

Analisis Distribusi Suhu Dan Efisiensi Termal Pada Oven Pengering Listrik Kapasitas 3 Kg

Ridho Fadhil Romadhon^{a,1,*}, Dianta Mustofa Kamal^{b,2}

^aRidho Fadhil Romadhon, Depok 16425, Indonesia

^bDianta Mustofa Kamal, Depok 16425, Indonesia

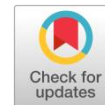
¹ridho.fadhil.romadhon.tn23@stu.pnj.ac.id, ²dianta.mustofakamal@mesin.pnj.ac.id

* Penulis Korespondensi

Diterima 05 Oktober 2025; Direvisi 08 Oktober 2025; Diterima 13 Oktober 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi suhu dan efisiensi termal pada oven pengering tenaga listrik kapasitas 3 kg yang digunakan untuk pengeringan jahe gajah (*Zingiber officinale* var. *officinarum*). Model oven dirancang menggunakan *SolidWorks 2020*, kemudian dilakukan analisis termal berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* menggunakan *ANSYS Fluent 2021*. Rancangan oven ini mengacu pada model oven hybrid hasil penelitian Hutajulu [21]. Simulasi dilakukan pada suhu operasi 60°C untuk mengetahui pola distribusi panas, aliran udara, dan efisiensi perpindahan panas antar komponen oven. Hasil simulasi menunjukkan suhu rata-rata ruang pengering berkisar 55–60°C dengan deviasi maksimum 5°C dan efisiensi termal mencapai 76,63%. Dibandingkan metode penjemuran tradisional yang membutuhkan waktu 3–11 hari dan bergantung pada cuaca [3], oven listrik ini mampu menurunkan kadar air jahe gajah dari 80–85% menjadi di bawah 10% hanya dalam waktu 7–9 jam. Dengan kestabilan suhu dan efisiensi energi yang tinggi, oven ini dinilai lebih higienis, cepat, dan efektif untuk diterapkan pada industri rumah tangga berbasis tanaman biofarmaka.

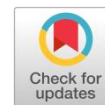


KATA KUNCI

oven pengering.
jahe gajah.
CFD.
efisiensi termal.

ABSTRACT

This study aims to analyze the temperature distribution and thermal efficiency of a 3 kg capacity electric drying oven used for drying elephant ginger (*Zingiber officinale* var. *officinarum*). The oven model was designed using *SolidWorks 2020*, then a *Computational Fluid Dynamics (CFD)*-based thermal analysis was performed using *ANSYS Fluent 2021*. This oven design refers to the hybrid oven model from Hutajulu's research [21]. Simulations were carried out at an operating temperature of 60°C to determine the heat distribution pattern, air flow, and heat transfer efficiency between oven components. The simulation results showed that the average temperature of the drying chamber ranged from 55–60°C with a maximum deviation of 5°C and a thermal efficiency of 76.63%. Compared to traditional drying methods which take 3–11 days and depend on the weather [3], this electric oven is able to reduce the moisture content of elephant ginger from 80–85% to below 10% in just 7–9 hours. With high temperature stability and energy efficiency, this oven is considered more hygienic, fast, and effective for application in the biopharmaceutical plant-based home industry.



KEYWORD

drying oven.
elephant ginger.
CFD.
thermal efficiency.



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu produsen utama tanaman biofarmaka di Asia Tenggara, dengan jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) sebagai komoditas unggulan bernilai ekonomi tinggi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), produksi jahe nasional mencapai 198,8 ribu ton per tahun, dengan nilai ekonomi sekitar Rp4–5 triliun [1]. Salah satu varietas yang banyak digunakan dalam industri adalah jahe gajah (*Zingiber officinale* var. *officinarum*), yang memiliki rimpang besar, kadar air tinggi (80–85%), serta aroma khas yang kuat [10], [11]. Komoditas ini banyak dimanfaatkan dalam industri jamu, minuman instan, dan produk ekspor, sehingga proses pengeringannya menjadi tahap penting untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas senyawa bioaktifnya.

