

Analisis Teoretis Desain Alat Pemanas Tenaga Surya dalam Menunjang Efisiensi Pengeringan Gabah

Abiel Mulya Cipta^{1,a,*}

^a Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Mataram, Indonesia

¹ Email: abielmulyacipta@gmail.com*

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history Received July 14, 2025 Revised July 15, 2025 Accepted July 28, 2025 Published July 30, 2025 Keywords rice drying solar powered heater heat transfer efficiency theoretical analysis heat absorber material insulation material airflow system literature review sustainable agricultural technology  License by CC-BY-SA Copyright © 2025, The Author(s).	Rice drying is a pivotal post-harvest operation that directly influences grain quality, storability, and market value. Conventional sun drying methods, while widely practiced, are highly dependent on weather conditions and often result in inconsistent moisture reduction. In response to these limitations, solar-powered heating systems offer a sustainable and environmentally friendly alternative for controlled drying processes. This study presents a theoretical analysis of various solar heater design configurations and their potential impact on the efficiency of rice drying. The research adopts a literature-based approach, synthesizing findings from previous studies on solar collector geometry, heat absorber materials, insulation techniques, and airflow mechanisms. Thermodynamic principles, including heat transfer via conduction, convection, and radiation, serve as the analytical framework to evaluate the performance of different design models. Key parameters such as collector tilt angle, surface absorptivity, glazing properties, and thermal insulation are examined for their influence on drying temperature, humidity control, and drying rate. Findings indicate that optimal collector orientation, selective coating on absorber plates, and effective insulation significantly enhance thermal efficiency. Additionally, airflow systems—whether passive or active—play a crucial role in maintaining uniform temperature distribution and reducing relative humidity within the drying chamber. Simulated thermal models and empirical data from referenced studies suggest that solar-powered dryers can achieve moisture reduction levels that meet national standards for milled rice, with minimal energy input and reduced environmental impact. This theoretical investigation provides a conceptual foundation for the development of solar-based rice drying technologies tailored to tropical climates. It highlights the importance of integrated design strategies that combine thermal performance, material selection, and ergonomic considerations. The study aims to support future innovations in post-harvest processing and contribute to energy-efficient agricultural practices in rural communities.

How to cite: Cipta, Abiel Mulya. (2025). Analisis Teoretis Desain Alat Pemanas Tenaga Surya dalam Menunjang Efisiensi Pengeringan Gabah. *Journal of Science and Technology: Alpha*, 1(3), 62-68. doi: <https://doi.org/10.70716/alpha.v1i3.229>

PENDAHULUAN

Pengeringan gabah merupakan tahap krusial dalam proses pasca-panen yang bertujuan untuk menurunkan kadar air gabah hingga mencapai tingkat yang aman untuk penyimpanan dan penggilingan. Kadar air yang tinggi pada gabah dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme, mempercepat pembusukan, dan menurunkan mutu beras yang dihasilkan. Oleh karena itu, proses pengeringan yang efisien dan tepat sangat menentukan kualitas hasil panen serta daya simpan gabah.

Di Indonesia, metode pengeringan tradisional seperti penjemuran di bawah sinar matahari masih banyak digunakan oleh petani. Meskipun metode ini murah dan mudah dilakukan, efektivitasnya sangat bergantung pada kondisi cuaca dan waktu. Pada musim hujan, proses pengeringan menjadi tidak optimal dan berisiko tinggi terhadap kerusakan gabah. Hal ini mendorong perlunya alternatif teknologi pengeringan yang lebih stabil dan efisien, salah satunya dengan memanfaatkan energi surya melalui alat pemanas tenaga surya.

Energi surya merupakan sumber energi terbarukan yang melimpah dan ramah lingkungan. Menurut Duffie dan Beckman (2020), pemanfaatan energi surya dalam proses termal seperti pengeringan dapat dilakukan melalui sistem kolektor surya yang mampu menyerap dan mengubah radiasi matahari menjadi energi panas. Teknologi ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, tetapi juga mendukung keberlanjutan sektor pertanian.

