

ANALISIS KONSEP FISIKA PADA MESIN DRYER UNTUK PENGERINGAN GABAH

Jovica Surya Utami¹, Liana Shafa Kamila², Sudarti³

jovicasurya12@gmail.com¹, liyanakamila38@gmail.com², sudartifkip@unej.ac.id³

Universitas Jember

ABSTRAK

Pengeringan gabah merupakan tahap penting dalam proses pascapanen padi karena berpengaruh langsung terhadap kualitas dan daya simpan hasil. Mesin dryer hadir sebagai solusi modern untuk menggantikan metode tradisional yang tidak efisien dan tergantung pada cuaca. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis berbagai konsep fisika yang berperan dalam sistem kerja mesin dryer, khususnya perpindahan kalor dan massa, mekanika fluida, serta sistem kontrol otomatis. Kajian dilakukan melalui studi literatur terhadap jurnal dan publikasi ilmiah terkini yang membahas penerapan prinsip fisika dalam proses pengeringan gabah. Hasil analisis menunjukkan bahwa efisiensi pengeringan dipengaruhi oleh desain alat, suhu, kecepatan udara, serta distribusi panas yang merata. Penerapan teknologi intermiten, mikrokontroler, dan model simulasi numerik seperti CFD meningkatkan efisiensi serta menjaga mutu gabah. Selain itu, penggunaan energi terbarukan seperti biomassa dan tenaga surya menjadi arah pengembangan teknologi yang ramah lingkungan. Inovasi seperti fluidized bed dryer, microwave drying, serta pemanasan frekuensi radio juga berpotensi besar untuk meningkatkan efisiensi energi dan kualitas produk. Dengan pemahaman fisika yang mendalam, pengembangan mesin dryer dapat diarahkan menuju sistem yang lebih presisi, adaptif, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Mesin Dryer, Pengeringan Gabah, Perpindahan Kalor, Efisiensi Energi, Fisika Terapan.

ABSTRACT

Paddy drying is an important stage in the post-harvest process of rice because it directly affects the quality and storage life of the results. The dryer machine is present as a modern solution to replace traditional methods that are inefficient and dependent on the weather. This article aims to analyze various physics concepts that play a role in the working system of the dryer machine, especially heat and mass transfer, fluid mechanics, and automatic control systems. The study was conducted through a literature study of the latest scientific journals and publications that discuss the application of physics principles in the paddy drying process. The results of the analysis show that drying efficiency is influenced by the design of the tool, temperature, air speed, and even heat distribution. The application of intermittent technology, microcontrollers, and numerical simulation models such as CFD increases efficiency and maintains the quality of the paddy. In addition, the use of renewable energy such as biomass and solar power is the direction of environmentally friendly technology development. Innovations such as fluidized bed dryers, microwave drying, and radio frequency heating also have great potential to increase energy efficiency and product quality. With a deep understanding of physics, the development of the dryer machine can be directed towards a more precise, adaptive, and sustainable system.

Keywords: Dryer Machine, Paddy Drying, Heat Transfer, Energy Efficiency, Applied Physic.

PENDAHULUAN

Pengeringan gabah merupakan tahap krusial dalam proses pascapanen padi yang sangat menentukan kualitas beras dan ketahanan simpan produk. Kelebihan kadar air pada gabah dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme, mempercepat kerusakan, serta menurunkan kualitas hasil penggilingan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengeringan yang mampu menurunkan kadar air dari kisaran 25–30% menjadi 12–14%, sesuai dengan

standar kualitas nasional. Teknologi mesin dryer hadir sebagai solusi modern untuk mengatasi keterbatasan pengeringan tradisional yang sangat bergantung pada cuaca dan memakan waktu lama (Rosady dan Novitasari, 2025). Dalam prinsip kerjanya, mesin dryer tidak hanya melibatkan aspek teknik semata, melainkan juga memuat berbagai konsep fisika yang penting untuk dipahami, terutama dalam hal perpindahan kalor dan massa. Kalor dari sumber panas ditransfer ke gabah melalui mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi, yang kemudian menyebabkan penguapan air dari dalam butir. Pengetahuan mengenai proses-proses ini memungkinkan perancangan sistem pengeringan yang lebih efisien, hemat energi, dan ramah terhadap mutu gabah yang dikeringkan (Putri et al., 2025).