Proses pengeringan jahe secara tradisional masih dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari. Meskipun murah, metode ini memiliki berbagai kelemahan, antara lain ketergantungan pada kondisi cuaca, waktu pengeringan yang lama (3–11 hari), dan mutu produk yang tidak seragam [3], [6]. Kelembapan lingkungan yang tinggi dapat memperlambat penguapan air dan menyebabkan pertumbuhan

jamur. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengering yang mampu menjaga suhu stabil dan menghasilkan pengeringan yang lebih cepat serta higienis.

Kajian literatur terdahulu menunjukkan berbagai inovasi untuk meningkatkan efisiensi pengeringan jahe. Rini (2021) melaporkan bahwa penerapan elemen pemanas elektrik pada oven mampu meningkatkan efisiensi termal hingga 25% dibandingkan oven berbahan bakar gas [4]. Subandi et al. (2015) menemukan bahwa modifikasi oven bekas menjadi alat pengering multifungsi dapat mempercepat waktu pengeringan hingga 40% [5]. Penelitian Zulkarnain et al. (2023) memperkuat hasil tersebut dengan menambahkan heater dan blower untuk meningkatkan kestabilan suhu dan efisiensi pemanasan [14]. Fadhilah dan Ramdhan (2022) mencatat bahwa sistem kontrol suhu otomatis mampu menghemat energi hingga 30% tanpa menurunkan kualitas bubuk jahe [8]. Dari sisi analisis termal, Luthfi dan Kurniawan (2023) menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) dan menemukan bahwa distribusi udara panas yang tidak merata dapat menyebabkan perbedaan suhu hingga 9°C antar lapisan bahan [17].

Berdasarkan berbagai studi, suhu pengeringan 60°C dinilai paling optimal untuk jahe gajah, karena mampu menurunkan kadar air dari sekitar 80% menjadi 8–10% dalam waktu 7–9 jam, dengan ketebalan irisan 3–5 mm [6], [8], [13], [20]. Suhu di atas 65°C memang mempercepat proses pengeringan, namun berisiko menurunkan kadar senyawa aktif seperti gingerol dan shogaol serta mengubah warna bahan [12], [15]. Oleh karena itu, pengeringan jahe gajah sebaiknya dilakukan menggunakan sistem oven dengan suhu stabil 60°C dan aliran udara panas merata untuk memastikan kualitas produk tetap terjaga.

Kebaruan ilmiah dari penelitian ini terletak pada analisis distribusi suhu dan efisiensi termal oven listrik kapasitas 3 kg yang dianalisis menggunakan simulasi CFD untuk mengevaluasi distribusi suhu dan kestabilan termal pada suhu operasi 60°C. Rancangan oven ini mengacu pada model oven hybrid hasil penelitian Hutajulu [21]. Studi ini memberikan pendekatan numerik dalam memahami pola aliran udara panas di dalam ruang oven kecil sehingga dapat dioptimalkan untuk pengeringan bahan biofarmaka berserat tebal seperti jahe gajah.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pola distribusi suhu, kestabilan termal, dan efisiensi perpindahan panas di dalam oven pengering listrik untuk pengeringan jahe gajah menggunakan metode CFD, sehingga dapat diperoleh rancangan alat yang efisien, seragam, dan sesuai untuk skala industri kecil.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pengeringan jahe sebagai bahan biofarmaka bernilai ekonomi tinggi. Subandi et al. [5] meneliti modifikasi oven bekas menjadi alat pengering multifungsi, yang menghasilkan peningkatan efisiensi waktu pengeringan hingga 40% karena distribusi panas di ruang oven menjadi lebih merata. Rini [4] melakukan *re-design* oven tenaga listrik dan melaporkan peningkatan efisiensi termal sebesar 25% dibandingkan oven berbahan bakar gas.

Fadhilah dan Ramdhan [8] menambahkan sistem kontrol suhu otomatis pada oven pengering, yang mampu menghemat energi hingga 30% tanpa menurunkan mutu produk bubuk jahe. Zulkarnain et al. [14] mengembangkan sistem oven dengan *heater* dan *blower* untuk menstabilkan suhu ruang pemanas, yang terbukti meningkatkan efisiensi pemanasan serta mengurangi fluktuasi suhu di dalam ruang pengering. Dari sisi analisis termal, Luthfi dan Kurniawan [17] memanfaatkan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk menganalisis distribusi panas pada oven pengering jahe, dan menemukan perbedaan suhu hingga 9°C antar lapisan bahan akibat aliran udara yang tidak seragam.