Desain alat pemanas tenaga surya memiliki peran penting dalam menentukan efisiensi proses pengeringan. Variabel seperti bentuk dan kemiringan kolektor, jenis material penyerap panas, serta sistem

sirkulasi udara sangat memengaruhi laju transfer panas ke bahan yang dikeringkan. Menurut penelitian oleh Finansius Gonsales Lumban Raja dkk. (2021), sudut kemiringan kolektor yang optimal dapat meningkatkan efisiensi termal hingga 32,44%, menunjukkan bahwa aspek desain sangat menentukan performa alat.

Selain itu, prinsip termodinamika menjadi landasan teoretis dalam menganalisis kinerja alat pemanas surya. Cengel dan Boles (2002) menjelaskan bahwa perpindahan panas dalam sistem pengeringan melibatkan konduksi, konveksi, dan radiasi. Efektivitas alat sangat bergantung pada kemampuan sistem untuk memaksimalkan perpindahan panas dari kolektor ke udara pengering dan selanjutnya ke gabah. Oleh karena itu, analisis teoretis terhadap desain alat menjadi penting untuk memahami potensi efisiensi yang dapat dicapai.

Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan alat pemanas tenaga surya dapat mempercepat proses pengeringan gabah secara signifikan. Panggabean dkk. (2017) mencatat bahwa suhu ruang pengering dengan sistem surya dapat mencapai rata-rata 40,42°C dengan kadar air akhir gabah sebesar 14,88% dalam waktu 7 jam. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengeringan berbasis surya mampu memenuhi standar kadar air gabah giling (GKG) yang direkomendasikan oleh Badan Standardisasi Nasional.

Namun, masih terdapat tantangan dalam penerapan alat pemanas tenaga surya, terutama dalam hal desain yang sesuai dengan kondisi lokal, biaya produksi, dan pemeliharaan. Oleh karena itu, diperlukan kajian teoretis yang mendalam untuk mengevaluasi berbagai desain alat pemanas surya dan potensi kontribusinya terhadap efisiensi pengeringan gabah. Kajian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan teknologi pengeringan yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis teoretis terhadap desain alat pemanas tenaga surya dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap efisiensi proses pengeringan gabah. Fokus kajian meliputi prinsip kerja alat, karakteristik desain, serta potensi peningkatan efisiensi berdasarkan teori perpindahan panas dan hasil studi sebelumnya. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang komprehensif sebagai dasar pengembangan teknologi pengeringan gabah berbasis energi surya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian teoretis berbasis studi pustaka, yang bertujuan untuk menganalisis secara mendalam berbagai desain alat pemanas tenaga surya dan relevansinya terhadap efisiensi proses pengeringan gabah. Pendekatan ini dipilih karena tidak melibatkan eksperimen lapangan, melainkan berfokus pada pengumpulan, sintesis, dan interpretasi literatur ilmiah yang relevan. Kajian dilakukan terhadap jurnal, buku, laporan penelitian, dan dokumen teknis yang membahas prinsip kerja kolektor surya, karakteristik material penyerap panas, serta sistem sirkulasi udara dalam konteks pengeringan bahan pertanian.

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur dari berbagai sumber akademik dan teknis, baik nasional maupun internasional. Sumber primer meliputi jurnal ilmiah yang membahas efisiensi termal kolektor surya, desain alat pemanas, dan studi simulasi pengeringan gabah. Sumber sekunder mencakup buku teks, artikel populer, dan laporan teknis dari institusi riset energi terbarukan. Proses seleksi literatur mempertimbangkan relevansi topik, kebaruan informasi, dan kualitas metodologis dari masing-masing sumber.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan deskriptif-kritis, yaitu mengidentifikasi pola desain yang umum digunakan, membandingkan efisiensi termal dari berbagai konfigurasi alat pemanas, serta mengevaluasi potensi penerapan desain tersebut dalam konteks pengeringan gabah. Teori perpindahan panas (konduksi, konveksi, dan radiasi) digunakan sebagai kerangka analisis utama, didukung oleh prinsip termodinamika dan kajian efisiensi energi. Hasil analisis disajikan dalam bentuk narasi konseptual yang menghubungkan desain teknis dengan dampaknya terhadap laju pengeringan.

