembuatan gula aren, proses pelatihan pengoperasian alat RDM, pelatihan proses perawatan dan penyerahan mesin ke mitra. Hasil kegiatan secara keseluruhan berjalan dengan baik yang diindikasikan seluruh kegiatan yang telah disepakati sebelumnya dilaksanakan dan diikuti dengan baik oleh anggota kelompok tani. Keterlibatan mahasiswa dalam proses pelaksanaan kegiatan PKM juga sangat berarti dikarenakan hasil rancangan dapat diimplementasikan di masyarakat, walaupun masih ada beberapa permasalahan yang harus dikaji ulang, khususnya dalam pendistribusian udara panas kedalam drum pengering, sehingga hasil pengeringan mencapai kondisi optimal dalam mengurangi kadar air gula <3%.

KESIMPULAN

Kegiatan PKM yang dilakukan melalui transformasi teknologi pengering dan pelatihan pembuatan gula kering telah berjalan dengan baik. Kualitas gula aren pada mitra KTJR-1

belum memenuhi standar pasar dikarenakan teknologi pengeringan yang belum dapat bekerja secara optimal. Alternatif teknologi pengering yang diberikan adalah mesin pengering rotary drying machine (RDM) sebagai pengganti mesin pengering rak mampu menghasilkan tingkat kekeringan gula aren semut dengan kadar air dibawah $\pm 3\%$.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM-Unimed) yang telah memberikan dana dan dukungan kegiatan PKM melalui kontrak No.0167/UN33.8/PPKM/PKM/2024. Mitra Kelompok Tani Jati Rejo-1 yang telah mendukung dan memberikan fasilitas, Seluruh dosen dan mahasiswa yang telah banyak berkontribusi pada kegiatan PKM.

DAFTAR PUSTAKA

- Adekanye, T. A., Abiodun, O. J, Engineering, & Goals, B. f. S. D. (2023). Experimental Evaluation of an Automatic Cabinet Dryer. *1*, 1-6.
- Aisyah, N. (2015). Rancang Bangun Alat Pengering Surya Teknologi Dual (Uji Kinerja Alat Pengering Surya Teknologi Fotovoltaik Termal Ditinjau Dari Konsumsi Energi Spesifik Pada Pengeringan Kerupuk). Politeknik Negeri Sriwijaya,
- Al Hoqani, H. A. S., Noura, A.-S., Hossain, M. A., & Al Sibani, M. A. J. C. r. (2020). Isolation and optimization of the method for industrial production of chitin and chitosan from Omani shrimp shell. *492*, 108001.
- An, N.-n., Li, D., Wang, L.-j., Wang, Y. J., & Nutrition. (2024). Factors affecting energy efficiency of microwave drying of foods: An updated understanding. *64(9)*, 2618-2633.
- Bal, L. M., Satya, S., Naik, S, & Reviews, S. E. (2010). Solar dryer with thermal energy storage systems for drying agricultural food products: A review. *14*, 2298-2314.
- BPS Kabupaten Simalungun. (2023). Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Pertanian 2023, Tahap 1 Kabupaten Simalungun (Vol. 1). Simalungun: BPS Kabupaten Simalugun.
- Bridges, D. (1989). Economic analysis of United States policy impacts on the world sugar market: University of Wyoming.
- FAO. (2022). World food and agriculture statistical yearbook 2022: FAO.
- Kurniawan, H., Bintoro, N., & WK, J. N. (2018). Pendugaan umur simpan gula semut dalam kemasan dengan pendekatan arrhenius (shelf life prediction of palm sugar on packaging using Arrhenius equation). *6(1)*, 93-99.
- Lasekan, O. J. (2014). Influence of processing conditions on the physicochemical properties and shelf-life of spray-dried palm sugar (*Arenga pinnata*) powder. *32(4)*, 398-407.
- Mathew, A. A., & Thangavel, V. J. (2021). A novel thermal energy storage integrated evacuated tube heat pipe solar dryer for agricultural products: Performance and economic evaluation. *179*, 1674-1693.

- Navaityte, A., Baksajev, A., Solomon, D., Stalenis, G., & Aciene, M. (2020). Global Economic Forecasts.
- Prastya, A. A. (2021). Pengaruh Temperatur dan Waktu Proses Pembuatan Gula Aren Batok Menggunakan Prototype Stirred Discontinuous Evaporator. Politeknik Negeri Sriwijaya,
- Rahayuningtyas, A., & Susanti, N. D., Teknologi. (2015). Analisis Usaha dan Teknologi Pembuatan Gula Semut Aren Sebagai Alternative Pemanis Alami (Studi Kasus: Pada Usaha Pembuatan Kue Skala Rumah Tangga Bomis Jaya). *6*(1), 9-15.
- Soekarno, S., Nadzirah, R., Indarto, I., Lestari, N. P., Bahariawan, A., & Karimah, N. J. (2023). Pengendalian Suhu Ruang Pada Mesin Pengering Vertikal Tipe Rak (Vertical Tray Dryer) Dalam Pengeringan Biji Jagung. *11*(1), 113-124.