



Karakteristik Pengeringan dan Efisiensi Energi Alat Pengering Kopra Tipe Rak Berbahan Bakar Biomassa

Drying Characteristics and Energy Efficiency of a Biomass-Fired Tray-Type Copra Dryer

Sugeng Triyono¹, Agus Haryanto^{1*}, Udin Hasanudin², Ribut Sugiharto²

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

*Corresponding Author: agusharyid65@gmail.com

Abstract. Copra quality is strongly influenced by the drying process. Traditional sun drying and smoking methods often require a long drying time and may produce low-quality copra. This study aimed to design and evaluate the performance of a biomass-fueled tray-type copra dryer. The dryer consisted of two drying chambers separated by a heat-exchange tunnel equipped with heat-retaining fins and operated using either wood or coconut shell as fuel. Performance evaluation was conducted under full-load conditions in Pagelaran Village, Lampung, by observing temperature distribution, moisture reduction, drying rate, fuel consumption, energy efficiency, and drying characteristics. The results showed that the developed dryer operated satisfactorily and was capable of producing high-quality copra. The use of coconut shell resulted in better drying performance than wood. Drying temperatures ranged from 54 to 66°C and provided favorable conditions for moisture removal. The dryer accommodated approximately 278 coconuts (about 160 kg fresh coconut meat) and produced around 60 kg of dried copra. The drying rate reached 2.41 kg H₂O h⁻¹ (3.73% dry basis h⁻¹), with fuel consumption of 54.46 kg and an energy efficiency of 6.51%. Moisture ratio decreased exponentially with drying time, indicating effective moisture removal throughout the drying process. In addition, the dryer produced bright-colored copra without signs of scorching. The utilization of coconut shell as fuel also demonstrates the potential use of coconut biomass residues as a sustainable energy source for small-scale copra processing.

Keywords: Biomass Energy, Coconut Shell, Copra Drying, Drying Performance, Tray Dryer.

1. Pendahuluan

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis di Indonesia yang memiliki peran penting sebagai sumber pangan, bahan baku industri, dan penggerak ekonomi masyarakat pedesaan. Indonesia merupakan produsen kelapa terbesar di dunia (FAOSTAT, 2024) dengan areal perkebunan yang tersebar luas di berbagai wilayah, termasuk Provinsi Lampung yang dikenal sebagai salah satu sentra produksi kelapa di Sumatera. Selain dikonsumsi dalam bentuk segar, kelapa diolah menjadi berbagai produk bernilai tambah seperti kopra, minyak kelapa, Virgin Coconut Oil (VCO), arang tempurung, dan berbagai produk turunan lainnya (Joshi et al., 2024).

Kopra merupakan produk antara yang masih banyak diperdagangkan dan digunakan sebagai bahan baku utama industri minyak kelapa. Kualitas kopra sangat ditentukan oleh proses pengeringan karena kadar air yang tinggi dapat mempercepat pertumbuhan mikroorganisme, menurunkan mutu produk, dan meningkatkan risiko kerusakan selama penyimpanan (Deepa et al., 2015). Oleh karena itu, proses pengeringan menjadi tahapan penting untuk menghasilkan kopra yang memenuhi standar mutu dan memiliki daya simpan yang baik.

Pengeringan kopra oleh petani umumnya masih dilakukan menggunakan penjemuran langsung di bawah sinar matahari atau pengasapan tradisional. Metode penjemuran memiliki biaya operasional yang rendah, namun sangat bergantung pada kondisi cuaca dan memerlukan waktu pengeringan yang relatif lama. Sementara itu, metode pengasapan sering menghasilkan kopra berwarna gelap, berbau asap, dan tidak seragam. Kondisi tersebut menjadi salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya mutu kopra yang dihasilkan oleh petani (Sahari et al., 2023).

Pemanfaatan alat pengering berbasis biomassa merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan kualitas dan kontinuitas produksi kopra. Teknologi ini memungkinkan proses pengeringan berlangsung lebih cepat, tidak bergantung pada cuaca, serta mampu menghasilkan produk dengan mutu yang lebih seragam. Selain itu, penggunaan biomassa seperti kayu bakar dan tempurung kelapa sebagai sumber energi memiliki potensi untuk menekan biaya operasional sekaligus meningkatkan pemanfaatan limbah hasil pengolahan kelapa (Ahmad et al., 2023). Tempurung kelapa secara khusus menarik untuk dimanfaatkan karena tersedia melimpah di sentra produksi kelapa dan memiliki nilai kalor yang relatif tinggi dibandingkan berbagai jenis biomassa lainnya.