Sutrisno dan Lestari [9] meneliti sistem kontrol PID berbasis sensor termokopel yang mampu mempertahankan suhu stabil dengan deviasi $\pm 2^\circ\text{C}$. Temuan-temuan tersebut menjadi dasar penting dalam pengembangan desain oven pengering listrik yang efisien, stabil secara termal, dan adaptif terhadap kebutuhan industri kecil, terutama dalam konteks penyeragaman suhu, efisiensi energi, dan peningkatan mutu hasil pengeringan.

2.2 Kajian Obyek Penelitian

Oven pengering merupakan alat yang digunakan untuk mengurangi kadar air bahan melalui pemanasan buatan dengan mekanisme perpindahan panas secara konduksi dan konveksi [7]. Pada mekanisme konduksi, panas ditransfer dari permukaan padat bersuhu tinggi ke bahan, sedangkan pada mekanisme konveksi, udara panas mengalir dan menyebarkan panas ke seluruh ruang oven. Material oven umumnya

menggunakan stainless steel AISI 304 karena memiliki ketahanan korosi tinggi, konduktivitas termal yang baik, serta mudah dibersihkan sehingga sesuai untuk pengolahan bahan pangan dan biofarmaka.

Proses pengeringan jahe bertujuan menurunkan kadar air bahan hingga di bawah 10%, agar lebih tahan lama, tidak mudah berjamur, dan tetap mempertahankan kadar senyawa aktif seperti gingerol dan shogaol [12], [15]. Penggunaan suhu 55–65°C direkomendasikan karena mampu mempercepat proses penguapan air tanpa merusak komponen bioaktif yang sensitif terhadap panas [20]. Pada suhu ini, proses evaporasi tetap berlangsung melalui difusi uap air dari dalam jaringan rimpang ke permukaan bahan, meskipun titik didih air murni adalah 100°C pada tekanan atmosfer [7]. Dengan adanya aliran udara panas dan kelembapan relatif yang rendah, pengeringan dapat berjalan efektif meskipun di bawah titik didih air.

Jenis jahe yang digunakan dalam penelitian ini adalah jahe gajah (*Zingiber officinale* var. *officinatum*), varietas dengan rimpang besar, serat kasar, dan kadar air tinggi (80–85%) [10], [11]. Struktur jaringan jahe gajah yang tebal menyebabkan air di dalamnya sulit keluar secara cepat, sehingga waktu pengeringan lebih lama dibanding jahe merah atau jahe emprit yang memiliki jaringan lebih halus. Oleh karena itu, pemilihan suhu pengeringan 60°C dengan bantuan sirkulasi udara panas menggunakan blower dianggap paling sesuai untuk mempercepat difusi air tanpa merusak struktur sel dan senyawa bioaktif penting.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa proses pengeringan jahe sangat dipengaruhi oleh suhu operasi, ketebalan irisan, dan laju aliran udara. Semakin tinggi suhu, semakin cepat laju pengeringan, namun dapat menurunkan kadar gingerol [6], [8], [13]. Untuk jahe gajah segar dengan ketebalan irisan 3–5 mm, kadar air akhir yang ideal berkisar 8–10%, agar bahan tidak menggumpal dan mudah digiling menjadi bubuk.

Beberapa penelitian terdahulu yang ditampilkan pada Tabel 1 menggunakan jenis jahe yang berbeda (gajah, merah, dan emprit), namun karakteristik pengeringannya relatif serupa karena sama-sama mengikuti mekanisme difusi air dari jaringan rimpang menuju permukaan bahan. Oleh karena itu, data tersebut dapat dijadikan acuan penentuan suhu dan waktu pengeringan optimum untuk jahe gajah.

Tabel 1. Perbandingan hasil penelitian terdahulu tentang pengeringan jahe

Peneliti	Suhu (°C)	Ketebalan (mm)	Waktu Kering (jam)	Kadar Air Akhir (%)
Risdianti et al., 2016 [6]	60	3	8	9,6
Santosa et al., 2021 [3]	55	5	10	8,7
Fadhilah & Ramdhan, 2022 [8]	65	4	6	8,2
Daryanto, 2018 [20]	60	3–5	7–9	9,0
Suhardi & Rahayu, 2019 [12]	70	3	5–6	7,0

Variasi suhu dan ketebalan irisan menyebabkan perbedaan waktu pengeringan. Namun, suhu sekitar 60°C selama 7–9 jam dinilai paling ideal untuk menjaga keseimbangan antara efisiensi pengeringan dan kualitas jahe gajah kering.