Proses pengeringan sangat berpengaruh terhadap kualitas akhir gabah, di mana parameter seperti kadar air menjadi penentu mutu beras yang dihasilkan. lamanya durasi pengeringan memiliki dampak signifikan terhadap karakteristik butir padi, dengan waktu optimal pengeringan antara 3 hingga 4 hari menggunakan sinar matahari. Hal ini menunjukkan pentingnya pengaturan waktu dan kondisi fisik dalam proses pengeringan untuk mencapai hasil yang optimal (Mita dan Rahmatiyah, 2025). Selain itu, penggunaan teknologi kontrol suhu pada mesin dryer turut memainkan peran penting dalam menjaga kualitas hasil pengeringan. Pada mesin pengering menunjukkan bahwa variasi suhu berpengaruh terhadap kadar air dan kadar asam lemak bebas produk. Pengaturan suhu yang tepat tidak hanya mempercepat proses pengeringan, tetapi juga mempertahankan kualitas bahan pangan, yang secara umum berkaitan erat dengan hukum termodinamika dalam konsep fisika (Kholid Prasetyo, 2024).

Mesin dryer untuk pengeringan gabah tidak hanya dituntut efisien secara termal, tetapi juga harus mampu menjaga integritas fisik gabah. Proses pengeringan yang terlalu cepat atau tidak merata dapat menyebabkan retakan pada butir gabah, yang pada akhirnya menurunkan rendemen beras saat penggilingan. Untuk mengatasi hal ini, beberapa pendekatan seperti pengeringan intermiten dan penggunaan teknologi radiasi inframerah telah dikembangkan guna mengatur distribusi kadar air dan mengurangi tegangan internal dalam bulir padi (Nosrati et al., 2022). Dengan pengaturan siklus pemanasan dan istirahat (tempering), distribusi kelembapan dapat diseimbangkan sehingga mengurangi risiko kerusakan mekanis dan meningkatkan kualitas hasil akhir. Lebih lanjut, pengembangan sistem pengering gabah saat ini juga mengarah pada integrasi model numerik dan simulasi untuk merancang sistem yang lebih presisi (Li et al., 2024). Model termal dan hidrodinamik telah digunakan untuk memprediksi aliran udara, distribusi suhu, dan difusi kelembapan dalam tumpukan gabah.

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan gabah bukan hanya persoalan teknis, tetapi juga melibatkan pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep fisika, khususnya perpindahan kalor dan massa. Penguasaan terhadap prinsip-prinsip tersebut menjadi dasar penting dalam merancang dan mengoperasikan mesin dryer yang efisien, aman, dan berkualitas. Berbagai inovasi dalam desain alat, metode pengeringan, serta integrasi teknologi modern menunjukkan bahwa pendekatan ilmiah dapat meningkatkan efisiensi energi, menjaga mutu gabah, dan mengurangi ketergantungan pada metode tradisional yang tidak stabil. Oleh karena itu, analisis fisika dalam sistem mesin dryer menjadi langkah strategis dalam mendorong ketahanan pangan dan keberlanjutan teknologi pasca panen.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur yang difokuskan pada pembahasan konsep-konsep fisika yang mendasari cara kerja mesin dryer dalam proses

pengeringan gabah. Literatur yang dikaji berasal dari jurnal nasional dan internasional yang membahas penerapan ilmu fisika dalam sistem pengering, baik secara teori maupun praktik. Tujuan dari kajian ini adalah untuk menjelaskan peran fisika dalam proses kerja mesin dryer, mulai dari bagaimana energi bekerja, bagaimana gaya dan gerak terlibat dalam distribusi panas dan udara, hingga pengaruh perubahan suhu terhadap kadar air gabah. Literatur yang dipilih berfokus pada periode 2020–2025 untuk mendapatkan informasi terkini dan relevan terhadap inovasi teknologi pascapanen, terutama dalam konteks mesin dryer berbasis energi alternatif dan otomatisasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengeringan gabah dalam mesin dryer pada dasarnya merupakan penerapan prinsip-prinsip perpindahan kalor dan massa. Kalor yang dihasilkan dari pembakaran biomassa, seperti sekam padi, ditransfer ke dalam ruang pengering melalui mekanisme konduksi (perpindahan panas melalui zat padat), konveksi (perpindahan panas melalui pergerakan fluida seperti udara), dan radiasi (pemancaran energi panas tanpa medium). Perpindahan panas secara konduksi dapat dijelaskan dengan hukum Fourier:

$$q = -k (dT/dx)$$

di mana q adalah laju perpindahan panas (W/m^2), k adalah konduktivitas termal bahan ($W/m \cdot K$), dan dT/dx adalah gradien suhu.