Meskipun berbagai teknologi pengering telah dikembangkan, penerapan alat pengering kopra pada tingkat petani dan usaha kecil masih relatif terbatas. Salah satu penyebabnya adalah tingginya biaya investasi, kompleksitas pengoperasian, serta keterbatasan desain yang sesuai dengan kondisi pedesaan (Apriyanto et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan alat pengering yang sederhana, mudah dioperasikan, memanfaatkan sumber energi lokal, serta mampu menghasilkan kopra dengan mutu yang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun dan mengevaluasi kinerja alat pengering kopra tipe rak berbahan bakar biomassa. Evaluasi dilakukan terhadap distribusi suhu ruang pengering, karakteristik penurunan kadar air, laju pengeringan, konsumsi bahan bakar, efisiensi energi, serta karakteristik pengeringan berdasarkan *moisture ratio*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif teknologi pengeringan kopra yang sesuai untuk diterapkan pada skala petani dan usaha kecil berbasis sumber daya lokal.

2. Metode Penelitian

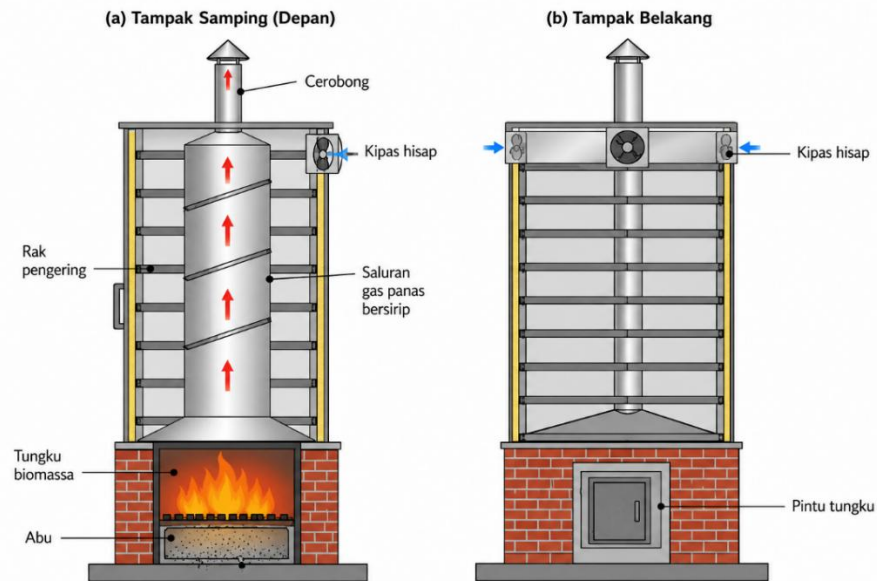
2.1 Deskripsi Alat Pengering

Penelitian menggunakan alat pengering kopra tipe rak berbahan bakar biomassa yang dirancang untuk pengeringan kelapa skala petani. Alat pengering memiliki dimensi panjang 100 cm, lebar 100 cm, dan tinggi 200 cm (tidak termasuk dudukan dan cerobong). Ruang pengering dibagi menjadi dua

kompartemen yang dipisahkan oleh saluran gas panas bersirip yang berfungsi sebagai penukar panas sekaligus saluran gas hasil pembakaran biomassa.

Alat pengering terdiri atas tungku biomassa, ruang abu, saluran gas panas bersirip, rak-rak pengering, kipas hisap, dan cerobong gas buang. Jumlah rak pengering sebanyak 18 rak dengan ukuran masing-masing 40 cm × 95 cm. Kipas hisap dipasang pada bagian atas ruang pengering untuk membantu pengeluaran uap air selama proses pengeringan.

