

Rancang Bangun Pengering Padi *Hybrid Solar Dryer* dan Panel Surya

Wisnugroho Pratama^{1*}, Deni Shidqi Khaerudin²

^{1,2} Prodi Magister Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan No. 1 Kembangan; Jakarta Barat, Jakarta, Indonesia

*Corresponding author: 55822120006@student.mercubuana.ac.id

Abstract

Rice drying in Indonesia generally still uses conventional methods by utilizing the heat of sunlight, but weather changes become a problem in the drying process, so that the rice drying process is hampered. Based on this, the purpose of this study is to develop a hybrid solar dryer and solar panel rice drying system. The method used in this study is an experimental method using a design in the form of a cabinet dryer type drying room with a fairly simple design and installation of equipment. Flow simulations were carried out using Autodesk Simulation software, namely Computational Fluid Dynamic (CFD). Three trials were carried out. In trial 1, there was a decrease in humidity of 30%, in trial 2, there was a decrease in humidity of 20% and in trial 3, there was a decrease in humidity of 51% percent. In the third trial, the temperature after drying reached 59.1 °C, much higher than the first (34.4 °C) and second (44.9 °C) trials. Based on the research results, it can be concluded that the process of drying rice using a hybrid solar dryer and solar panels with a drying duration of 2-3 hours with a combination of solar energy and solar panels can achieve optimal results. Sufficient time and high temperatures play an important role in reducing humidity. The level of efficiency of drying rice using a hybrid solar dryer and solar panels has been proven to be able to reduce rice humidity significantly, with the highest humidity reduction achieved in the third trial of 51% which shows that this drying system is effective in reducing water content in rice.

Keywords: energy conversion, design, manufacture, materials processing, mechanical engineering.

Abstrak

Pengeringan padi di Indonesia umumnya masih menggunakan cara konvensional dengan memanfaatkan panas sinar matahari, namun perubahan cuaca menjadi permasalahan pada proses pengeringan, sehingga proses pengeringan padi menjadi terhambat. Berdasarkan hal tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem pengering padi hybrid solar dryer dan panel surya. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan rancang bangun berupa ruang pengering tipe cabinet dryer dengan desain dan instalasi alat yang cukup sederhana. Simulasi aliran dilakukan menggunakan software Autodesk Simulation yaitu Computational Fluid Dynamic (CFD). Dilakukan 3 kali uji coba. Pada uji coba 1, terjadi penurunan kelembaban sebanyak 30%, pada uji coba 2, terjadi penurunan kelembaban sebanyak 20% dan pada uji coba 3, terjadi penurunan kelembaban 51% persen. Pada uji coba ketiga, temperatur sesudah pengeringan mencapai 59,1°C, jauh lebih tinggi dibandingkan uji coba pertama (34,4°C) dan kedua (44,9°C). Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan padi dengan menggunakan *hybrid solar dryer* dan panel surya dengan durasi pengeringan selama 2-3 jam dengan kombinasi energi surya dan panel surya dapat mencapai hasil yang optimal. Waktu yang cukup dan suhu yang tinggi berperan penting dalam pengurangan kelembaban. Tingkat efisiensi pengeringan padi dengan menggunakan *hybrid solar dryer* dan panel surya terbukti mampu mengurangi kelembaban padi secara signifikan, dengan penurunan kelembaban tertinggi tercapai pada uji coba ketiga sebesar 51% yang menunjukkan sistem pengeringan ini efektif dalam mengurangi kandungan air pada padi.

Kata kunci: konversi energi, perancangan, manufaktur, pengolahan material, teknik mesin

1. Pendahuluan

Teknik pengeringan merupakan salah satu cara pengawetan terhadap bahan pangan untuk memperpanjang umur simpannya. Sejak lama teknik ini telah digunakan dan secara konvensional/tradisional masyarakat menggunakan cahaya matahari sebagai

sumber panas selama proses pengeringan. Pengeringan padi secara konvensional minimal tiga hari dan paling lama satu minggu tergantung pada cuaca daerah tersebut. Proses pengeringan secara konvensional dengan menghamparkan padi diatas tanah/lantai beton yang dilapisi dengan terpal cenderung mengakibatkan tidak meratanya pengeringan padi dan kadar



air yang dihasilkan berbeda tiap padi. Proses ini juga menjadi faktor penentu dalam kualitas padi. Umumnya padi mengandung air sebesar 21 - 26 %, jika padi mengandung kadar air yang tinggi maka kualitasnya pun akan menurun saat digiling menjadi beras. Begitu pula jika kandungan air padi rendah, maka saat digiling menjadi rentan patah [1].