Untuk memperkuat validitas kajian, dilakukan sintesis literatur dengan menggabungkan temuan dari berbagai studi dan menyusun kerangka konseptual yang menjelaskan hubungan antara desain alat pemanas dan efisiensi pengeringan gabah. Sintesis ini mencakup perbandingan sudut kemiringan kolektor, jenis material penyerap panas, dan sistem ventilasi udara. Beberapa studi simulasi termal juga dijadikan referensi untuk memperkirakan potensi peningkatan efisiensi tanpa perlu uji coba langsung.

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam bentuk landasan teoretis yang kuat bagi pengembangan teknologi pengeringan gabah berbasis energi surya. Metode kajian

pustaka memungkinkan eksplorasi yang luas terhadap desain alat pemanas tanpa keterbatasan geografis atau biaya eksperimen. Hasil kajian dapat menjadi acuan bagi peneliti, praktisi, dan pengambil kebijakan dalam merancang sistem pengeringan yang efisien, berkelanjutan, dan sesuai dengan kondisi lokal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa desain alat pemanas tenaga surya sangat menentukan efisiensi proses pengeringan gabah. Berdasarkan studi oleh Lumban Raja dkk. (2021), sudut kemiringan kolektor surya berpengaruh signifikan terhadap efisiensi termal. Sudut 30° menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 32,44%, dibandingkan sudut 0° dan 15° yang menghasilkan efisiensi lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa orientasi kolektor terhadap posisi matahari sangat penting dalam memaksimalkan penyerapan energi.

Material penyerap panas juga berperan besar dalam efektivitas alat. Kolektor yang menggunakan pelat logam berwarna hitam, seperti tembaga atau aluminium, menunjukkan kemampuan menyerap radiasi matahari lebih tinggi dibandingkan material lain. Menurut Heriyanto dkk. (2018), konfigurasi serpentine pada pipa kolektor meningkatkan distribusi panas secara merata, sehingga suhu air atau udara dalam sistem pengering menjadi lebih stabil dan efisien.

Efek rumah kaca yang dihasilkan oleh penutup kaca pada kolektor turut meningkatkan suhu internal alat. Radiasi matahari yang masuk melalui kaca akan diserap oleh pelat penyerap dan dipantulkan kembali sebagai radiasi gelombang panjang yang terperangkap di dalam ruang kolektor. Fenomena ini menyebabkan peningkatan suhu yang signifikan, sebagaimana dijelaskan oleh Cengel dan Boles (2002) dalam teori perpindahan kalor.

Simulasi termal menunjukkan bahwa suhu ruang pengering dapat mencapai rata-rata $40\text{--}45^\circ\text{C}$ dengan kelembaban relatif sekitar 40–45%. Berdasarkan studi oleh Panggabean dkk. (2017), suhu tersebut cukup untuk menurunkan kadar air gabah dari 24% menjadi sekitar 14% dalam waktu 6–7 jam. Ini sesuai dengan standar kadar air gabah giling (GKG) yang direkomendasikan untuk penyimpanan dan penggilingan.

Penggunaan cerobong dan kipas dalam sistem pengering juga memengaruhi efisiensi. Kajian oleh Numberi (2022) menunjukkan bahwa alat pengering dengan cerobong menghasilkan efisiensi antara 12,07% hingga 22,16%, sedangkan alat dengan kipas menghasilkan efisiensi antara 11,18% hingga 21,49%. Meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan, sistem cerobong lebih hemat energi karena tidak memerlukan sumber listrik tambahan.

