# Rancang Bangun Oven Pengering Komposit Serat Alam Menggunakan Pemanas Listrik

**Rasya Fajar Sobirin[1], Zaim Sidqi Islami[1*], Teguh Wibowo[1]**

*[1]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*
*E-mail : rasya.fajar.aer22@polban.ac.id*
*E-mail : zaim.sidqi@polban.ac.id*
*E-mail : teguh.wibowo@polban.ac.id*

**ABSTRAK**

Penggunaan komposit serat alam membutuhkan proses pengeringan dengan suhu terkontrol agar kadar air berkurang optimal tanpa merusak sifat mekanik material. Penelitian ini bertujuan merancang oven pengering komposit serat alam berbasis pemanas listrik yang mampu menjaga suhu stabil. Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem oven, perakitan komponen, pengujian kinerja, dan analisis distribusi panas. Hasil menunjukkan oven dapat mencapai suhu stabil pada setpoint 100°C dengan deviasi ±3°C dan distribusi panas merata dengan selisih suhu antar titik pengukuran tidak melebihi 5°C. Oven ini berfungsi sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa dalam memahami proses pengeringan komposit serat alam secara efektif dan ramah lingkungan.

Kata Kunci
Oven Pengering, Komposit Serat Alam, Distribusi Panas

*The use of natural fiber composites requires a drying process with controlled temperature to reduce moisture content optimally without compromising the material's mechanical properties. This study aims to design an electric heater-based drying oven for natural fiber composites capable of maintaining a stable temperature. The research methods include literature review, oven system design, component assembly, performance testing, and heat distribution analysis. The results show that the oven can reach a stable temperature at a 100°C setpoint with a deviation of ±3°C, and uniform heat distribution with a temperature difference between measurement points not exceeding 5°C. This oven serves as a learning tool for students to better understand the natural fiber composite drying process effectively and in an environmentally friendly manner.*

***Keywords***
*Drying Oven, Natural Fiber Composite, Heat Distribution*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan kebutuhan akan material yang ringan, kuat, berkualitas, serta terjangkau, inovasi dalam bidang material terus dikembangkan. Salah satu inovasi tersebut adalah material komposit, yaitu material hasil kombinasi dua atau lebih bahan berbeda, umumnya terdiri atas serat sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat, guna memperoleh sifat mekanik yang lebih baik. Serat berperan penting dalam memperkuat komposit karena ukurannya yang kecil, fleksibilitas tinggi, serta mampu menahan beban dalam berbagai arah.

Salah satu jenis serat yang banyak dikembangkan saat ini adalah serat alam. Serat alam berasal darisumber daya hayati seperti tumbuhan dan hewan, serta memiliki berbagai keunggulan dibandingkan serat sintetis, antara lain mudah diperoleh, harga murah, densitas rendah, mudah diproses, dan ramah lingkungan (1). Oleh karena itu, serat alam menjadi alternatif yang menarik untuk digunakan dalam komposit polimer.

Dalam proses pembuatan komposit serat alam, salah satu tahap penting yang menentukan kualitas akhir produk adalah proses pengeringan. Pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam serat agar meningkatkan adhesi antara serat dan matriks, serta meminimalkan risiko degradasi material. Untuk mendukung proses tersebut, diperlukan alat bantu yang mampu mengontrol suhu dan kelembapan secara stabil.

Salah satu solusi yang diusulkan adalah rancang bangun oven pengering berbasis pemanas listrik. Oven ini dirancang untuk menyediakan metode pengeringan yang praktis, efisien, dan dapat diandalkan. Dibandingkan dengan metode tradisional seperti pengeringan sinar matahari yang memerlukan waktu berhari-hari dan sangat bergantung pada cuaca, penggunaan pemanas listrik memungkinkan proses pengeringan berlangsung dalam waktu lebih singkat dan menghasilkan hasil yang lebih seragam serta konsisten. Selain itu, sistem kontrol suhu yang diterapkan pada oven ini memberikan kemudahan dalam pengaturan suhu sesuai karakteristik serat alam yang diuji.

Penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh Bintarto dkk (2021) menunjukkan bahwa pemanasan menggunakan

microwave dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit serat daun nanas secara signifikan. Dalam penelitian tersebut, daya microwave yang lebih tinggi menghasilkan peningkatan kekuatan tarik dari 107 MPa menjadi 147,9 MPa, membuktikan bahwa proses pengeringan berpengaruh besar terhadap kualitas mekanik komposit (2).

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Pengeringan

Pengeringan merupakan proses mengurangi kadar air pada material hingga mencapai tingkat kelembapan yang diinginkan dengan menggunakan energi panas. Proses ini dilakukan agar material lebih tahan lama, tidak mudah rusak akibat aktivitas mikroorganisme, serta memiliki kualitas yang sesuai standar penggunaan. Pada material komposit serat alam, pengeringan berfungsi penting untuk menurunkan kadar air pada serat sehingga dapat meningkatkan kualitas ikatan dengan resin, memperbaiki sifat mekanik, dan mencegah cacat seperti retak atau delaminasi.

Menurut Mujumdar (2006), tujuan utama pengeringan adalah mengurangi kandungan air hingga batas aman untuk penyimpanan dan penggunaan lebih lanjut, serta meningkatkan kestabilan dimensi material. Pengeringan juga membantu mengurangi berat total material, yang sangat dibutuhkan pada aplikasi industri yang memerlukan komposit ringan, seperti sektor transportasi dan konstruksi.

### 2.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan proses transfer energi termal dari wilayah bersuhu lebih tinggi ke wilayah bersuhu lebih rendah akibat adanya perbedaan suhu. Dalam pengeringan material komposit serat alam, perpindahan panas berperan penting untuk menurunkan kadar air hingga mencapai kelembapan yang sesuai standar. Oven pengering bekerja dengan mekanisme konveksi, di mana aliran udara panas membantu proses penguapan air dari permukaan material ke lingkungan sekitar.

Proses perpindahan panas secara konveksi pada oven ini dapat dijelaskan dengan persamaan:

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (1)$$

Q = Kalor yang dipindahkan
h = Koefisien konveksi
A = Luas permukaan material
ΔT = Selisih suhu antara permukaan material dengan udara oven

### 2.3 Prinsip Kerja Oven Pengering

Oven pengering merupakan alat yang berfungsi menggantikan sinar matahari untuk mengurangi kadar air suatu material dengan menggunakan suhu yang dapat dikontrol secara stabil. Pengeringan pada oven terjadi melalui aliran udara panas yang menguapkan kelembapan dari produk dan membawanya keluar melalui sistem pembuangan (exhaust).

### 2.4 *Pattern Factor* dan *Profile Factor*

*Pattern factor* adalah parameter yang digunakan untuk mengevaluasi keseragaman distribusi suhu di dalam ruang oven pengering. *Pattern factor* dihitung dengan membandingkan selisih antara suhu maksimum dan suhu rata-rata yang diukur pada beberapa titik dalam oven. Nilai *pattern factor* yang mendekati rentang 0,25 hingga 0,45 menunjukkan distribusi suhu yang merata, sedangkan nilai yang lebih besar dari 0,45 mengindikasikan adanya titik panas berlebih (*hot spot*) yang dapat menyebabkan pengeringan tidak seragam. *Pattern factor* dapat diketahui dengan rumus:

$$Pattern\ Factor\ (PF) = \frac{T_{Max} - T_{av}}{T_{av}} \quad (2)$$

*Profile factor* digunakan untuk menilai stabilitas penyebaran suhu di sekitar nilai rata-rata suhu dalam oven. *Profile factor* dihitung dari selisih antara suhu maksimum rata-rata dengan suhu rata-rata keseluruhan. Nilai *profile factor* yang mendekati 1,04 hingga 1,08 menunjukkan sebaran suhu yang stabil, sementara nilai yang lebih tinggi menunjukkan adanya deviasi suhu yang signifikan, yang dapat memengaruhi kualitas pengeringan material. *Profil factor* dapat diketahui dengan rumus:

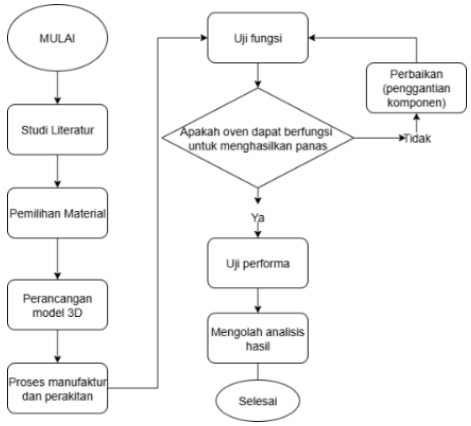
$$Profile\ Factor\ (pF) = \frac{T_{max}}{T_{av}} \quad (3)$$

$PF$ = Faktor pola panas, menunjukkan seberapa besar suhu paling panas melebihi suhu rata-rata oven.
$T_{Max}$ = Suhu paling tinggi yang terukur pada titik tertentu di dalam oven.
$T_{av}$ = Suhu rata-rata dari semua titik pengukuran di oven.

Kedua parameter ini penting untuk memastikan oven pengering bekerja dengan distribusi panas yang merata, sehingga proses pengeringan berjalan optimal dan kualitas produk tetap terjaga.

## 3. METODE DAN PROSES PENYELESAIAN

Tahapan penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir dengan urutan langkah-langkah sebagai berikut:




Gambar 1. Metode Penyelesaian

### 3.1 Studi Literatur

Dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari buku, jurnal, dan sumber relevan untuk memperoleh teori dan data pendukung yang menjadi dasar perancangan oven pengering komposit.

### 3.2 Pemilihan Material

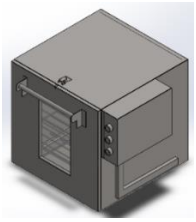
Pemilihan material berfungsi untuk menetapkan spesifikasi dan komponen oven yang akan dibuat. Hasil dari pemilihan material ini disajikan pada Tabel 1 di bawah.

*Tabel 1. Pemilihan material*

| No. | Parameter | Constrain | Justifikasi |
|---|---|---|---|
| 1. | Dimensi Oven | P: 600mm<br>L: 600mm<br>T: 600mm | Dimensi oven ditentukan berdasarkan ukuran spesimen yang akan dimasukkan dengan jumlah maksimal 9 buah |
| 2. | Temperature | Suhu minimum: 50˚ C<br>Suhu maksimum: 250 ˚ C | Temperatur suhu yang digunakan oven ditentukan agar sesuai untuk proses pengeringan material. |
| 3. | Ukuran spesimen yang bisa digunakan kedalam Oven | P: 250mm<br>L: 25mm | Merujuk pada standard ASTM D3039 yang berisi mengenai standar ukuran spesimen uji tarik komposit. |
| 4. | Jumlah dan letak Pemanas pada Oven | 4 buah diletakkan di sisi bawah | Jumlah dan letak pemanas disesuaikan untuk menghasilkan distribusi panas yang merata di dalam oven. |
| 5. | Jenis Pemanas | Elemen pemanas tubular | Jenis pemanas dipilih berdasarkan kemampuan menghasilkan panas yang baik. |
| 6. | Jenis Material Oven | 1. Plat ST 37<br>2. Stainless steel<br>3. Alumunium | Material untuk oven pengering harus memiliki ketahanan terhadap korosi dan mampu bertahan pada suhu tinggi. |
| 7. | Jenis Material Isolator | Glasswool | Isolator dipilih agar mampu menjaga efisiensi termal dan meminimalkan kehilangan panas dari oven. Isolator ditempatkan pada antara plat dalam serta plat luar oven. |

### 3.3 Perancangan Model 3D

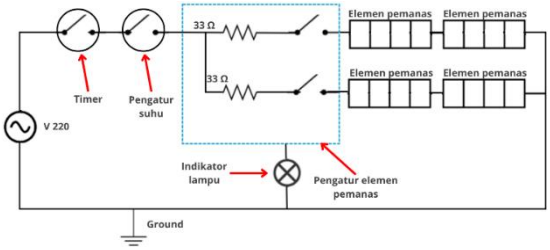
Pembuatan gambar desain komponen dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD (Solidworks). Desain yang dirancang berupa model 3D dari oven yang akan dibuat seperti pada Gambar 2 dibawah.