Proses pengeringan dengan cara lainnya adalah dengan dengan pengering buatan. Pengering buatan juga memiliki kelebihan yaitu proses pengeringan yang cepat, tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak, serta suhu dan proses pengeringannya dapat diatur sesuai keinginan. Tetapi, alat ini memiliki kelemahan yaitu memerlukan keterampilan dan peralatan khusus, serta biaya yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengering manual [1],

Pengering buatan lainnya berupa pemanfaatan energi matahari untuk pengeringan saat ini sudah dapat lebih dioptimalkan dengan membuat alat pengering efek rumah kaca (ERK). Akan tetapi, alat pengering ERK yang ada saat ini umumnya masih terkendala dengan pengeringan yang hanya dapat dilakukan pada siang hari saja [2]. Udara berkadar air rendah ini meningkatkan *driving force* pengeringan, sehingga proses menjadi cepat dan efisien [3]. Sementara itu, penggunaan biogas atau sekam sebagai bahan bakar dalam proses ini adalah untuk mengintegrasikan proses penanganan pasca panen dengan efek samping polusi udara. Metode pengeringan padi lainnya adalah pengeringan dengan cara alami dan pengeringan dengan udara panas dari alat penukar panas (*heat exchanger*). sehingga mutu padi dapat terjaga kualitasnya, karena tidak terkena langsung oleh bakteri yang ada di udara lingkungan [4].

Masalah-masalah tersebut menyebabkan banyak sekali kebutuhan akan teknologi dan inovasi dalam proses pengeringan padi yang efektif dan efisien dengan tingkat pencemaran minimal. Terdapat beberapa macam alat pengering, diantaranya dengan menggunakan energi listrik, energi matahari, dan energi panas bumi. Selama ini, metode pengeringan menggunakan energi panas matahari telah banyak dikembangkan. Beberapa produk pertanian yang dapat diproses dengan pengeringan dengan menggunakan energi panas matahari antara lain: padi, kopi, dan

cengkeh.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka akan disusun rancang bangun pengering padi hybrid solar dryer dan panel surya dengan dengan desain dan instalasi alat yang cukup sederhana. Dalam penelitian ini, tujuan utama perancangan adalah dalam pengembangan komponen utama sistem pengeringan energi panas matahari yaitu berbasis ruang pengering dan alat penukar panas (*heat exchanger*). Ruang pengering dirancang untuk mengeringkan padi dengan kapasitas 3 kg per siklus pengeringan. Aliran udara panas yang terjadi dalam ruang pengering akan disimulasikan supaya diperoleh distribusi udara panas yang optimal. Simulasi aliran dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Simulation CFD. Pada akhir kegiatan, diharapkan prototipe alat pengering ini dapat mengurangi kadar air yang cukup pada padi sehingga dapat memenuhi sesuai standar SNI 19-0428-1998, yaitu 14%.

Proses pengeringan padi merupakan salah satu langkah penting dalam proses pengolahan padi setelah panen. Proses pengeringan padi setelah panen sangat penting untuk memastikan kualitas biji padi tetap baik sehingga mudah disimpan, diolah, dan memiliki daya tahan yang lebih lama [5]. Pengeringan adalah proses pengeluaran air dari suatu bahan pertanian menuju kadar air kesetimbangan dengan udara sekeliling atau pada tingkat kadar air dimana mutu bahan pertanian dapat dicegah dari serangan jamur, enzim dan aktifitas serangga [6]. Sedangkan menurut Hall dan Brooker et al.[7], proses pengeringan adalah proses pengambilan atau penurunan kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat memperlambat laju kerusakan bahan pertanian akibat aktivitas biologis dan kimia sebelum bahan diolah atau dimanfaatkan. Penelitian yang dilakukan oleh Figiarto dengan Menggunakan Zeolit Asam pada unggun terfluidasi menjelaskan bahwa Semakin tinggi suhu udara pengering, maka laju pengeringan semakin cepat. Laju pengeringan tertinggi dicapai ketika suhu 60°C, tetapi jika ditinjau dari % padi utuh yang dihasilkan, suhu terbaik untuk pengeringan ini adalah 40 °C dan Semakin tinggi laju alir udara pengering maka laju

pengeringan juga semakin cepat. Laju pengeringan tertinggi dicapai pada variabel laju alir 3 m/s ([8]).

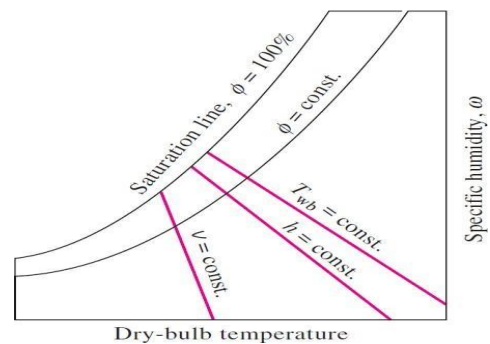
Dalam pengeringan, keseimbangan kadar air menentukan batas akhir dari proses pengeringan. Semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan, semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan. Pada proses pengeringan, air dikeluarkan dari bahan dapat berupa uap air. Uap air tersebut harus segera dikeluarkan dari atmosfer di sekitar bahan yang dikeringkan. Jika tidak segera keluar, maka udara di sekitar bahan akan menjadi jenuh oleh uap air sehingga memperlambat penguapan air dari bahan yang memperlambat proses pengeringan [3]. Produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru [9].