Perpindahan panas secara konveksi mengikuti hukum Newton:

$$q = h A (T_{\text{udara}} - T_{\text{gabah}})$$

dengan h adalah koefisien konveksi ($W/m^2 \cdot K$), A adalah luas permukaan gabah (m^2), dan T adalah suhu.

Sedangkan perpindahan panas melalui radiasi mengikuti hukum Stefan-Boltzmann:

$$q = \varepsilon \sigma A (T_{\text{dinding}}^4 - T_{\text{gabah}}^4)$$

di mana ε adalah emisivitas permukaan, dan $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ adalah konstanta Stefan-Boltzman dan T adalah suhu.

Panas ini kemudian diserap oleh butiran gabah, menyebabkan molekul air di dalamnya menguap dan terbawa oleh aliran udara yang dihasilkan blower (Putri, 2025). Jumlah energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air tersebut dapat dihitung menggunakan rumus kalor laten penguapan:

$$Q = m L$$

dengan Q adalah kalor (Joule), m massa air yang diuapkan (kg), dan L kalor laten penguapan (sekitar $2,26 \times 10^6 J/kg$).

Efisiensi pengeringan sangat dipengaruhi oleh besar perbedaan suhu antara udara panas dengan suhu awal gabah. Semakin besar perbedaannya, semakin cepat laju perpindahan kalor, yang secara umum mengikuti hubungan:

$$q \propto \Delta T$$

Namun, jika suhu terlalu tinggi tanpa kontrol, dapat muncul tegangan termal akibat gradien suhu yang terlalu tajam, yang berpotensi menimbulkan retakan internal pada gabah (Nosrati et al., 2022). Tegangan ini dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\sigma = E \alpha \Delta T$$

dengan σ sebagai tegangan termal (Pa), E modulus elastisitas bahan (Pa), α koefisien muai linear ($1/K$), dan ΔT beda suhu antara permukaan dan bagian dalam gabah. Oleh karena itu, kontrol suhu yang tepat menjadi aspek vital dalam desain dan pengoperasian mesin pengering.

Menghitung koefisien perpindahan kalor dan massa untuk mengevaluasi efisiensi proses pengeringan. Koefisien ini merepresentasikan seberapa efektif energi panas dan uap air berpindah dari udara ke gabah. Dalam rentang suhu 30–80°C dan kecepatan udara

0,54–3,27 m/s, ditemukan bahwa koefisien perpindahan kalor mencapai $2.474 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, sedangkan perpindahan massa sebesar $4,807 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ (Golpour et al., 2021). Nilai-nilai ini sangat penting untuk menentukan parameter operasional mesin pengering secara ilmiah. Selain itu, konsep mekanika fluida juga berperan penting, karena udara panas bergerak dari blower ke seluruh ruang pengering membawa energi panas melalui konveksi paksa. Namun, struktur pori pada tumpukan gabah dapat mengganggu aliran udara, menciptakan zona mati yang menghambat distribusi panas. Pemodelan dengan Computational Fluid Dynamics (CFD) membuktikan bahwa bentuk bulir gabah yang tidak bulat menyebabkan pola aliran udara menjadi tidak seragam, sehingga distribusi suhu dalam tumpukan menjadi tidak merata (Li et al., 2024).