Gambar 2. Model 3D

### 3.4 Perancangan Rangkaian Listrik

Membuat gambar rancangan (gambar desain) dari rangkaian listrik yang akan dibuat.




Gambar 3. Rancangan Rangkaian Listrik

### 3.5 Perancangan Manufaktur dan Perakitan

#### 3.5.1 Manufaktur

Pembuatan komponen oven dilakukan melalui proses manufaktur yang meliputi perancangan dan pembuatan rangka, dudukan elemen pemanas, pelat penyangga, serta engsel pintu menggunakan material ST 37 dan pelat stainless steel. Komponen seperti elemen pemanas, thermostat, dan timer diperoleh siap pakai yang terbuat dari bahan tahan panas. Dalam proses pembuatan komponen ini digunakan alat – alat seperti:

1. Mesin potong pelat (*shearing machine*) Tahap awal pemrosesan material plat dengan memotong sesuai ukuran desain menggunakan mesin shearing untuk

mendapatkan bentuk dasar komponen oven seperti pada Gambar 4.

Gambar 4. Proses Pemotongan Pelat (*Shearing*)

2. Mesin bending (*bending machine*)
   Proses pembentukan plat dengan mesin bending untuk menghasilkan lekukan sesuai rancangan, sehingga komponen dapat dirakit sesuai bentuk oven yang diinginkan seperti pada Gambar 5.

Gambar 5. Proses Penekukan Pelat (*Bending*)

3. Mesin las listrik, Penyatuan komponen logam melalui proses pengelasan untuk memastikan kekuatan struktur oven, terutama pada rangka dan sambungan utama seperti pada Gambar 6.

Gambar 6. Proses Pengelasan

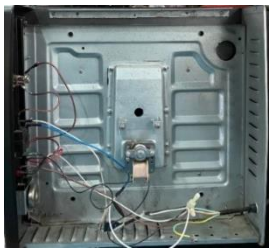
### 3.5.2 Perakitan

Tahap perakitan merupakan proses penyatuan seluruh bagian menjadi satu unit oven pengering yang dapat berfungsi secara menyeluruh. Dalam tahap ini, dilakukan perakitan pada bagian-bagian plat yang telah dibentuk sesuai ukuran, serta pemasangan komponen pemanas listrik. Seperti pada gambar 7 & 8 dibawah.

1. Bagian sheetmetal
   Pelat yang telah dibentuk dirakit dan dilas membentuk rangka oven sesuai desain seperti pada Gambar 7.

Gambar 7. Perakitan Plat Bagian Dalam

2. Bagian kelistrikan
   Perakitan mencakup pemasangan elemen pemanas, thermostat, dan kabel listrik seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Perakitan bagian kelistrikan

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

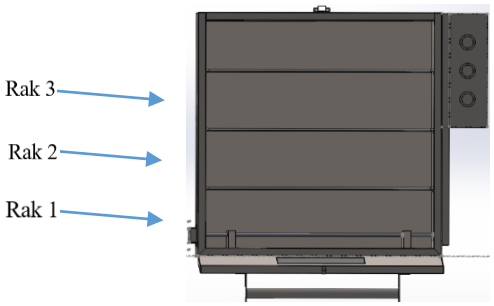
### 4.1 Hasil Akhir Perakitan

Hasil perakitan pada Gambar 9 menunjukkan bahwa seluruh komponen oven pengering listrik telah berhasil dirakit dengan baik. Rangka oven, rak pengering, sistem pemanas listrik, serta panel kontrol suhu telah dipasang sesuai dengan rancangan teknis yang telah ditetapkan.

Gambar 9. Hasil Akhir Pembuatan Oven

### 4.2 Hasil Pengujian

Pada pengujian ini, digunakan empat parameter waktu, yaitu 5, 10, 30, dan 60 menit, serta dua variasi suhu setpoint, yakni 100°C dan 200°C, untuk mengevaluasi apakah distribusi panas di dalam oven sudah merata pada tahap uji fungsi. Sementara itu, pada tahap uji performa, dilakukan pengujian pengeringan terhadap pelepah lontar, serabut kelapa, dan komposit serat alam berbahan serabut kelapa untuk menilai kemampuan oven dalam mengeringkan material secara efektif. Gambar 10 menunjukan posisi rak pada oven.