Ketebalan lapisan gabah dalam ruang pengering turut memengaruhi laju pengeringan. Gabah dengan ketebalan 3 cm menunjukkan waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan ketebalan 5 cm atau 7 cm. Hal ini disebabkan oleh distribusi panas yang lebih merata dan penetrasi udara panas yang lebih efektif pada lapisan yang lebih tipis.

Efisiensi energi alat pemanas tenaga surya juga dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari. Pada hari cerah dengan intensitas radiasi sekitar $800\text{--}1000\text{ W/m}^2$, alat mampu menghasilkan energi panas yang cukup untuk proses pengeringan. Namun, pada hari berawan atau hujan, efisiensi menurun drastis. Oleh karena itu, desain alat perlu mempertimbangkan sistem penyimpanan panas atau hybrid dengan biomassa sebagai cadangan energi.

Dari sisi keberlanjutan, alat pemanas tenaga surya memiliki keunggulan dalam hal ramah lingkungan dan biaya operasional yang rendah. Tidak adanya emisi karbon dan ketergantungan pada bahan bakar fosil menjadikan teknologi ini cocok untuk diterapkan di daerah pedesaan. Selain itu, biaya perawatan relatif rendah karena komponen utama seperti pelat penyerap dan kaca penutup memiliki umur pakai yang panjang.

Namun, tantangan utama dalam penerapan alat ini adalah biaya awal pembuatan dan kebutuhan akan desain yang sesuai dengan kondisi geografis lokal. Di daerah dengan intensitas matahari rendah atau cuaca tidak menentu, efisiensi alat dapat menurun. Oleh karena itu, perlu dilakukan adaptasi desain seperti penambahan reflektor, isolator termal yang lebih baik, atau sistem penyimpanan panas.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa desain alat pemanas tenaga surya yang optimal dapat meningkatkan efisiensi pengeringan gabah secara signifikan. Faktor-faktor seperti sudut kemiringan kolektor, jenis material penyerap, sistem sirkulasi udara, dan ketebalan lapisan gabah harus diperhatikan dalam perancangan. Kajian ini memberikan dasar konseptual yang kuat untuk pengembangan teknologi pengeringan gabah berbasis energi surya yang efisien dan berkelanjutan.

Dalam kajian pustaka yang dilakukan, ditemukan bahwa desain kolektor surya dengan sistem aliran udara aktif (menggunakan kipas atau blower) dapat meningkatkan distribusi panas secara merata ke seluruh ruang pengering. Menurut Aryadinata (2017), sistem aliran udara aktif mampu menjaga suhu ruang pengering tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi radiasi matahari. Hal ini penting karena suhu yang konsisten mempercepat proses evaporasi air dari gabah dan mengurangi risiko ketidakteraturan kadar air antar lapisan gabah.

Selain aspek teknis, kajian juga menyoroti pentingnya pemilihan material isolasi termal pada dinding ruang pengering. Material seperti styrofoam, glasswool, atau polyurethane foam memiliki konduktivitas termal rendah yang efektif dalam menahan kehilangan panas ke lingkungan. Studi oleh Virargo (2015) menunjukkan bahwa penggunaan isolasi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi termal alat hingga 15–20%, terutama pada sistem pengeringan pasif yang sangat bergantung pada akumulasi panas internal.

Efisiensi pengeringan juga dipengaruhi oleh kelembaban relatif udara di dalam ruang pengering. Udara dengan kelembaban rendah memiliki kapasitas lebih besar untuk menyerap uap air dari gabah. Oleh karena itu, desain alat pemanas tenaga surya yang mampu menurunkan kelembaban relatif melalui sirkulasi udara panas akan lebih efektif. Menurut Rakasiwi dkk. (2018), kelembaban relatif ideal untuk pengeringan gabah berkisar antara 40–50%, dan dapat dicapai dengan sistem ventilasi yang baik serta pemanasan yang stabil.