Untuk mengatasi ketidakseragaman suhu dan tekanan internal ini, metode pengeringan intermiten diterapkan. Teknik ini memanfaatkan prinsip difusi kelembapan yang melambat pada suhu rendah, di mana dengan memberikan waktu istirahat (tempering), air dari bagian dalam gabah dapat bergerak perlahan ke permukaan. Prinsip ini didasarkan pada keseimbangan termal dan keseimbangan kelembapan dalam material higroskopis seperti gabah (Nosrati et al., 2022). Dalam aspek desain energi, efisiensi termal mesin dryer berlandaskan pada hukum kekekalan energi, yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya dapat berubah bentuk. Artinya, energi panas dari pembakaran sekam padi harus dihitung dengan cermat agar tidak banyak terbuang ke lingkungan. Studi Suhelmi dkk. menunjukkan bahwa efisiensi mesin flat bed dryer hanya sekitar 22,03% karena kehilangan kalor melalui konduksi ke lingkungan, sehingga penting untuk menerapkan isolasi termal yang baik (Suhelmi et al., 2022).

Dalam sistem pemindahan gabah, faktor fisika lain seperti impuls dan gaya tumbukan juga berpengaruh, khususnya pada penggunaan alat seperti screw conveyor. Jika kecepatan conveyor terlalu tinggi, momentum gabah menjadi besar dan menyebabkan kerusakan mekanis. Momentum (p) secara fisika dinyatakan dengan:

$$p = m \times v$$

di mana m adalah massa gabah dan v adalah kecepatan geraknya. Ketika gabah mengalami tumbukan akibat perpindahan cepat, berlaku pula konsep impuls, yang dirumuskan sebagai :

$$I = F \times \Delta t = \Delta p$$

dengan I adalah impuls, F gaya tumbukan, dan Δt waktu kontak. Semakin besar kecepatan (v), maka p meningkat dan gaya tumbukan F pun membesar, sehingga meningkatkan risiko kerusakan. Penelitian Bekkulov menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan conveyor berbanding lurus dengan tingkat kerusakan gabah (Bekkulov et al., 2024). Di sisi teknologi kontrol, sistem pengeringan modern kini menggunakan mikrokontroler yang bekerja berdasarkan prinsip umpan balik tertutup (closed-loop). Mikrokontroler menerima data dari sensor suhu dan kelembapan, kemudian mengatur output untuk menjaga kondisi optimal sepanjang proses pengeringan (Robbi et al., 2024).

Proses pengeringan gabah yang efektif bukan hanya membutuhkan sumber panas, melainkan juga distribusi energi yang stabil. Penerapan teknologi Swirling Fluidized Bed Dryer dapat meningkatkan efisiensi perpindahan panas secara signifikan, dengan kebutuhan energi sebesar 121.756,04 J dan laju perpindahan panas mencapai 780,28 W (Putra dan Novrinaldi, 2019). Teknologi ini mengandalkan aliran udara berputar untuk memperbaiki kontak antara udara panas dan butiran gabah, sehingga kestabilan suhu dan aliran udara menjadi faktor kunci dalam mencapai hasil optimal. Pemilihan suhu operasi juga menjadi faktor krusial. Pada penggunaan vertical dryer menemukan bahwa efisiensi termal meningkat ketika suhu dinaikkan dari 55°C ke 60°C . Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu mempercepat laju evaporasi, namun harus tetap mempertimbangkan

risiko kerusakan termal pada gabah. Dengan demikian, pengontrolan suhu otomatis menjadi komponen yang tidak dapat diabaikan dalam sistem dryer modern Penelitian (Prasetyo et al., 2020)

Namun, banyak petani tradisional yang masih menggunakan bahan bakar kayu untuk pengeringan. Namun, efisiensi pengeringan berbahan bakar kayu hanya sekitar 17,19% (Wahyu et al., 2021). Rendahnya efisiensi ini disebabkan oleh kurang optimalnya pengaturan aliran udara panas serta desain ruang bakar yang belum memenuhi prinsip efisiensi termodinamika, sehingga banyak energi panas yang terbuang. Seiring perkembangan teknologi berkelanjutan, energi surya menjadi alternatif yang semakin menjanjikan. Alat pengering gabah berbasis energi surya portabel mampu mencapai kadar air akhir standar penyimpanan (13%) dengan efisiensi yang cukup tinggi. Ini membuktikan bahwa sumber energi terbarukan dapat diintegrasikan secara efektif untuk mendukung pengeringan gabah yang ramah lingkungan (Wahyu et al., 2021).