Ada beberapa cara pengeringan yakni dengan sinar matahari, dengan alat pengering dan kombinasi keduanya. Caranya adalah padi diletakkan di lantai penjemuran di bawah terik matahari [3]. Pengeringan ini membutuhkan tenaga kerja lebih banyak dan sangat tergantung dengan cuaca. Jika cuaca tidak memungkinkan dapat diganti dengan hembusan udara pada pengeringan buatan. Pada tahap awal dengan suhu lingkungan selama 72-80 jam dan diteruskan dengan suhu udara 45- 60°C sampai padi kering. Lama pengeringan ini 7-8 jam sehari. Lama penjemuran dapat lebih dari 1 hari.

Psikrometrik merupakan kajian tentang sifat sifat campuran udara dan uap air karena kondisi udara di atmosfer tidak kering bebas. Bagan psikrometrik sangat berguna dalam menentukan sifat sifat udara pada proses pengeringan karena umumnya digambar pada tekanan 1 atm.

Solar dryer adalah alat atau sistem yang digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan seperti buah, sayuran, daging, ikan, dan produk-produk pertanian lainnya menggunakan energi matahari [2]. Prinsip kerja solar dryer melibatkan penyerapan radiasi matahari oleh permukaan pengumpul

panas, yang biasanya terbuat dari bahan seperti kaca atau plastik transparan [11].



Gambar 1. Skema dari *psychrometric chart* [10]

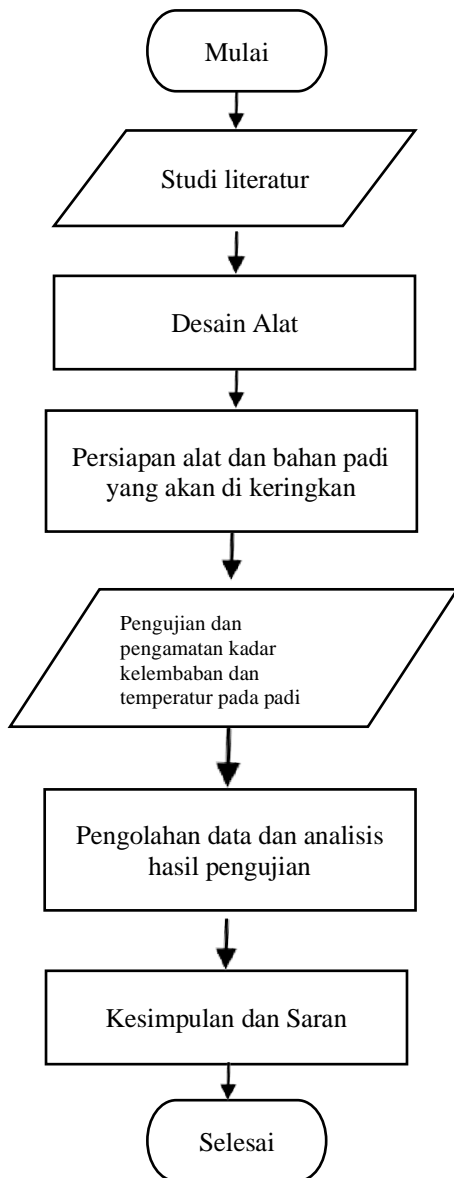
Solar dryer memiliki beberapa keunggulan, termasuk: Menggunakan sumber energi yang tersedia secara gratis, yaitu sinar matahari; Lebih ramah lingkungan dan lebih ekonomis dibandingkan dengan pengeringan konvensional yang menggunakan energi fosil; Menghasilkan produk akhir yang lebih berkualitas karena pengeringan yang lebih lambat dan lebih merata; dan dapat diaplikasikan di daerah-daerah terpencil atau di mana listrik tidak tersedia.

Berdasarkan deskripsi di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah: menganalisis proses pengeringan padi dengan menggunakan hybrid solar dryer dan panel surya; menciptakan prototype pengering padi dengan menggunakan hybrid solar dryer dan panel surya; dan menganalisis tingkat efisiensi pengeringan padi dengan menggunakan hybrid solar dryer dan panel surya.