Panas pengeringan diperoleh dari pembakaran biomassa pada tungku yang terletak di bagian bawah alat. Gas panas hasil pembakaran mengalir melalui saluran gas panas bersirip di tengah ruang pengering sebelum keluar melalui cerobong. Skema alat pengering ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema alat pengering kopra tipe rak berbahan bakar biomassa

2.2 Prosedur Pengeringan

Pengujian dilakukan menggunakan dua jenis bahan bakar biomassa, yaitu kayu bakar dan tempurung kelapa. Kelapa tua tanpa sabut dibelah menjadi dua bagian dan disusun pada rak-rak pengering hingga kapasitas maksimum tercapai.

Proses pengeringan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama dilakukan saat daging kelapa masih menempel pada tempurung. Setelah daging kelapa mengalami penyusutan, tempurung dipisahkan dari daging kelapa dan pengeringan dilanjutkan hingga kadar air kopra mencapai kondisi yang diinginkan.

Selama pengeringan, suhu ruang pengering dipertahankan tidak melebihi 70°C melalui pengaturan intensitas pembakaran biomassa. Pengamatan suhu dilakukan pada tiga posisi ruang pengering, yaitu bagian atas, tengah, dan bawah. Pengukuran kadar air dilakukan secara periodik pada interval waktu tertentu hingga proses pengeringan selesai.

2.3 Pengamatan dan Analisis Data

Parameter yang diamati meliputi suhu ruang pengering, kadar air bahan, lama pengeringan, kapasitas pengeringan, konsumsi bahan bakar, jumlah air yang diuapkan, dan efisiensi energi pengeringan. Kinerja alat pengering dievaluasi berdasarkan distribusi suhu ruang pengering, laju pengeringan, kapasitas pengeringan, konsumsi energi, dan efisiensi energi. Efisiensi energi pengeringan dihitung berdasarkan perbandingan antara energi yang digunakan untuk menguapkan air dengan energi yang dihasilkan dari pembakaran biomassa.

Karakteristik pengeringan dianalisis menggunakan pendekatan *Moisture Ratio* (MR) yang dihitung dengan Persamaan (1).

$$MR = \frac{(M_t)}{(M_o)} \tag{1}$$

dimana M_R adalah *moisture ratio* (-), M_t adalah kadar air pada waktu t (% bk), M_o adalah kadar air awal (% bk).

Selanjutnya, pemodelan karakteristik pengeringan dilakukan menggunakan pendekatan persamaan eksponensial antara *moisture ratio* (MR) dan waktu pengeringan (Persamaan 2).

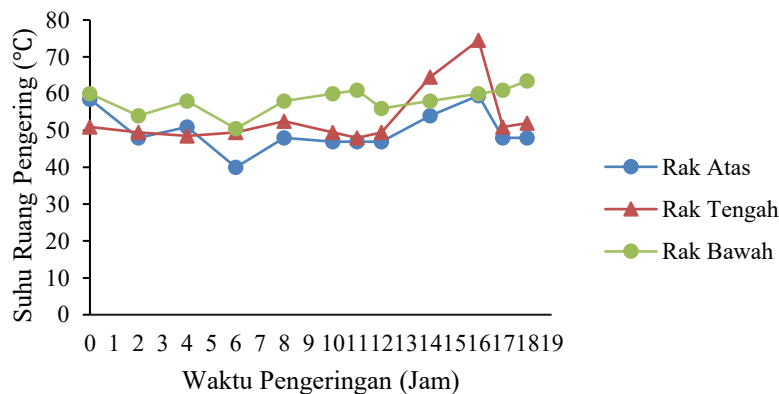
$$MR = a \cdot e^{-kt} \tag{2}$$

dimana a dan k adalah konstanta model yang diperoleh melalui regresi eksponensial.