2.3 Kerangka Berpikir

Metode penjemuran konvensional masih banyak digunakan oleh pelaku industri rumahan karena biayanya murah, namun memiliki kelemahan seperti lamanya waktu pengeringan (3–11 hari), ketergantungan pada kondisi cuaca, dan ketidakstabilan suhu yang menyebabkan mutu produk tidak seragam [3], [6]. Proses ini juga rentan terhadap kontaminasi lingkungan, sehingga kualitas jahe sering kali menurun. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengering berbasis tenaga listrik yang mampu menjaga kestabilan suhu dan efisiensi energi secara berkelanjutan.

Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan *beater*, *blower*, dan sistem kontrol suhu otomatis dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pengeringan [4], [8], [14]. Namun, masih

ditemukan permasalahan berupa ketidakmerataan distribusi panas di dalam ruang oven, yang menurunkan efisiensi termal dan menyebabkan variasi tingkat kekeringan bahan [17].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis distribusi suhu dan efisiensi termal oven pengering listrik berkapasitas 3 kg, yang modelnya mengacu pada rancangan Tugas Akhir Hutajulu (2023) [21]. Analisis dilakukan menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) untuk mempelajari pola aliran udara, perbedaan suhu antar komponen, serta efisiensi perpindahan panas di dalam ruang oven. Dengan pendekatan ini, diharapkan oven listrik tersebut dapat menjadi solusi alternatif yang lebih cepat, higienis, dan efisien dibandingkan metode pengeringan tradisional berbasis sinar matahari.

3. Metodologi Penelitian

Model oven pengering yang dianalisis dalam penelitian ini mengacu pada rancangan oven listrik kapasitas 3 kg hasil Tugas Akhir Hutajulu (2023) [21]. Model tersebut dijadikan dasar karena memiliki karakteristik dan dimensi yang sesuai untuk pengeringan bahan herbal skala kecil. Analisis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dilakukan untuk mempelajari distribusi suhu dan efisiensi termal dengan parameter yang telah disesuaikan menggunakan perangkat lunak ANSYS Fluent 2021.

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis analisis termal, dengan tahapan umum meliputi identifikasi masalah, pengumpulan data geometri dan material, pemodelan 3D menggunakan SolidWorks 2020, serta simulasi aliran udara dan perpindahan panas menggunakan metode numerik CFD.

Untuk menghitung kehilangan panas akibat konduksi pada dinding oven, digunakan persamaan dasar perpindahan panas silinder sebagai berikut [7]:

$$qk = \frac{2\pi Lk\Delta T}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

Keterangan :

qk = Laju konduksi panas ($K.W/m^2$)

L = panjang silinder (m)

r = jari – jari silinder (m)

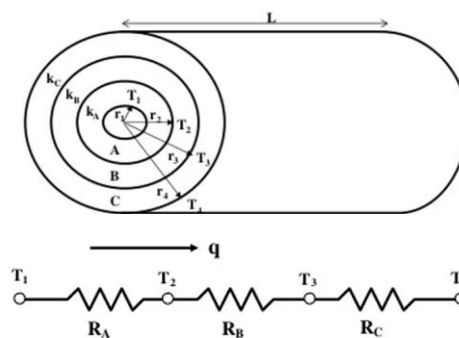
R = Thermal Residence W/K

k = Angka konduktivitas termal ($W/m.K$)

Thermal Residence dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R_k = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi Lk}$$

Kerugian panas melalui konduksi (heat loss) terjadi ketika energi panas berpindah dari daerah bersuhu lebih tinggi menuju daerah bersuhu lebih rendah dengan melewati material isolator maupun elemen pendukung lainnya [7]. Untuk menghitung besarnya *heat loss* akibat perpindahan panas konduksi gabungan, dapat digunakan persamaan sebagai berikut:



Gambar 1. Konduksi pada silinder

(Sumber: Rachmat dan Aqil (2016) [7])

$$q = \frac{T_1 + T_4}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{\Delta T}{R_{total}}$$