Dalam simulasi termal yang dianalisis, ditemukan bahwa efisiensi pengeringan meningkat secara signifikan ketika alat dilengkapi dengan reflektor tambahan. Reflektor berfungsi untuk memantulkan sinar matahari ke permukaan kolektor, sehingga meningkatkan intensitas radiasi yang diterima. Penelitian oleh Setyadi (2018) menunjukkan bahwa penggunaan reflektor aluminium dapat meningkatkan suhu ruang pengering hingga 5–7°C, yang berdampak langsung pada percepatan penurunan kadar air gabah.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa desain alat pemanas tenaga surya yang optimal harus mempertimbangkan integrasi antara kolektor surya, sistem sirkulasi udara, material penyerap panas, isolasi termal, dan reflektor. Kombinasi elemen-elemen ini dapat menghasilkan sistem pengeringan gabah yang efisien, ramah lingkungan, dan adaptif terhadap kondisi geografis tropis seperti Indonesia. Kajian ini memberikan dasar konseptual yang kuat untuk pengembangan teknologi pengeringan gabah berbasis energi surya yang tidak hanya hemat energi, tetapi juga mendukung ketahanan pangan nasional.

Dalam beberapa studi simulasi termal, ditemukan bahwa penggunaan sistem penyimpanan panas seperti batuan atau air dalam tangki isolasi dapat mempertahankan suhu ruang pengering lebih lama, bahkan saat intensitas matahari menurun. Menurut Gultom (2020), penggunaan material berubah fasa (PCM) seperti asam stearat mampu menyimpan energi panas hingga 12,6 MJ dengan efisiensi sistem mencapai 37,87%. Ini menunjukkan bahwa integrasi sistem penyimpanan panas dalam desain alat pemanas tenaga surya dapat memperpanjang waktu efektif pengeringan tanpa tambahan energi eksternal.

Efisiensi total sistem pengeringan juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti kecepatan angin dan kelembaban udara luar. Studi oleh Suhelmi dkk. (2022) menunjukkan bahwa mesin pengering tipe flat bed dryer dengan blower axial fan memiliki efisiensi pengeringan sebesar 22,03% saat digunakan untuk mengeringkan 20 ton gabah dalam 20 jam. Laju perpindahan panas dari blower ke gabah sebesar 9.806,91 W, menandakan bahwa sistem sirkulasi udara yang baik sangat berpengaruh terhadap efektivitas pengeringan.

Dalam konteks efisiensi energi, penggunaan biomassa sebagai sumber panas cadangan juga telah diteliti. Lumban Raja dkk. (2021) mencatat bahwa efisiensi termal tertinggi sebesar 32,44% dicapai pada sudut kemiringan kolektor 30° dengan debit air 1,5 L/menit. Sementara itu, penelitian oleh Mulyadi dkk. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan pelepah kelapa sawit sebagai bahan bakar menghasilkan suhu udara pengering hingga 71,4°C dengan laju pengeringan 6,63%/jam. Ini membuka peluang untuk desain hybrid yang menggabungkan tenaga surya dan biomassa.

Dari sisi desain ergonomis dan pemeliharaan, alat pemanas tenaga surya yang dirancang dengan rangka modular dan komponen yang mudah dibongkar-pasang akan lebih mudah dirawat dan disesuaikan dengan kebutuhan lokal. Penggunaan bahan lokal seperti kaca, pelat logam, dan isolator sederhana dapat menekan biaya produksi tanpa mengorbankan efisiensi. Menurut Hanafi dan Hariyanto (2022), pendekatan desain berbasis Kansei Engineering dapat membantu menyesuaikan alat dengan preferensi pengguna dan meningkatkan adopsi teknologi di tingkat rumah tangga dan UKM.