3. Hasil dan Pembahasan

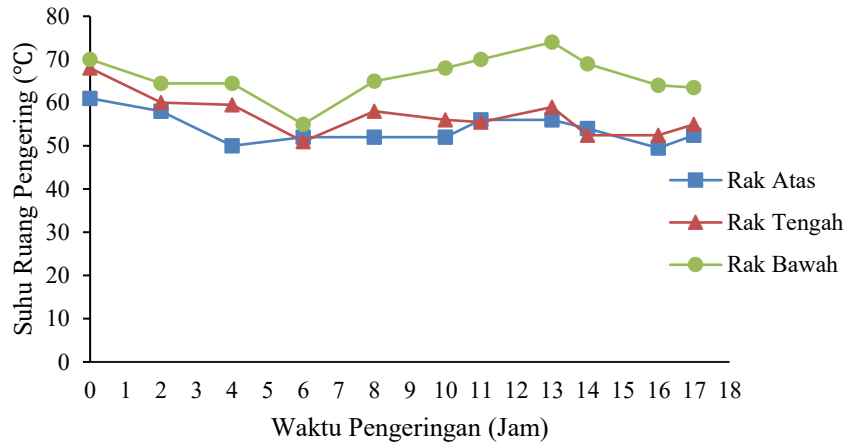
3.1 Distribusi Suhu Ruang Pengering

Profil suhu ruang pengering disajikan pada Gambar 2. Suhu ruang pengering menggunakan bahan bakar kayu berkisar antara 40,0–74,5°C. Suhu rata-rata pada rak atas, tengah, dan bawah berturut-turut sebesar 49,6°C, 53,1°C, dan 58,3°C. Suhu tertinggi terjadi pada rak bawah karena posisinya paling dekat dengan saluran gas panas dari tungku pembakaran. Sebaliknya, rak atas memiliki suhu lebih rendah akibat kehilangan panas selama perpindahan udara panas di dalam ruang pengering. Perbedaan suhu rata-rata antara rak bawah dan rak atas mencapai 8,7°C yang menunjukkan distribusi panas belum sepenuhnya seragam, meskipun masih berada pada kisaran suhu yang sesuai untuk pengeringan kopra.



Gambar 2. Profil suhu ruang pengering menggunakan bahan bakar kayu

Suhu ruang pengering menggunakan bahan bakar tempurung kelapa berkisar antara 50–74°C (Gambar 3). Suhu rata-rata pada rak atas, tengah, dan bawah masing-masing sebesar sekitar 55°C, 58°C, dan 66°C. Rak bawah memiliki suhu tertinggi karena letaknya paling dekat dengan saluran gas panas dari tungku pembakaran, sedangkan rak atas menunjukkan suhu yang lebih rendah akibat terjadinya kehilangan panas selama perpindahan udara di dalam ruang pengering. Secara umum suhu ruang pengering relatif stabil pada kisaran 55–70°C sehingga mampu menyediakan kondisi pengeringan yang memadai untuk menurunkan kadar air kopra. Distribusi suhu menunjukkan adanya gradien panas secara vertikal, namun perbedaan suhu antar rak masih berada pada kisaran yang dapat diterima untuk proses pengeringan.



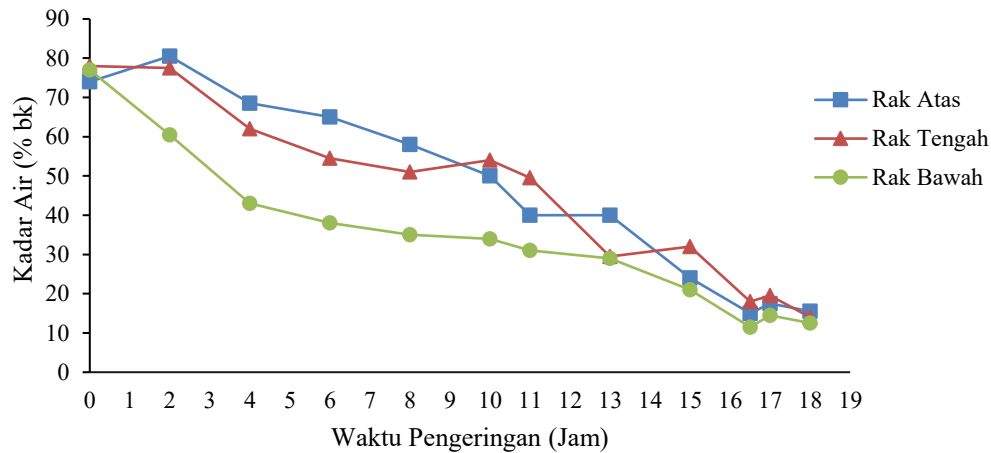
Gambar 3. Profil suhu ruang pengereng menggunakan bahan bakar tempurung kelapa

Penggunaan tempurung kelapa menghasilkan suhu ruang pengereng yang lebih tinggi dibandingkan kayu. Hal ini menunjukkan bahwa tempurung kelapa memiliki kemampuan menghasilkan energi panas yang lebih baik sehingga proses pengeringan berlangsung lebih cepat. Kondisi tersebut sejalan dengan waktu pengeringan yang lebih singkat dan laju pengeringan yang lebih tinggi pada penggunaan tempurung kelapa dibandingkan kayu.