Lebih jauh lagi, inovasi pengering hybrid yang menggabungkan energi surya dan gasifikasi biomassa dikembangkan. Kombinasi dua sumber energi ini tidak hanya menghasilkan suhu yang lebih stabil, tetapi juga mempertahankan mutu beras yang lebih baik dibandingkan metode tunggal. Integrasi ini memanfaatkan kelebihan masing-masing teknologi untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan (Mangalla et al., 2023). Teknologi fluidized bed dryer menjadi fokus pengembangan berikutnya. Penerapan prinsip hukum termodinamika ketiga yang berbicara tentang perilaku entropi pada suhu mendekati nol mutlak dapat mempercepat perpindahan panas dan massa, meningkatkan kecepatan pengeringan, serta menjaga kualitas produk (Wulandari et al., 2024). Konsep ini dapat diadaptasi dalam pengeringan gabah untuk meningkatkan performa mesin dryer modern.

Dalam kaitannya dengan distribusi panas, konduktivitas termal menjadi parameter penting. Studi Anggraeni dkk. (2024) pada mesin solar drum dryer menunjukkan bahwa efisiensi konduksi panas yang baik mampu menjaga suhu konstan sepanjang proses, yang berkontribusi pada pengeringan yang seragam dan mengurangi energi yang terbuang. Ini sangat relevan untuk mesin pengering berkapasitas kecil hingga menengah. Selain itu, perkembangan teknologi microwave drying membawa efisiensi pengeringan ke tingkat lebih tinggi. Simulasi numerik menunjukkan bahwa peningkatan daya microwave mempercepat pengeringan, namun juga meningkatkan risiko ketidakmerataan suhu, yang dapat merusak struktur gabah. Oleh karena itu, ketebalan lapisan gabah harus dioptimalkan untuk mempertahankan kualitas produk selama proses ini (Li et al., 2024).

Sebagai inovasi mutakhir, kombinasi udara panas dan pemanasan frekuensi radio menjadi metode yang menjanjikan. Menunjukkan bahwa metode ini menghasilkan kadar air lebih stabil, kualitas giling gabah lebih baik, serta efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional. Pendekatan ini membuka peluang besar untuk pengeringan gabah skala besar dengan efisiensi dan mutu produk yang jauh lebih baik di masa depan (Chitsuthipakorn dan Thanapornpoonpong, 2022). Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem mesin dryer dalam pengeringan gabah sangat dipengaruhi oleh penerapan berbagai konsep fisika, mulai dari perpindahan kalor, perpindahan massa, mekanika fluida, prinsip energi, hingga kontrol otomatis. Pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep ini menjadi kunci dalam pengembangan teknologi mesin pengering yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan untuk mendukung ketahanan pangan nasional.

KESIMPULAN

Pengeringan gabah dengan mesin dryer merupakan proses penting dalam pascapanen yang melibatkan berbagai konsep fisika, terutama perpindahan kalor dan massa, mekanika fluida, serta sistem kontrol otomatis. Efisiensi pengeringan sangat dipengaruhi oleh desain alat, suhu, kecepatan aliran udara, dan distribusi panas yang merata. Inovasi teknologi seperti penggunaan mikrokontroler, pengeringan intermiten, simulasi numerik (CFD), serta pemanfaatan energi terbarukan (biomassa dan tenaga surya) terbukti mampu meningkatkan efisiensi dan menjaga mutu gabah. Dengan pemahaman fisika yang mendalam, mesin dryer dapat dikembangkan menjadi sistem yang lebih presisi, hemat energi, ramah lingkungan, dan berkelanjutan untuk mendukung ketahanan pangan nasional.