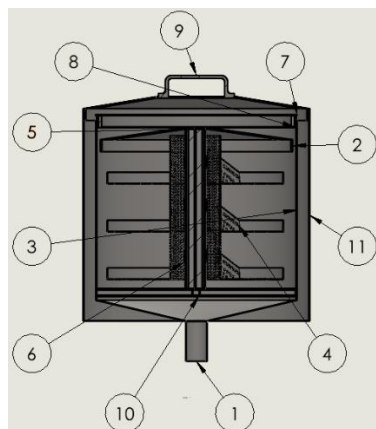
Dimana besar R didapatkan dari tahanan termal masing-masing lapisan. Parameter batas (*boundary condition*) yang digunakan pada simulasi CFD meliputi suhu *heater* 60°C, udara masuk 30°C, dan tekanan 1 atm. Hasil simulasi kemudian digunakan untuk menilai keseragaman suhu dan efisiensi termal oven berdasarkan distribusi panas pada setiap komponen.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil

Hasil penelitian ini berupa analisis distribusi suhu dan efisiensi termal pada oven pengering listrik berkapasitas 3 kg yang modelnya mengacu pada rancangan tugas akhir Hutajulu (2023) [21]. Oven ini dirancang menggunakan *SolidWorks 2020* untuk pemodelan tiga dimensi, dan analisis termal dilakukan menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)* pada perangkat lunak *ANSYS 2021*.

Material utama oven adalah stainless steel AISI 304, yang dipilih karena memiliki konduktivitas termal yang baik, tahan terhadap korosi, dan mudah dibersihkan, sehingga sesuai untuk aplikasi pengeringan bahan pangan dan biofarmaka. Sumber panas oven berasal dari elemen pemanas listrik (*heater*) yang dikontrol secara otomatis menggunakan sensor termokopel dan sistem pengendali suhu digital, sehingga suhu ruang oven dapat dipertahankan secara stabil pada 60°C.

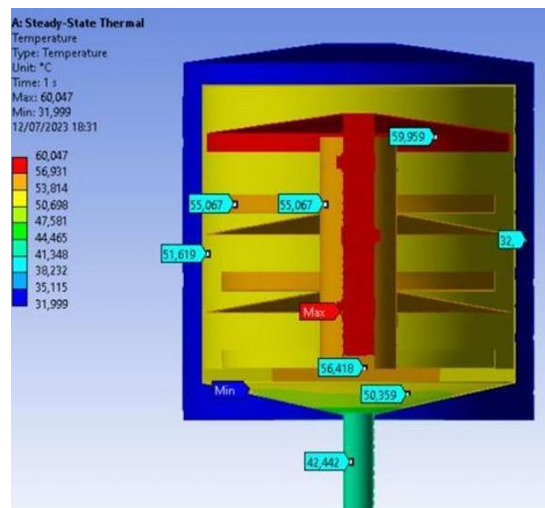


Gambar 2. Rancangan mesin oven berbasis tenaga listrik kapasitas 3 kg
(Sumber: Hasil *SolidWorks 2020*)

Tabel 2. Daftar Komponen Oven

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.	UKURAN (mm)
1	Corong Kondensat	1	T: 156
			D: 502
			d: 55
2	Corong Tutup Loyang	1	T: 40
			D: 480
			d: 120
3	Dandang Dalam	1	T: 450

			D: 502
			T: 120
4	Loyang	3	D: 440 d: 124
5	Pipa Pemanas	1	T: 398 D: 50
6	Ring Pemanas	3	T: 30 D: 55
7	Tutup Dalam	1	T: 30 D: 498
8	Tutup Dandang Terbalik	1	T: 30 D: 496
9	Tutup Oven	1	T: 30 D: 566
10	Kaki Pipa Pemanas	1	L: 20 P: 497
11	Dandang Luar	1	T: 529 D: 566



Gambar 3. Hasil simulasi distribusi suhu oven pengering (CFD)

(Sumber: Hasil simulasi ANSYS 2021)

Simulasi dilakukan menggunakan *software* ANSYS 2021 dengan kondisi batas (boundary condition) sebagai berikut: suhu pemanas (*heater*) 60°C, tekanan atmosfer 1 atm, dan udara masuk 30°C. Hasil distribusi suhu menunjukkan variasi pada beberapa komponen utama oven, sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi suhu hasil simulasi CFD