Suhu ruang pengereng yang diperoleh pada penelitian ini berada pada kisaran 50–74°C. Kisaran suhu tersebut sebanding dengan suhu operasi pengereng biomassa tipe kabinet yang umumnya berkisar antara 50–80°C untuk pengeringan komoditas pertanian. Distribusi suhu yang lebih tinggi pada rak bawah dibandingkan rak atas juga telah dilaporkan pada berbagai pengereng rak akibat pengaruh kedekatan terhadap sumber panas dan pola aliran udara di dalam ruang pengereng (Afham Rahmat et al., 2025; Sutanto, 2024).

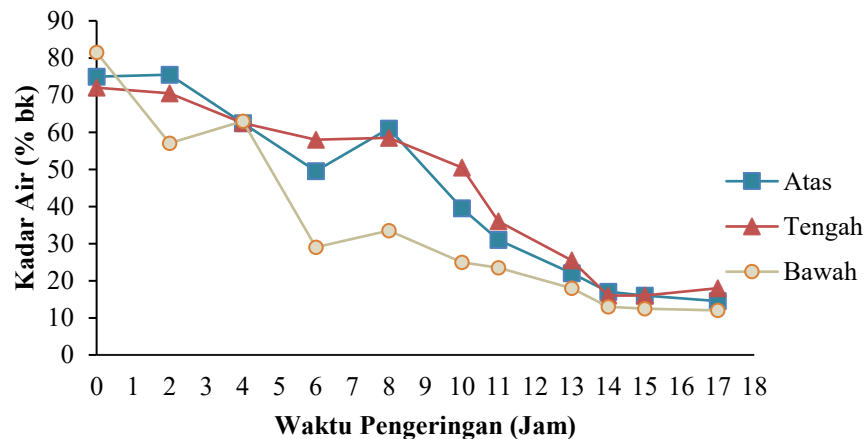
3.2 Perubahan Kadar Air Selama Pengereng

Kadar air kopra mengalami penurunan secara bertahap selama proses pengeringan menggunakan bahan bakar kayu (Gambar 4). Kadar air awal kopra berada pada kisaran 74–80% (bk) dan menurun hingga mencapai sekitar 13–18% (bk) pada akhir pengeringan. Penurunan kadar air berlangsung relatif cepat pada tahap awal pengeringan dan kemudian melambat mendekati akhir proses. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada tahap awal pengeringan masih terdapat air bebas yang mudah diuapkan, sedangkan pada tahap selanjutnya proses perpindahan massa berlangsung lebih lambat karena air yang tersisa lebih kuat terikat di dalam jaringan bahan. Waktu pengeringan yang diperlukan untuk mencapai kadar air akhir sekitar 13–15% adalah sekitar 17–18 jam.



Gambar 4. Perubahan kadar air kopra selama pengeringan menggunakan bahan bakar kayu

Penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan bakar juga menunjukkan pola penurunan kadar air yang serupa (Gambar 5). Kadar air awal kopra berkisar antara 72–81% (bk) dan menurun hingga sekitar 12–17% (bk) pada akhir pengeringan. Namun demikian, penurunan kadar air berlangsung lebih cepat dibandingkan penggunaan kayu bakar. Pada penggunaan tempurung kelapa, kadar air telah mencapai kisaran 15–17% setelah sekitar 15–16 jam pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa suhu pengeringan yang lebih tinggi pada penggunaan tempurung kelapa mampu meningkatkan laju penguapan air dari bahan.



Gambar 5. Perubahan kadar air kopra selama pengeringan menggunakan bahan bakar tempurung kelapa

Perbandingan kedua jenis bahan bakar menunjukkan bahwa tempurung kelapa menghasilkan proses pengeringan yang lebih cepat dibandingkan kayu. Hasil ini sejalan dengan profil suhu ruang pengering yang menunjukkan suhu rata-rata ruang pengering pada penggunaan tempurung kelapa lebih tinggi dibandingkan kayu. Suhu yang lebih tinggi meningkatkan perpindahan panas ke bahan sehingga mempercepat proses penguapan air. Akibatnya, waktu pengeringan menggunakan tempurung kelapa menjadi lebih singkat dibandingkan penggunaan kayu, meskipun kadar air akhir yang dicapai relatif sama.