Secara keseluruhan, kajian ini menegaskan bahwa desain alat pemanas tenaga surya yang optimal harus mempertimbangkan aspek teknis, termal, lingkungan, dan sosial. Integrasi antara prinsip

termodinamika, pemilihan material, sistem sirkulasi udara, dan adaptasi lokal akan menghasilkan sistem pengeringan gabah yang efisien, berkelanjutan, dan mudah diterapkan. Kajian teoretis ini diharapkan menjadi pijakan awal bagi pengembangan alat pengering berbasis energi surya yang mendukung ketahanan pangan dan efisiensi energi di sektor pertanian.

Dalam konteks efisiensi termal, pemilihan warna dan lapisan permukaan pelat penyerap panas sangat berpengaruh. Warna hitam doff dengan lapisan selektif seperti cat tahan panas atau lapisan krom hitam dapat meningkatkan absorptivitas hingga lebih dari 90%. Menurut Duffie dan Beckman (2020), pelat penyerap dengan lapisan selektif mampu mengurangi emisi radiasi balik, sehingga panas yang ditangkap lebih banyak tersimpan dan digunakan untuk proses pengeringan.

Desain kolektor surya juga dapat dikembangkan dengan sistem pelat bergelombang atau beralur untuk meningkatkan luas permukaan kontak antara pelat dan udara. Studi oleh Tangkemanda dkk. (2017) menunjukkan bahwa pelat bergelombang meningkatkan efisiensi perpindahan panas konveksi hingga 18% dibandingkan pelat datar. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan suhu udara pengering dan percepatan proses penguapan air dari gabah.

Penggunaan kaca penutup dengan transmisi tinggi dan ketebalan optimal juga menjadi faktor penting. Kaca dengan ketebalan 4–5 mm dan transmisi cahaya di atas 85% mampu memaksimalkan efek rumah kaca. Menurut penelitian oleh M. Burham dkk. (2006), jarak antara pelat penyerap dan kaca penutup yang ideal adalah sekitar 30 mm untuk mengurangi kehilangan panas akibat konveksi dan konduksi.

Dalam simulasi desain, penggunaan software termal seperti ANSYS atau SolidWorks Flow Simulation dapat membantu memprediksi distribusi suhu dan aliran udara dalam sistem pengering. Simulasi ini memungkinkan evaluasi desain sebelum pembuatan fisik, sehingga efisiensi dapat dioptimalkan secara virtual. Kajian ini mendukung pendekatan teoretis sebagai metode yang hemat biaya dan waktu.

Efisiensi sistem juga dipengaruhi oleh orientasi alat terhadap arah matahari. Di wilayah tropis seperti Indonesia, orientasi kolektor ke arah utara dengan sudut kemiringan sekitar 10–15° dari horizontal dianggap optimal. Hal ini memungkinkan alat menerima radiasi matahari secara maksimal sepanjang hari, terutama pada pukul 10.00–14.00 saat intensitas radiasi tertinggi.

Dalam studi literatur, ditemukan bahwa sistem pengeringan gabah berbasis surya dapat menghemat biaya operasional hingga 60% dibandingkan sistem berbahan bakar fosil. Menurut Virargo (2015), biaya energi untuk pengeringan gabah menggunakan LPG mencapai Rp 1.500–Rp 2.000 per kilogram gabah, sedangkan sistem surya hanya membutuhkan biaya awal untuk pembuatan alat dan perawatan ringan.

Dari sisi sosial, penerapan alat pemanas tenaga surya untuk pengeringan gabah dapat meningkatkan kemandirian petani dan mengurangi ketergantungan pada energi komersial. Teknologi ini juga mendukung program pemerintah dalam pengembangan desa mandiri energi dan pengurangan emisi karbon. Kajian ini menunjukkan bahwa desain alat yang tepat dapat memberikan dampak positif secara ekonomi dan lingkungan.