Komponen Oven	Suhu Rata-rata (°C)	Keterangan	Komponen Oven
Dinding luar	32	Suhu terendah, kehilangan panas terbesar	Dinding luar
Dinding dalam	51	Perpindahan panas dari <i>heater</i> ke ruang oven	Dinding dalam
Loyang pengering	55	Area kontak utama dengan bahan (jahe gajah)	Loyang pengering
Pipa pemanas	56	Menunjukkan konduksi efektif dari <i>heater</i>	Pipa pemanas
<i>Heater</i>	60	Sumber panas utama, suhu maksimum	<i>Heater</i>

Hasil simulasi memperlihatkan bahwa suhu tertinggi berada pada *heater* (60°C) dan terendah pada dinding luar (32°C). Perbedaan suhu mencapai sekitar 28°C, menunjukkan adanya gradien termal signifikan akibat kehilangan panas melalui konduksi pada dinding oven. Distribusi suhu di ruang pengering juga menunjukkan variasi kecil antar area loyang ($\pm 4^\circ\text{C}$), yang menandakan aliran udara panas belum sepenuhnya seragam.

4.2. Pembahasan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa oven pengering listrik yang dirancang mampu mencapai suhu operasi stabil 60°C, sesuai dengan suhu optimum pengeringan bahan biofarmaka seperti jahe gajah [15], [20]. Namun, distribusi suhu di dalam ruang oven masih belum merata, terutama pada bagian bawah dan sudut ruang yang memiliki suhu lebih rendah dibandingkan area sekitar heater.

Fenomena ini dapat dijelaskan secara ilmiah melalui prinsip konveksi alami (natural convection), di mana udara panas bergerak ke atas karena densitasnya lebih rendah dibanding udara dingin. Akibatnya, sebagian area bawah loyang mengalami suhu yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Luthfi & Kurniawan (2023) [17] yang menemukan perbedaan suhu hingga 9°C antar lapisan bahan akibat distribusi udara yang tidak seragam di oven pengering jahe. Penelitian Zulkarnain et al. (2023) [14] juga menegaskan bahwa penambahan blower dapat meningkatkan keseragaman suhu dan efisiensi pemanasan sebesar 15–20%.

Tabel 4. Data pengukuran dan parameter simulasi:

PARAMETER	SIMBOL	NILAI
Radius dalam	r_1	0.251 m
Radius luar	r_2	0.283 m
Panjang oven	L	0.45 m
Konduktivitas termal	k	16 W/m·K
Koefisien konveksi dalam	h_i	30 W/m ² ·K
Koefisien konveksi luar	h_o	5 W/m ² ·K
Suhu dalam oven	T_1	51°C
Suhu lingkungan	T_2	30°C

1) Analisis Perpindahan Panas dan Kehilangan Energi (Heat Loss)

Panas di dalam oven berpindah melalui tiga mekanisme: konduksi, konveksi, dan radiasi. Dalam penelitian ini, fokus analisis diarahkan pada konduksi dan konveksi, karena kedua mekanisme ini berperan dominan pada perpindahan panas dari heater menuju bahan.

Luas permukaan:

$$A_i = 2\pi r_1 L = 0.710 m^2$$

$$A_o = 2\pi r_2 L = 0.799 m^2$$

Tahanan termal:

$$R_i = \frac{1}{h_i A_i} = 0.0469 K/W$$

$$R_k = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L k} = 0.002652 K/W$$

$$R_o = \frac{1}{h_o A_o} = 0.250 K/W$$

$$R_{total} = 0.0469 + 0.002652 + 0.250 = 0.299552 K/W$$

Laju kehilangan panas:

$$Q_{loss} = \frac{T_1 - T_2}{R_{total}} = \frac{21}{0.299552} = 70.105 W$$

2) Efisiensi Termal Oven

Efisiensi termal dihitung sebagai perbandingan antara energi panas yang dimanfaatkan untuk pengeringan bahan (Quseful) terhadap energi panas total yang dihasilkan heater (Qinput):

$$\eta = \frac{Q_{useful}}{Q_{input}} \times 100\%$$

Misalkan:

Daya heater = 300 W (berdasarkan desain umum oven 3 kg di TA Hutajulu [21])