Penurunan kadar air yang cepat pada tahap awal dan kemudian melambat pada tahap akhir merupakan karakteristik umum proses pengeringan bahan pertanian. Fenomena tersebut menunjukkan terjadinya perubahan dari penguapan air bebas di permukaan menuju difusi air dari

bagian dalam bahan ke permukaan. Pola serupa telah banyak dilaporkan pada pengeringan kopra maupun komoditas pertanian lainnya menggunakan pengering tipe rak, kabinet, maupun pengering biomassa (Prabhu et al., 2025; Swain, 2013). Selain itu, peningkatan suhu pengeringan umumnya berpengaruh terhadap peningkatan laju pengeringan dan penurunan waktu proses, sebagaimana ditunjukkan pada penggunaan tempurung kelapa dalam penelitian ini.

3.3 Kinerja Pengeringan dan Analisis Energi

Kinerja alat pengering dievaluasi berdasarkan waktu pengeringan, laju pengeringan, konsumsi bahan bakar, jumlah air yang diuapkan, dan efisiensi energi (Tabel 1). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan tempurung kelapa memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan kayu. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kadar air akhir kopra sekitar 13–15% (bk) menggunakan tempurung kelapa adalah 15,20 jam, lebih singkat dibandingkan kayu yang memerlukan 17,85 jam. Selain itu, laju pengeringan menggunakan tempurung kelapa mencapai 2,41 kg air/jam, sedangkan pada penggunaan kayu sebesar 2,19 kg air/jam. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu ruang pengering yang lebih tinggi pada penggunaan tempurung kelapa mampu meningkatkan perpindahan panas dan mempercepat penguapan air dari bahan.

Tabel 1. Kinerja alat pengering kopra menggunakan bahan bakar kayu dan tempurung kelapa

Parameter	Kayu	Tempurung
Waktu pengeringan (jam)	17,85	15,2
Air diuapkan (kg)	41,18	41,28
Laju pengeringan (kg/jam)	2,19	2,41
Konsumsi bahan bakar (kg)	71,91	54,46
Efisiensi energi (%)	5,95	6,51

Jumlah air yang diuapkan selama proses pengeringan relatif sama, yaitu 41,18 kg pada penggunaan kayu dan 41,28 kg pada penggunaan tempurung kelapa. Namun demikian, konsumsi bahan bakar tempurung kelapa lebih rendah dibandingkan kayu, yaitu masing-masing sebesar 54,46 kg dan 71,91 kg. Kondisi ini menunjukkan bahwa tempurung kelapa memiliki kemampuan menghasilkan energi panas yang lebih baik sehingga kebutuhan bahan bakar untuk menguapkan sejumlah air tertentu menjadi lebih rendah.

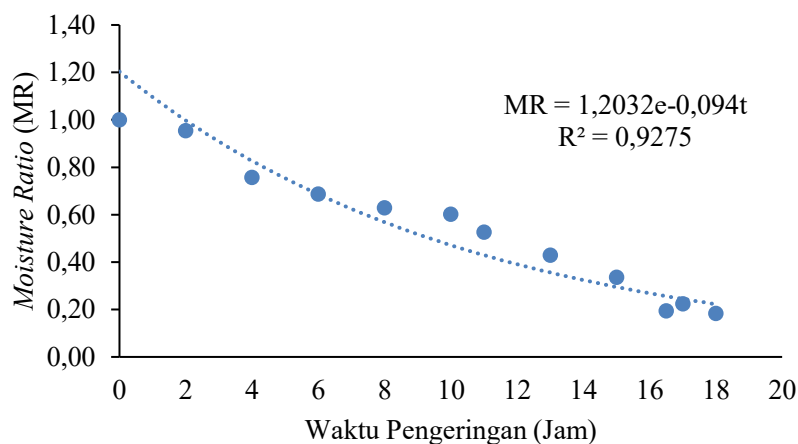
Efisiensi energi yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 5,95–6,51%. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran efisiensi pengering biomassa sederhana yang umumnya berkisar antara 3–15%, tergantung desain tungku, sistem distribusi panas, dan kualitas isolasi termal (Prabhu et al., 2025). Meskipun demikian, penggunaan tempurung kelapa menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan kayu sehingga berpotensi menjadi bahan bakar alternatif yang lebih efektif untuk pengeringan kopra.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa tempurung kelapa merupakan bahan bakar biomassa yang lebih efektif dibandingkan kayu untuk pengeringan kopra. Selain menghasilkan suhu ruang pengering yang lebih tinggi, penggunaan tempurung kelapa mampu mempercepat proses pengeringan, meningkatkan laju pengeringan, menurunkan konsumsi bahan bakar, serta meningkatkan efisiensi energi sistem pengeringan.