Gambar 10. Posisi Rak Pada Oven

### 4.2.1 Uji Fungsi

Pengukuran suhu di masing-masing posisi rak oven dilakukan pada interval waktu 5, 10, 30, dan 60 menit, dan hasilnya disajikan dalam Tabel 2. Dari data tersebut, nilai rata-rata suhu maksimum, pattern factor, dan profile factor dihitung untuk mengevaluasi kestabilan suhu serta keseragaman distribusi panas di dalam oven yang dioperasikan pada set point 100°C, sehingga dapat diketahui seberapa baik oven mempertahankan suhu sesuai yang diinginkan untuk proses pengeringan. Nilai suhu maksimum atau Tmax di sini merupakan suhu tertinggi yang terukur pada salah satu titik di dalam oven pada waktu tertentu. Tmax menjadi parameter penting karena menunjukkan keberadaan titik panas (hot spot) yang dapat menyebabkan pengeringan tidak merata, serta digunakan dalam perhitungan pattern factor untuk menentukan seberapa besar ketidakseimbangan distribusi suhu.

*Tabel 2. Hasil Pengujian Set 100°C*

| Rak | Posisi Horizontal | Suhu (°C) - | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 Menit | 10 Menit | 30 Menit | 60 Menit |
| 1 | Kiri | 60 | 70 | 90 | 90 |
| | Tengah | 60 | 75 | 90 | 100 |
| | Kanan | 60 | 70 | 90 | 100 |
| 2 | Kiri | 60 | 70 | 90 | 90 |
| | Tengah | 55 | 65 | 85 | 90 |
| | Kanan | 60 | 70 | 90 | 90 |
| 3 | Kiri | 60 | 75 | 90 | 90 |
| | Tengah | 60 | 70 | 90 | 90 |
| | Kanan | 60 | 70 | 90 | 90 |
| Rata-rata | | 59,44 | 70,56 | 89,44 | 92,22 |
| Rata - rata Tmax | | 60,00 | 73,33 | 90,00 | 96,67 |
| Pattern Factor | | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,08 |
| Profile Factor | | 1,01 | 1,04 | 1,01 | 1,05 |

Adapun untuk hasil pengujian pada set suhu 200°C akan disajikan pada Tabel 3 di bawah ini.

*Tabel 3. Hasil Pengujian Set 200°C*

| Rak | Posisi Horizontal | Suhu (°C) - | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 5 Menit | 10 Menit | 30 Menit | 60 Menit |
| 1 | Kiri | 95 | 120 | 155 | 165 |
| | Tengah | 100 | 130 | 160 | 160 |
| | Kanan | 90 | 125 | 165 | 160 |
| 2 | Kiri | 95 | 120 | 150 | 160 |
| | Tengah | 90 | 115 | 150 | 160 |
| | Kanan | 95 | 120 | 150 | 160 |
| 3 | Kiri | 100 | 120 | 155 | 165 |
| | Tengah | 95 | 120 | 150 | 160 |
| | Kanan | 90 | 115 | 150 | 160 |
| Rata-rata | | 94,44 | 120,56 | 153,89 | 161,11 |
| Rata - rata Tmax | | 98,33 | 125,00 | 160,00 | 163,33 |
| Pattern Factor | | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,02 |
| Profile Factor | | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,01 |

### 4.2.2 Uji Performa

Pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan uji berupa pelepah lontar, serabut kelapa, serta komposit serat alam berbahan dasar serabut kelapa. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan oven dalam mengeringkan berbagai jenis material serat alam serta menilai kestabilan suhu selama proses pengeringan.

1. Pengeringan Pelepah Lontar
   Data berat awal dan berat akhir pelepah lontar, serta persentase penurunan kadar air di setiap rak, ditampilkan pada Tabel 4. Informasi ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan oven dalam mengeringkan bahan dengan ukuran dan distribusi yang berbeda.