Energi hilang ke lingkungan = Qloss = 70.105 W

Maka:

$$Q_{useful} = Q_{input} - Q_{loss} = 300 - 70.105 = 229.895 W$$

$$\eta = \frac{229.895}{300} \times 100\% = 76.63\%$$

3) Interpretasi Ilmiah

Nilai efisiensi sebesar 76,63% menunjukkan bahwa sekitar $\frac{3}{4}$ energi listrik yang digunakan berhasil dimanfaatkan secara efektif untuk proses pengeringan bahan, sedangkan sisanya hilang ke lingkungan. Nilai ini masih dalam kisaran yang wajar, sesuai dengan laporan Prasetyo & Kusnadi (2021) [16], yaitu efisiensi oven listrik konveksi buatan antara 75–80%.

Hasil ini juga memperkuat temuan Zulkarnain et al. (2023) [14] dan Hutajulu (2023) [21], bahwa penggunaan blower dan peningkatan ketebalan isolator mampu memperkecil kehilangan panas serta meningkatkan efisiensi pemanasan hingga 15–20%.

Dengan demikian, oven pengering listrik kapasitas 3 kg yang dianalisis ini dapat dikategorikan efisien secara termal dan layak diimplementasikan untuk industri rumah tangga biofarmaka.

Berdasarkan hasil tersebut, analisis termal dan distribusi suhu menunjukkan bahwa oven pengering listrik kapasitas 3 kg memiliki performa yang stabil dan efisien, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut melalui optimasi desain sirkulasi udara dan peningkatan ketebalan isolator termal.

5. Penutup

5.1. Kesimpulan

Distribusi suhu di dalam oven pengering listrik kapasitas 3 kg menunjukkan nilai rata-rata sebesar 60°C, dengan perbedaan suhu antar komponen utama (heater, pipa pemanas, dan loyang) sekitar 4–5°C. Hal ini menandakan bahwa aliran udara panas belum sepenuhnya merata di seluruh ruang oven. Hasil perhitungan perpindahan panas menunjukkan adanya laju kehilangan panas sebesar 70.105 W, yang terjadi melalui mekanisme konduksi dinding dan konveksi udara luar. Nilai tahanan termal konduksi (R_k) diperoleh sebesar 0,002652 K/W, lebih kecil dibanding tahanan konveksi, yang berarti sebagian besar kehilangan panas berasal dari proses konveksi. Efisiensi termal oven mencapai 76,63%, yang berarti sekitar tiga perempat energi listrik yang disuplai digunakan secara efektif untuk proses pengeringan bahan. Nilai ini sesuai dengan kisaran efisiensi oven listrik konveksi buatan (75–80%) sebagaimana dilaporkan oleh Prasetyo & Kusnadi (2021) [16]. Dari hasil keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa oven pengering listrik kapasitas 3 kg memiliki performa termal yang baik, efisien, dan stabil, serta dapat dijadikan alternatif pengering tradisional berbasis sinar matahari yang lebih cepat, higienis, dan independen terhadap cuaca.

5.2. Saran

Penambahan blower atau sistem sirkulasi udara aktif diperlukan untuk meningkatkan keseragaman suhu di dalam ruang oven, sehingga perbedaan suhu antar lapisan bahan dapat diminimalkan. Optimalisasi lapisan isolator termal dengan material berkonduktivitas rendah seperti *rockwool* atau *ceramic fiber* dapat membantu menekan kehilangan panas dan meningkatkan efisiensi energi secara signifikan. Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada pengujian eksperimental terhadap hasil simulasi CFD untuk mendapatkan data validasi nyata terhadap performa oven. Pengembangan sistem kontrol otomatis berbasis mikrokontroler (PID controller) juga direkomendasikan untuk menjaga kestabilan suhu secara real time dan meminimalkan konsumsi daya listrik. Untuk implementasi industri kecil, perlu dilakukan kajian ekonomis dan uji ketahanan material agar oven dapat dioperasikan secara berkelanjutan dengan biaya produksi rendah.

Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. (2023). Produksi Tanaman Biofarmaka (Obat). <https://www.bps.go.id>
- [2] Priceza.co.id. (2023). Daftar Harga Jahe Gajah Bulan Mei 2023. <https://www.priceza.co.id/s/harga/jahe-gajah>
- [3] Santosa, I. D., Ardita, I. N., Sudana, I. M., & Arsana, M. E. (2021). Pemanfaatan Metode Pengeringan Dehumidifikasi untuk Membantu Proses Produksi Bubuk Jahe. *Bhakti Persada*, 7(2), 102–110.
- [4] Rini, G. A. (2021). Re-Design Oven Tenaga Listrik untuk Meningkatkan Efisiensi dan Cara Kerja. (Thesis). Politeknik Negeri Jakarta.
- [5] Subandi, Suparman, & Sukiyadi. (2015). Modifikasi Oven Bekas sebagai Alat Pengering Multi Fungsi. *Politeknik Negeri Lampung*, 7(2), 77–144.
- [6] Risdianti, D., Murad, M., & Mahardhian D. P., G. (2016). Kajian Pengeringan Jahe Berdasarkan Perubahan Geometrik dan Warna. *J. Rekayasa Pertanian & Biosistem*, 4(2), 275–284.
- [7] Aqil, & Rachmat. (2016). Klasifikasi dan Mekanisme Perpindahan Panas. *Bahan Ajar Perpindahan Panas*, 1, 1–11.
- [8] Fadhilah, N., & Ramdhan, T. (2022). Analisis Kinerja Oven Pengering Listrik terhadap Kualitas Produk Jahe Instan. *J. Teknologi Agroindustri*, 11(3), 150–158.
- [9] Sutrisno, H., & Lestari, R. (2020). Desain dan Uji Performansi Oven Pengering Tenaga Listrik dengan Sistem Kontrol Suhu Otomatis. *J. Rekayasa Mesin*, 15(1), 45–53.
- [10] Kementerian Pertanian. (2023). Statistik Tanaman Obat dan Rempah di Indonesia. Jakarta: Ditjen Hortikultura.
- [11] Setyawan, A., & Mulyani, D. (2020). Potensi Jahe sebagai Komoditas Unggulan Biofarmaka Nasional. *J. Pertanian Tropika*, 7(1), 45–53.

- [12] Suhardi, M., & Rahayu, N. (2019). Pengaruh Suhu Pengeringan terhadap Kualitas Bubuk Jahe. *J. Teknologi Hasil Pertanian*, 12(2), 89–96.
- [13] Sudirman, I. D. M. C., Ardita, I. N., Sudana, I. M., & Arsana, M. E. (2021). Pemanfaatan Metode Pengeringan Dehumidifikasi untuk Produksi Bubuk Jahe. *Bhakti Persada*, 7(2), 102–110.
- [14] Zulkarnain, F., Nofendri, Y., & Agusman, D. (2023). Modifikasi Sistem Pemanas Oven dengan Sumber Panas Heater. *Jurnal Metalik*, 11(1), 55–62.
- [15] Nurhadi, A., Ramadhan, F., & Wahyu, S. (2022). Perancangan Kontrol Suhu Berbasis PID pada Oven Listrik Hemat Energi. *Transient: Jurnal Teknik Elektro*, 11(4), 200–208.
- [16] Prasetyo, B., & Kusnadi, I. (2021). Analisis Efisiensi Energi pada Oven Pengering dengan Sistem Konveksi Buatan. *J. Rekayasa Energi & Mesin*, 9(3), 55–63.
- [17] Luthfi, F. A., & Kurniawan, R. (2023). Analisis Distribusi Panas pada Oven Pengering Jahe Menggunakan CFD. *J. Teknik Mesin Indonesia*, 20(2), 135–142.
- [18] Syahrul, M., & Nugroho, A. (2022). Optimasi Desain Oven Listrik Berbasis Mikrokontroler untuk Pengeringan Produk Pangan. *J. Teknologi Elektro & Mesin*, 5(4), 112–120.
- [19] Hasanah, E., & Wahyudi, D. (2020). Penerapan Oven Listrik pada Industri Rumah Tangga Berbasis Tanaman Obat. *J. Inovasi Teknologi Tepat Guna*, 9(1), 30–37.
- [20] Daryanto, A. (2018). *Teknologi Pascapanen dan Pengeringan Komoditas Pertanian*. Bogor: IPB Press.
- [21] Hutajulu, M. J. (2023). Rancang Bangun Ulang Oven Pengering Tenaga Listrik Hybrid. Tugas Akhir, Politeknik Negeri Jakarta.