Meskipun nilai kalor tempurung kelapa dan kayu berada pada kisaran yang relatif berdekatan menurut berbagai literatur (Amoako & Mensah-Amoah, 2019; Günther et al., 2012), penggunaan tempurung kelapa menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah serta waktu pengeringan yang lebih singkat. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja bahan bakar pada sistem pengering tidak hanya ditentukan oleh nilai kalor, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik pembakaran, densitas energi, dan kestabilan pelepasan panas selama proses pengeringan.

3.4 Karakteristik Pengeringan Berdasarkan Moisture Ratio

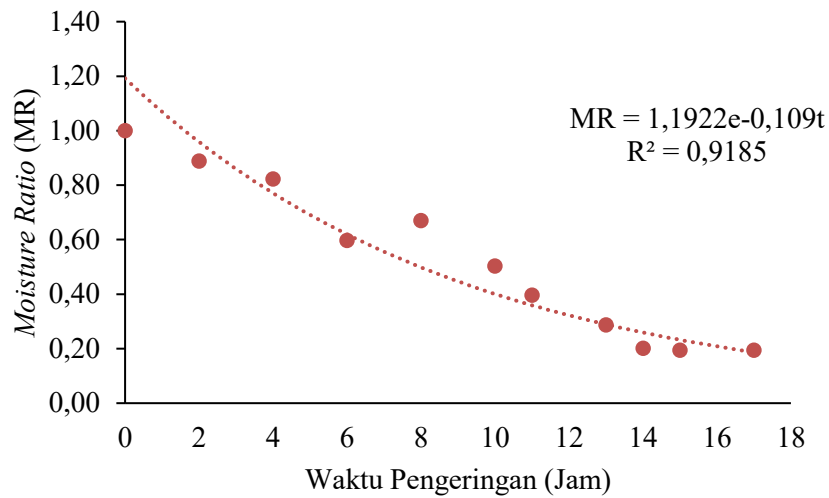
Hubungan antara *moisture ratio* (MR) dan waktu pengeringan pada penggunaan bahan bakar kayu ditunjukkan pada Gambar 6. Nilai MR menurun secara eksponensial seiring bertambahnya waktu pengeringan, yang menunjukkan berkurangnya kandungan air dalam bahan selama proses pengeringan. Pada tahap awal, penurunan MR berlangsung relatif cepat karena sebagian besar air yang diuapkan masih berupa air bebas yang berada di permukaan dan rongga jaringan daging kelapa. Seiring berjalannya proses pengeringan, laju penurunan MR menjadi lebih lambat akibat berkurangnya kandungan air bebas dan meningkatnya hambatan difusi air dari bagian dalam bahan menuju permukaan. Hubungan eksponensial yang diperoleh, yaitu $MR = 1,2032e^{-0,094t}$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9275, menunjukkan bahwa model eksponensial mampu menggambarkan karakteristik pengeringan kopra dengan baik. Pola ini sejalan dengan karakteristik umum pengeringan bahan pertanian yang didominasi oleh periode *falling rate drying*, dimana laju pengeringan menurun secara bertahap seiring berkurangnya kadar air bahan (Satter, 2001).



Gambar 6. Hubungan *moisture ratio* dan waktu pengeringan menggunakan bahan bakar kayu

Pada penggunaan tempurung kelapa diperoleh hubungan eksponensial $MR = 1,1922e^{-0,109t}$ dengan nilai R^2 sebesar 0,9185 (Gambar 7). Nilai koefisien determinasi yang relatif tinggi menunjukkan bahwa model eksponensial mampu menggambarkan perubahan kadar air kopra selama proses pengeringan dengan baik. Bentuk kurva yang menurun secara eksponensial menunjukkan bahwa laju pengeringan berlangsung cepat pada tahap awal ketika kandungan air bebas masih tinggi, kemudian menurun secara bertahap seiring berkurangnya kadar air bahan (Mendis et al., 2016).