2. Metode Penelitian

Dalam proses penyelesaian penelitian terdiri dari beberapa tahapan proses yang dikelompokkan, diantaranya: 1) studi literatur; 2) tahap persiapan alat dan pengujian; 3) perancangan ruang pengering; 4) perancangan dimensi alat pengering; 5) pengujian ruang pengering dengan beberapa parameter uji.

Gambar 2 merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Terdapat tiga tahap dalam melakukan perancangan ruang pengering yaitu: perancangan dimensi dari ruang pengering, analisa energi yang dibutuhkan selama proses pengeringan dan perhitungan perpindahan panas konveksi yang terjadi selama proses pengeringan.

Ruang pengering dirancang untuk kapasitas padi sebanyak 3 kg, dan massa jenis padi adalah 721 kg/m^3 . Perancangan dilakukan untuk menentukan dimensi ruang pengering. Pengujian ruang pengering dengan parameter uji kelembaban dan temperatur panas menggunakan

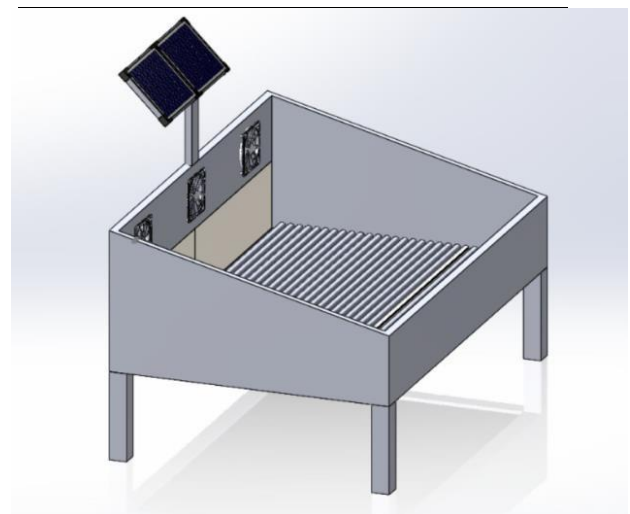
termocouple tipe K. Gambar 3 merupakan desain prototype pengering padi dengan *hybrid solar dryer* panel surya.

Tabel 1. Alat

No	Nama Alat	Spifikasi
1	Panel surya	Ukuran 420x280x30 daya 100 watt
2	hygrometer	Suhu di dalam ruangan: -10°C hingga 50°C , 14°C hingga 122°C , Akurasi suhu: $\pm 1.0^\circ \text{C}$, kelembaban: 20% RH ~ 99% RH
3	Tube pemanas	Elemen pemanas tube 250w 110 volt
4	Kipas blower	Ukuran 50x50 mm 12v
5	Insulator	Fiberglass
6	Absorber plate	Pelat penyerap panas (aluminium)
7	Termocouple TIPE K	Temp range -20 to 500°C , akurasi $< 400^\circ \text{C} + (0,75\% + 2,5^\circ \text{C})$
8	Solar inverter dan batrei	Solar inverter ukuran 30 A dan batrei yang digunakan 12 V

Tabel 2. Bahan

No	Nama Bahan	Kegunaan
1	Padi	Sebagai bahan eksperimen dalam proses pengeringan
2	Nampan	Alas padi dalam proses pengeringan



Gambar 3. Desain prototype pengering padi dengan *hybrid solar dryer* panel surya.

Tabel 3. Daftar Kehendak dan Spesifikasi

No	Parameter	Spesifikasi	Tingkat Kebutuhan
1	Geometri	- Dimensi alat pengering tidak terlalu besar	D
		- Berat alat pengering ringan	W
		- Bentuk alat pengering sederhana	D
2	Energi	- Cahaya matahari	D
		- Ramah lingkungan	W
3	Material	- Material banyak tersedia di pasaran	D
		- Material yang digunakan tahan karat	W
		- Memiliki standarisasi material	D
4	Perakitan	- Mudah di bongkar pasang	D
		- Komponen yang sedikit	D
5	Keselamatan	- mekanisme panas tidak membahayakan	D
		- Aman dalam waktu yang lama	D
6	Ergonomis	- Ukuran sedang	D
7	Perawatan	- Mudah untuk dibongkar pasang	D
		- Tidak memerlukan perawatan khusus	W

Kesimpulan Kehendak

- Bentuk pengering sederhana
- Energi cahaya matahari
- Material bahan banyak tersedia di pasaran
- Perakitan mudah bongkar pasang
- Mekanisme pemanas tidak membahayakan
- Mudah perawatan
- Material tahan lama

Tabel 4. Kesimpulan Solusi

No	komponen	Varian		
		A	B	C
1	Rangka konstruksi	steel	aluminium	galvanis
2	Ruang pengeringan	Stainless	aluminium	Steel carbon
3	insulator	kayu	Aluminium foil	Polyurethane Foam
4	Kipas	1 kipas	2 kipas	3 kipas
5	Thermometer	Digital	Bimetal	stick
6	Pemanas	tube	plat	ceramic
7	Penutup atap	aklirik	glass	Tempered glass