Beberapa desain inovatif juga menggabungkan sistem pelacakan matahari (solar tracking) untuk meningkatkan efisiensi penyerapan radiasi. Meskipun sistem ini lebih kompleks dan mahal, hasil simulasi menunjukkan peningkatan efisiensi hingga 25% dibandingkan sistem statis. Teknologi ini cocok untuk skala industri atau kelompok tani yang memiliki kapasitas produksi besar.

Dalam pengembangan desain, penting untuk mempertimbangkan aspek ergonomis dan kemudahan penggunaan. Alat yang mudah dirakit, dibersihkan, dan dipindahkan akan lebih diterima oleh pengguna di lapangan. Pendekatan desain berbasis Kansei Engineering seperti yang dijelaskan oleh Hanafi dan Hariyanto (2022) dapat membantu menyesuaikan alat dengan preferensi dan kenyamanan pengguna.

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa desain alat pemanas tenaga surya yang dirancang secara teoretis dan berbasis kajian pustaka memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi pengeringan gabah. Dengan mempertimbangkan aspek teknis, termal, lingkungan, dan sosial, teknologi ini dapat menjadi solusi berkelanjutan dalam pengolahan hasil pertanian di Indonesia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian teoretis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa desain alat pemanas tenaga surya memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi proses pengeringan gabah. Elemen desain seperti sudut kemiringan kolektor, jenis material penyerap panas, sistem sirkulasi udara, dan penggunaan

isolasi termal terbukti memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan efektivitas perpindahan panas dan kestabilan suhu ruang pengering.

Studi pustaka menunjukkan bahwa sudut kemiringan optimal serta penggunaan reflektor tambahan mampu meningkatkan intensitas radiasi yang diterima oleh kolektor surya. Material seperti pelat logam berwarna gelap dan kaca penutup menghasilkan efek rumah kaca yang mempercepat proses pengeringan. Penggunaan sistem aliran udara aktif maupun pasif juga berpengaruh pada distribusi panas dan kelembaban relatif ruang pengering.

Simulasi termal dari berbagai sumber literatur membuktikan bahwa suhu optimal dan kelembaban rendah dapat dicapai tanpa menggunakan bahan bakar fosil, menjadikan energi surya sebagai solusi berkelanjutan dalam proses pengeringan gabah. Di samping itu, penggunaan sistem penyimpanan panas dan pendekatan desain modular mampu memperpanjang durasi pengeringan efektif sekaligus meningkatkan aksesibilitas teknologi ini di tingkat petani.

Dengan demikian, kajian ini memberikan dasar konseptual yang kuat untuk pengembangan alat pengering gabah berbasis energi surya yang efisien, ramah lingkungan, dan adaptif terhadap kondisi geografis tropis seperti Indonesia. Diharapkan temuan ini dapat menjadi acuan dalam perancangan dan penyempurnaan teknologi pengeringan gabah guna mendukung ketahanan pangan dan efisiensi energi di sektor pertanian.

Efektivitas alat pemanas tenaga surya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti intensitas radiasi matahari, suhu udara sekitar, dan kelembaban relatif. Di wilayah tropis seperti Indonesia, potensi pemanfaatan energi surya sangat tinggi karena durasi penyinaran harian yang panjang. Oleh karena itu, desain alat yang mampu beradaptasi dengan fluktuasi cuaca dan memaksimalkan penyerapan energi menjadi kunci keberhasilan sistem pengeringan berbasis surya.

Kajian juga menunjukkan bahwa sistem pengeringan berbasis surya dapat dikombinasikan dengan teknologi penyimpanan panas seperti penggunaan material berubah fasa (PCM) atau batuan termal. Integrasi ini memungkinkan proses pengeringan tetap berlangsung meskipun intensitas matahari menurun, seperti pada sore hari atau saat cuaca mendung. Pendekatan ini memperluas fleksibilitas operasional alat dan meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan.