Konstanta pengeringan pada penggunaan tempurung kelapa lebih tinggi dibandingkan kayu ($0,109 > 0,094$), yang menunjukkan proses pengeringan berlangsung lebih cepat. Hasil ini sejalan dengan distribusi suhu ruang pengering yang lebih tinggi, waktu pengeringan yang lebih singkat, serta laju pengeringan yang lebih besar pada penggunaan tempurung kelapa dibandingkan kayu. Dengan demikian, tempurung kelapa menunjukkan kinerja yang lebih baik sebagai bahan bakar biomassa untuk proses pengeringan kopra.



Gambar 7. Hubungan *moisture ratio* dan waktu pengeringan menggunakan bahan bakar tempurung kelapa

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa alat pengering kopra tipe rak berbahan bakar biomassa mampu beroperasi dengan baik untuk pengeringan kopra dengan kapasitas sekitar 278 butir kelapa atau 160 kg daging kelapa segar. Penggunaan tempurung kelapa memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan kayu, ditunjukkan oleh suhu ruang pengering rata-rata sekitar 60°C, laju pengeringan 2,41 kg H₂O/jam (3,73% bk/jam), konsumsi bahan bakar 54,46 kg, dan efisiensi energi 6,51%. Karakteristik pengeringan mengikuti pola eksponensial dengan *moisture ratio* yang menurun seiring waktu pengeringan. Selain menghasilkan kopra yang cerah dan tidak gosong, pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan bakar juga berpotensi meningkatkan nilai tambah limbah biomassa kelapa dan mendukung sistem pengolahan kelapa yang lebih berkelanjutan.

4.2 Saran

Kinerja alat pengering masih dapat ditingkatkan melalui optimasi sistem pembakaran dan distribusi udara panas untuk mempercepat proses pengeringan serta meningkatkan efisiensi energi.

Daftar Pustaka

- Afham Rahmat, M. A., Ibrahim, A., Aziat Ishak, M. A., Syafiq, U., & Al-Arife, K. M. (2025). Numerical investigation of thermal and airflow profiles in diverse solar dryer chamber configurations. *Case Studies in Thermal Engineering*, 73, 106612. <https://doi.org/10.1016/J.CSITE.2025.106612>
- Amoako, G., & Mensah-Amoah, P. (2019). Determination of Calorific Values of Coconut Shells and Coconut Husks. *Journal of Materials Science Research and Reviews*, 2(2), 1–7. https://www.researchgate.net/publication/329894161_Determination_of_Calorific_Values_of_Coconut_Shells_and_Coconut_Husks
- Günther, B., Gebauer, K., Barkowski, R., Rosenthal, M., & Bues, C. T. (2012). Calorific value of selected wood species and wood products. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(5), 755–757. <https://doi.org/10.1007/S00107-012-0613-Z>
- Mendis, A. R. L., Amarasinghe, A. D. U. S., & Narayana, M. (2016). Numerical simulation of the moisture diffusion in copra drying process. *2nd International Moratuwa Engineering Research Conference, MERCon 2016*, 192–197. <https://doi.org/10.1109/MERCON.2016.7480138>
- Prabhu, C. N., Dhanushkodi, S., & Sudhakar, K. (2025). Sustainable technology for coconut

- processing: Biomass-powered dryer and performance evaluation. *Results in Engineering*, 25, 104361. <https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2025.104361>
- Satter, M. A. (2001). OPTIMIZATION OF COPRA DRYING FACTORS BY TAGUCHI METHOD. *Mechanical Engineering*, 23–27.
- Sutanto, R. (2024). Analysis of Rack Dryer Performance with Varying Inlet Air Temperature. *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES) ISSN, 12*, 263–266. www.ijres.org
- Swain, S. (2013). Performance Evaluation of Biomass Fired Dryer for Copra Drying: A Comparison with Traditional Drying in Subtropical Climate. *Journal of Food Processing & Technology*, 05(01). <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000294>