Keterangan :

Variasi 1 : 1A – 2C – 3C – 4B – 5C – 6C – 7A

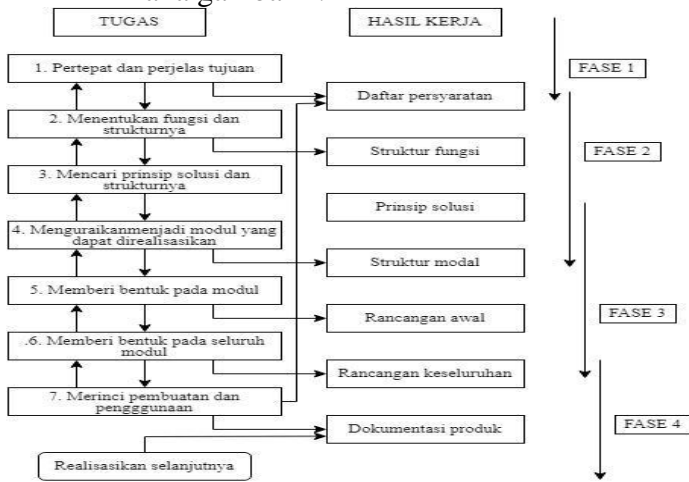
Variasi 2 : 1C – 2A – 3B – 4C – 5A – 6A – 7B

Variasi 3 : 1C – 2A – 3B – 4B – 5A – 6A – 7B

Metode perancangan yang sistematis diperlukan dalam proses mendesain suatu produk agar memenuhi beberapa aspek seperti kenyamanan, kepraktisan dan kemudahan saat penggunaan, pemeliharaan, perbaikan, dan keselamatan. Perancangan dengan menggunakan metode VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure) (Gerhard Pahl and Wolfgang Beitz) dalam bukunya (Engineering Design: A Systematic Approach) Merupakan salah satu metode pendekatan sistematis untuk menyelesaikan permasalahan serta mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi. Metode perancangan VDI 2221 yang sistematis diharapkan dapat mempermudah perancang untuk menguasai sistem perancangan tanpa harus menguasai secara detail.

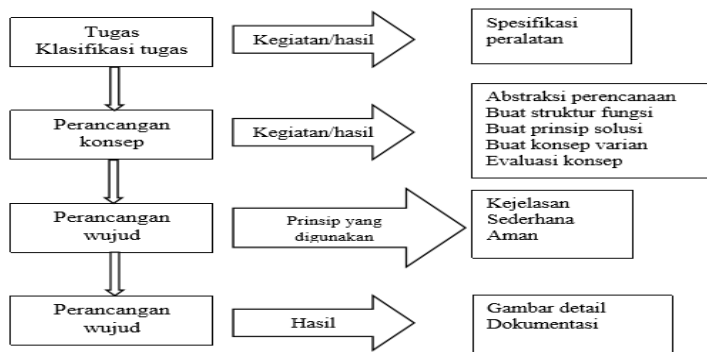
Secara keseluruhan langkah kerja yang terdapat dalam VDI 2221 terdiri dari 7 (tujuh) tahap, yang dikelompokkan menjadi

4 fase utama, antara lain; Penjabaran Tugas, Perencanaan Konsep, Perancangan Wujud, dan Perancangan Terinci (Dermawan & Hadi, 2022). Dengan diagram alir sebagai mana gambar 4.



Gambar 4. Pengelompokan Fase Langkah Kerja Metode VDI 2221

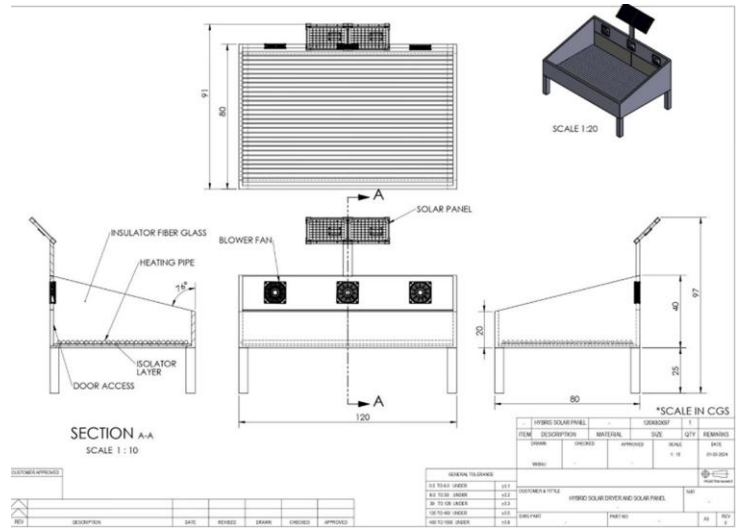
Hasil perancangan detail berupa dokumen produk yang meliputi gambar mesin, detail gambar mesin, daftar komponen, spesifikasi bahan, sistem pengoprasian, toleransi dan dokumen lainnya yang merupakan satu kesatuan.