Dari sisi keberlanjutan, alat pemanas tenaga surya menawarkan solusi yang ramah lingkungan dan hemat biaya operasional. Tidak adanya emisi karbon dan minimnya kebutuhan energi eksternal menjadikan teknologi ini sangat relevan untuk diterapkan di daerah pedesaan dan kawasan pertanian terpencil. Selain itu, penggunaan bahan lokal dalam konstruksi alat dapat menekan biaya produksi dan meningkatkan kemandirian teknologi.

Namun, tantangan dalam penerapan alat ini tetap ada, terutama dalam hal desain yang sesuai dengan kondisi geografis lokal, biaya awal investasi, dan kebutuhan akan pelatihan teknis bagi pengguna. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan partisipatif dalam pengembangan teknologi, melibatkan petani, teknisi lokal, dan institusi pendidikan untuk memastikan keberhasilan implementasi dan pemeliharaan jangka panjang.

Secara keseluruhan, kajian ini menegaskan bahwa pendekatan teoretis terhadap desain alat pemanas tenaga surya memberikan wawasan penting dalam pengembangan sistem pengeringan gabah yang efisien dan berkelanjutan. Dengan mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, dan sosial, teknologi ini berpotensi besar untuk mendukung ketahanan pangan, efisiensi energi, dan pemberdayaan masyarakat pertanian di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2002). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. McGraw-Hill Education.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2020). *Solar Engineering of Thermal Processes* (5th ed.). Wiley.
- Heriyanto, E. Van. (2018). *Rancang Bangun Pengering Gabah dengan Pengendali Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3*. Skripsi, STMIK STIKOM Indonesia.
- Lumban Raja, F. G., Hiendro, A., & Prima, F. (2021). *Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya dan Analisa Pengaruh Sudut Kemiringan Kolektor Surya terhadap Efisiensi Termal*. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Tanjungpura.
- Panggabean, R., et al. (2017). *Analisis Efisiensi Pengeringan Gabah Menggunakan Kolektor Surya Tipe Flat Plate*. Seminar Nasional Teknik Mesin XII, hal. 355–359.

- Virargo, A. (2015). *Pengaruh Material Isolasi Termal terhadap Efisiensi Kolektor Surya*. Jurnal Energi Terbarukan, 3(2), 45–52.
- Rakasiwi, D., et al. (2018). *Potensi Energi Surya di Wilayah Tropis untuk Pengeringan Gabah*. Jurnal Teknologi Pertanian Tropis, 6(1), 12–20.
- Numberi, J. (2022). *Perbandingan Efisiensi Alat Pengering Gabah dengan Sistem Cerobong dan Kipas*. Jurnal Rekayasa Energi, 4(1), 33–40.
- Aryadinata, R. (2017). *Desain Kolektor Surya dengan Sistem Aliran Udara Aktif untuk Pengeringan Gabah*. Jurnal Teknik Energi, 5(3), 21–28.
- Gultom, S. (2020). *Pemanfaatan Material PCM untuk Penyimpanan Panas pada Sistem Pengeringan Gabah*. Jurnal Teknologi Energi, 8(2), 55–63.
- Hanafi, I., & Hariyanto, K. (2022). *Perancangan Alat Pemanas Air Tenaga Surya dengan Metode Kansei Engineering*. Jurnal Sistem Teknik dan Inovasi, 1(1), 19–24.
- SNI 3021:1992. *Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Domestik Sistem Termosifon Langsung dengan Pemanas Tambahan*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Tangkemanda, A., et al. (2017). *Optimasi Penyerapan Radiasi Kolektor Surya dengan Variasi Material dan Sudut Kemiringan*. Jurnal Energi Alternatif, 2(1), 14–22.
- Setyadi, F. (2018). *Pengaruh Reflektor Tambahan terhadap Efisiensi Kolektor Surya*. Jurnal Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang.
- Mulyadi, A., et al. (2022). *Pemanfaatan Biomassa sebagai Sumber Panas Alternatif dalam Pengeringan Gabah*. Jurnal Agroindustri Berkelanjutan, 3(2), 67–74.