Diperlukan peningkatan literasi dan pemahaman terhadap konsep-konsep fisika terapan bagi perancang maupun operator mesin dryer agar proses pengeringan dapat berjalan optimal. Penggunaan energi terbarukan seperti biomassa dan tenaga surya sebaiknya terus dikembangkan untuk mendukung keberlanjutan dan efisiensi energi. Sistem kontrol otomatis berbasis sensor suhu dan kelembapan perlu diterapkan secara luas guna menjaga stabilitas proses pengeringan dan kualitas gabah serta Perancangan mesin dryer sebaiknya didukung oleh pemodelan dan simulasi numerik (seperti CFD) agar distribusi panas dan aliran udara menjadi lebih merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, S. N. H., Dewi, N. N., Martatino, R. N., Sudarti, S., Mahmudi, K. N., & Marbun, F. K. (2024). Analisis konduktivitas termal mesin solar drum dryer sebagai mesin pengering pada biji jagung. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 12(1). <https://doi.org/10.33558/jitm.v12i1.7967>.
- Bekkulov, B., Aliyev, R., Rakhmonkulov, T., Atabayev, K., Yusupova, R., & Khadjieva, S. (2024). Study of mechanical damage of paddy (rice) during drying in the device. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 510, p. 02003). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451002003>.
- Chitsuthipakorn, K., & Thanapornpoonpong, S. (2022). Effect of large-scale paddy rice drying process using hot air combined with radio frequency heating on milling and cooking qualities of milled rice. *Foods*, 11(4), 519. <https://doi.org/10.3390/foods11040519>
- Golpour, I., Guiné, R. P., Poncet, S., Golpour, H., Amiri Chayjan, R., & Amiri Parian, J. (2021). Evaluating the heat and mass transfer effective coefficients during the convective drying process of paddy (*Oryza sativa* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 44(9), e13771. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13771>.
- Li, B., et al. (2024). Numerical simulation of continuous microwave drying of rice grains. *Journal of Food Process Engineering*, 47(7), e14678. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14678>
- Li, X., Yang, K., Wang, Y., & Du, X. (2024). Study on heat and moisture transfer of nonspherical rice during hot-air drying in thin-layer grain pile. *Journal of Food Process Engineering*, 47(4), e14597. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14597>.
- Mangalla, L. K., Lolok, A., & Pasolon, Y. B. (2023). Integrasi teknologi pengering surya dan tungku gasifikasi biomassa untuk peningkatan kualitas beras. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 16(1). <https://doi.org/10.24843/JEM.2023.v16.i01.p06>.
- Mita, A. J. K., & Rahmatiyah, R. (2025). Pengaruh durasi penjemuran terhadap kualitas.
- Nosrati, M., Zare, D., Nassiri, S. M., Chen, G., & Jafari, A. (2022). Experimental and numerical study of intermittent drying of rough rice in a combined FIR-dryer. *Drying Technology*, 40(10), 1967–1979. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1898418>.
- Numberi, J. J. (2022). Kajian efisiensi pengering gabah dengan energi surya. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 426–438. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.2604>.
- Putra, S. A., & Novrinaldi. (2019). Analisis energi panas pada alat pengeringan gabah tipe swirling fluidized bed. *Jurnal Teknik*, 39(3), 177–183. <https://doi.org/10.14710/teknik.v39i3.22765>
- Putri, I. M. A. Z., Elizah, N., Putri, S. S., & Mahmudi, K. (2025). Analisis konsep kalor pada

- proses pengeringan gabah menjadi beras. *Jurnal Agro Indragiri*, 10(1), 24–31. <https://doi.org/10.32520/jai.v10i1.3249>.
- Rosady, S. D. N., & Novitasari, E. (2025). Peningkatan efisiensi produksi dan manajemen operasional di UD. Assas Jaya melalui implementasi mesin pengering gabah. *Welfare: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 119–125. <https://doi.org/10.30762/welfare.v3i1.2172>
- Suhelmi, M. F., Anjani, R. D., & Fauji, N. (2022). Perhitungan efisiensi pengeringan pada mesin pengering gabah tipe flat bed dryer di CV. XYZ. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 15–20.
- Wahyu, S., et al. (2021). Kajian kebutuhan energi spesifik dan efisiensi mesin pengering gabah berbahan bakar kayu. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22(3), 133–140. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP/article/view/4414>.
- Wulandari, W., Rahmadani, D. A., Wati, D. T. A., Putri, K. F., & Hanifah, N. W. (2024). Analisis pengaruh hukum termodinamika 3 dalam proses pengeringan pada jagung menggunakan alat fluidized bed dryer. *Trigonometri: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(2), 21–31. <https://doi.org/10.3483/trigonometri.v2i2.3380>.