Gambar 5. Sistematika perancangan VDI 2221

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan pengujian secara langsung prototype pengering padi hybrid solar dryer dan panel surya, penulis melakukan desain yang akan digunakan untuk mengeringkan padi seperti gambar di bawah ini:



(a)



(b)

Gambar 6. Prototype Pengering Padi Dengan Hybrid Solar Dryer Panel Surya (a) Drawing shop (b) Prototype jadi

Uji coba dilakukan sebanyak tiga kali dengan membandingkan keadaan sebelum dan sesudah meliputi: massa, kelembaban air dan temperatur padi.

Tabel 6. Hasil data Uji Coba 1

Keadaan	Waktu	Kelembaban	Massa	Suhu
Sebelum	11.52	87	5,4 kg	31,1 °C
Sesudah	13.52	57	4,7 kg	34,4 °C



Gambar 7. Kelembaban padi setelah uji coba 1

Tabel 7. Hasil data Uji Coba 2

Keadaan	Waktu	Kelembaban	Massa	Suhu
Sebelum	10.12	81	5 kg	37,6 °C
Sesudah	12.12	61	4,15 kg	44,9 °C



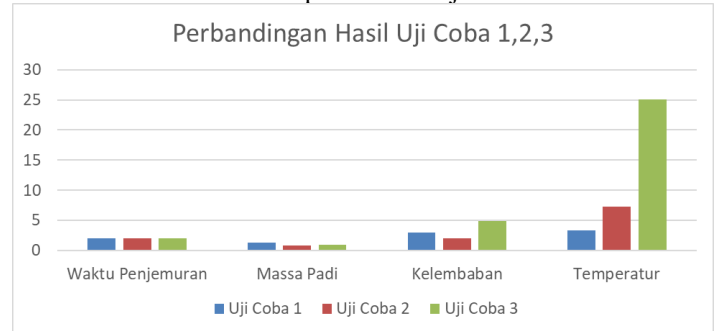
Gambar 8. Kelembaban padi setelah uji coba 2

Tabel 8. Hasil data Uji Coba 3

Keadaan	Waktu	Kelembaban	Massa	Suhu
Sebelum	11.26	83	5 kg	34 °C
Sesudah	13.26	32	4,1 kg	59,1 °C



Gambar 9. Kelembaban padi setelah uji coba 3



Gambar 10. Viasualisasi Perbandingan Hasil Uji Coba 1,2 dan 3

Kelembaban awal pada uji coba ketiga adalah 83%, yang sedikit lebih rendah dibandingkan uji coba pertama (87%) namun lebih tinggi dibandingkan uji coba kedua (81%). Penurunan kelembaban yang signifikan dapat disebabkan oleh efisiensi pengeringan yang meningkat seiring dengan tingginya suhu dan waktu pengeringan. Pada suhu tinggi, udara yang lebih kering mampu menahan lebih banyak uap air sehingga kelembaban padi menurun dengan lebih cepat. Dengan suhu yang tinggi, air yang tersimpan dalam padi lebih mudah diuapkan, sehingga uji coba ketiga menunjukkan pengurangan kelembaban yang lebih besar [12].

Pada uji coba ketiga, waktu pengeringan berlangsung selama 2 jam (dari 11.26 hingga 13.26 WIB). Durasi yang lebih lama dan temperatur yang lebih tinggi berkontribusi pada peningkatan laju pengeringan. Waktu yang cukup memungkinkan padi untuk mengalami penguapan air lebih maksimal. Sistem hybrid solar dryer yang digunakan kemungkinan bekerja lebih optimal pada uji coba ketiga. Kombinasi penggunaan energi surya dan panel surya mungkin lebih efisien dalam menjaga suhu konstan pada tingkat yang lebih tinggi, memungkinkan proses pengeringan berjalan lebih efektif [13]. Radiasi matahari yang lebih kuat pada saat uji coba ketiga (seiring berjalannya waktu menuju tengah hari) juga dapat meningkatkan suhu di dalam ruang pengeringan, sehingga laju penguapan lebih cepat.

Pada saat uji coba ketiga (dari jam 11.26 hingga 13.26 WIB), radiasi matahari cenderung lebih kuat dibandingkan uji coba sebelumnya yang berlangsung lebih pagi. Intensitas radiasi matahari pada waktu tersebut umumnya lebih tinggi, yang dapat membantu meningkatkan suhu di ruang pengeringan [14]. Kelembaban udara di luar yang lebih rendah selama uji coba ketiga juga bisa berkontribusi, karena udara kering lebih cepat menyerap uap air dari padi dibandingkan udara lembab [15].

Berdasarkan analisis hasil penelitian di atas, dapat dilihat bahwa temperatur pengeringan yang dicapai dalam uji coba Anda ($59,1^{\circ}\text{C}$ pada uji coba ke-3) sebanding dengan penelitian lain yang melibatkan solar dryer, dan penurunan kelembaban yang dicapai (51%) juga konsisten dengan efisiensi pengeringan yang dilaporkan dalam literatur [16]. Waktu pengeringan dalam uji coba ini cenderung lebih cepat (sekitar 2-3 jam) dibandingkan waktu pengeringan padi konvensional. Hal ini disebabkan oleh kombinasi yang lebih efisien antara panel surya dan sistem pengering, atau kondisi lingkungan yang lebih optimal selama uji coba. Penurunan kelembaban yang tercatat dalam uji coba (20%-51%) menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan beberapa penelitian lain [16], terutama pada uji coba ke-3 yang mencapai penurunan kelembaban yang signifikan. Hal ini bisa dipengaruhi oleh suhu yang lebih tinggi atau efisiensi desain alat yang digunakan. Suhu yang dicapai dalam uji coba adalah $59,1^{\circ}\text{C}$ sangat cocok dengan kisaran suhu optimal yang diusulkan oleh literatur, di mana suhu yang lebih tinggi cenderung mempercepat proses pengeringan tanpa merusak kualitas padi. Sistem hybrid yang digunakan (panel surya) merupakan pendekatan inovatif yang sejalan dengan penelitian-penelitian terbaru. Sistem ini memungkinkan temperatur pengeringan yang lebih tinggi dan lebih stabil, yang mempercepat proses pengeringan seperti yang terlihat dalam uji coba ketiga.

Selain keunggulan penelitian yang dibandingkan dengan penelitian lain, terdapat

juga kelemahan yang ditemukan saat proses uji coba. Diantaranya adalah Penggunaan material yang mungkin tidak ideal karena keterbatasan anggaran bisa memengaruhi efisiensi dan ketahanan prototipe. Pengujian prototipe sering kali dilakukan pada skala kecil. Kemampuan untuk meningkatkan skala dari prototipe menjadi alat yang digunakan dalam skala industri dapat terbatas. Ketergantungan pada sinar matahari sebagai sumber energi utama dapat menjadi keterbatasan, terutama di wilayah dengan variabilitas cuaca yang tinggi. Waktu pengujian yang terbatas mungkin tidak cukup untuk mengamati kinerja jangka panjang atau masalah keausan yang mungkin terjadi pada komponen. Terakhir, alat pengukur efisiensi pengeringan atau pemantauan energi yang terbatas bisa mempengaruhi akurasi data yang diperoleh selama pengujian. Rangkaian hasil penelitian berdasarkan urutan/susunan logis untuk membentuk sebuah penjelasan.

Kecepatan aliran fluida dengan analisis Ansys CFD perlu memperhatikan beberapa hal, yaitu bisa melakukan simulasi untuk melihat bagaimana perubahan temperatur, kelembaban, dan aliran massa terjadi dalam sebuah sistem. Kesimpulan awal dari analisis ini adalah ANSYS CFD dapat membantu memvisualisasikan bagaimana perubahan temperatur, kelembaban, dan massa terjadi dalam suatu sistem. Dengan mengatur kondisi batas sesuai data "sebelum" dan "sesudah," Anda bisa mengamati bagaimana proses pemanasan atau aliran fluida mungkin mempengaruhi parameter-parameter ini.

4. Kesimpulan

Berdasarkan deskripsi hasil dan pembahasan penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa: 1) Proses pengeringan padi dengan menggunakan *hybrid solar dryer* dan panel surya dengan durasi pengeringan selama 2-3 jam dengan kombinasi energi surya dan panel surya dapat mencapai hasil yang optimal. Waktu yang cukup dan suhu yang tinggi berperan penting dalam pengurangan kelembaban. 2)

Konfigurasi *prototype* pengering padi dengan menggunakan *hybrid solar dryer* dan panel surya. 3) Tingkat efisiensi pengeringan padi dengan menggunakan *hybrid solar dryer* dan panel surya terbukti mampu mengurangi kelembaban padi secara signifikan, dengan penurunan kelembaban tertinggi tercapai pada uji coba ketiga sebesar 51% yang menunjukkan sistem pengeringan ini efektif dalam mengurangi kandungan air pada padi.

Ucapan terimakasih

Pada bagian ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada program Magister Teknik Mesin, Pascasarjana, Universitas Mercu Buana yang telah memberikan kesempatan untuk bisa meneliti dan berkarya di bidang Teknik Mesin khususnya konversi energi.

Referensi

- [1] S. Abdussamad, S. A. Hulukati, and A. Husain, "Otomatisasi Pengering Padi Berbasis Arduino Uno," *J. Electr.*, vol. 11, no. 01, pp. 13–19, 2022, doi: 10.37195/electrichsan.v11i01.84.
- [2] Usman, A. Muchtar, U. Muhammad, and N. Lestari, "Prototype and performance of hybrid solar heating and photovoltaic heater grain dryer with temperature monitoring system," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 24–32, 2020, doi: 10.15294/jte.v12i1.24028.
- [3] C. Yasintasia, M. Ratridewi, A. Cahyo Kumoro, and M. Djaeni, "Peningkatan Kecepatan Pengeringan Gabah Menggunakan Vertical Screw Conveyor Dryer," *J. Pasopati*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pasopati>.
- [4] P. Nusantara and M. Rogojampi, "Proses pengeringan gabah pada industri pembenihan padi di pt. padi nusantara mangir – rogojampi," vol. 4, no. 1, 2022.
- [5] Y. Y. Tika, "Mekanisme Beberapa Mesin Pengering Pertanian," *J. Penelit. Fis. dan Ter.*, vol. 4, no. 1, p. 20, 2022, doi: 10.31851/jupiter.v4i1.7975.
- [6] T. Panggabean, A. N. Triana, and A. Hayati, "Kinerja Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak dengan Energi Drying Performance for Paddy Using Tray Dryer with Solar , Biomass , and Combination Energy," *Agritech*, vol. 37, no. 2, pp. 229–235, 2017, [Online]. Available: doi: <http://doi.org/10.22146/agritech.25989>.
- [7] J. D. K. Rita C. Richey, *Design and Development Research: Methods, Strategies, and Issues. In Design and Development Research: Methods, Strategies, and Issues.*, vol. 11, no. 1. New York: Routledge Taylor & Francis, 2007.
- [8] R. Figiarto, S. L. Galvani, and M. Djaeni, "Peningkatan Kualitas Gabah dengan Proses Pengeringan menggunakan Zeolit Alam pada Unggun Terfluidisasi," *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 206–212, 2012.
- [9] M. A. Hamarung and Y. Kadang, "Rancang Bangun Prototype Mesin Pengering Padi Berbahan Bakar Sekam Dengan Pengaduk Horizontal," *Pros. Semin. Nas.*, vol. 04, no. 1, pp. 16–25, 2018.
- [10] M. Tahbaz, "Psychrometric chart as a basis for outdoor thermal analysis TT -," *Int. J. Archit. Eng. Urban Plan. Downloaded*, vol. 21, no. 2, pp. 95–109, 2011, [Online]. Available: <http://ijaup.iust.ac.ir/article-1-115-en.html>.
- [11] F. J. Rieuwpassa, S. I. Murniati Wodi, E. Cahyono, and R. Pangumpia, "Rancang Bangun Dan Pengujian Alat Pengering Solar Dryer Sederhana (Constructing and Experiment of Simple Solar Dryer),"

- J. Fishtech*, vol. 8, no. 2, pp. 48–57, 2019, doi: 10.36706/fishtech.v8i2.7226.
- [12] S. K. Vijayan, M. Naveena Victor, A. Sudharsanam, V. K. Chinnaraj, and V. Nagarajan, “Winterization studies of different vegetable oil biodiesel,” *Bioresour. Technol. Reports*, vol. 1, pp. 50–55, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2018.02.005>.
- [13] A. G. M. B. Mustayen, S. Mekhilef, and R. Saidur, “Performance study of different solar dryers: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 34, pp. 463–470, 2014, doi: 10.1016/j.rser.2014.03.020.
- [14] S. J. Lelyona, “Uji Performansi Alat Pengering Gabah Tipe Dmp-1 dengan Penambahan Batu Alor Hitam pada Ruang Kolektor dan Ruang Pengering Sebagai Penyimpan Panas,” *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 5, no. 3, pp. 257–264, 2017.
- [15] Dwi Rahmalina, A. Suwandi, D. Handika Edi, and R. Martonggo, “Rancang Bangun Alat Pengering Cabai Skala Laboratorium Dengan Pemanfaatan Concentrated Solar Power,” *J. Asimetrik J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 4, pp. 105–116, 2022, doi: 10.35814/asiimetrik.v4i1.3028.
- [16] A. R. Prasetyo, Sulis Yulianto, and Edi Widodo, “Rancangan Prototipe Mesin Pengering Gabah Berbasis Teknologi Hybrid,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 9, pp. 32–42, 2023, doi: 10.21009/jkem.9.1.4.