*Tabel 4. Hasil Pengeringan Pelepah Lontar*

| Rak | Berat Awal (gram) | Berat Akhir (gram) | Waktu | Suhu (°C) | Kadar Air berkurang (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 251 | 235 | 20 Menit | 50 | 6.37% |
| 2 | 216 | 208 | 20 Menit | 50 | 3.70% |
| 3 | 84 | 79 | 20 Menit | 50 | 5.95% |

2. Pengeringan Serabut Kelapa
   Hasil pengukuran berat awal dan akhir serabut kelapa, serta persentase kadar air yang berhasil dikurangi, disajikan pada Tabel 5. Data ini memperlihatkan efektivitas oven dalam proses pengeringan bahan berbasis serat.

*Tabel 5. Hasil Pengeringan Serabut Kelapa*

| Rak | Berat Awal (gram) | Berat Akhir (gram) | Waktu | Suhu (°C) | Kadar Air berkurang (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 1 | 20 Menit | 50 | 90% |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 13 | 2 | 20 Menit | 50 | 84,6% |

3. Pengeringan Komposit Serat Alam Berbahan Serabut Kelapa

   Perbandingan kondisi komposit serat alam yang dikeringkan menggunakan oven dan yang dikeringkan pada suhu ruang disajikan pada Tabel 6. Data berat awal, berat akhir, serta kondisi visual komposit disajikan untuk menilai pengaruh proses pengeringan menggunakan oven terhadap kualitas komposit yang dihasilkan. Komposit yang menunjukkan warna lebih terang atau kekuningan menandakan bahwa resin telah mengalami proses pengeringan yang sempurna. Selain itu, permukaan yang terlihat lebih kasar dengan serat-serat yang tampak menonjol menunjukkan bahwa penguapan telah terjadi secara maksimal dan resin menyusut dengan baik. Sebaliknya, komposit dengan warna yang cenderung lebih gelap atau merah kecoklatan mengindikasikan masih adanya kandungan resin cair atau kelembapan yang tersisa. Permukaan yang halus dan mengilap juga menjadi indikator bahwa proses curing belum sempurna atau masih terdapat kandungan zat yang belum sepenuhnya menguap. Indikator visual ini digunakan sebagai penunjang analisis dalam mengevaluasi efektivitas oven dalam menghasilkan komposit dengan kualitas pengeringan yang optimal.

*Tabel 6. Perbandingan Hasil Komposit Oven Dan Komposit Suhu Ruang*

| Parameter | Komposit dengan Oven | Komposit Suhu Ruang |
|---|---|---|
| Berat Awal (gram) | 170 gram | 250 gram |
| Berat Akhir (gram) | 168 gram | 250 gram |
| Penurunan Berat (gram) | 2 gram | 0 gram |
| Persentase kadar air/ resin yang hilang | 1,18% dari berat awal | 0% |
| Waktu Pengeringan | 3 Jam suhu ruang + 1 Jam 50 menit di oven | 24 jam suhu ruang |

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai perancangan, pembuatan, perakitan, dan pengujian oven pengering berbasis pemanas listrik untuk material serat alam, dapat disimpulkan bahwa oven pengering berhasil dirancang, diproduksi, dan dirakit sesuai dengan rancangan yang telah dibuat sehingga dapat berfungsi dengan baik dalam proses pengeringan bahan berbasis serat alam. Oven mampu mempertahankan suhu mendekati set point yang diatur dan menunjukkan distribusi panas yang cukup merata, dengan nilai *pattern factor* berkisar antara 0,01–0,08 pada set suhu 100 °C dan 0,02–0,07 pada set suhu 200 °C, serta nilai *profile factor* berkisar antara 1,01–1,05 pada set suhu 100 °C dan 1,01–1,04 pada set suhu 200 °C. Nilai-nilai ini menunjukkan variasi distribusi panas yang masih dalam batas wajar untuk oven pengering.

Selain itu, oven terbukti mampu mempercepat proses curing pada material komposit serat alam, menghasilkan kualitas fisik komposit yang lebih baik dengan penurunan kadar air yang signifikan, permukaan komposit yang lebih kering, serta serat yang menyatu dengan baik. Untuk meningkatkan kinerja oven pengering, disarankan agar sistem pengendali suhu diperbaiki agar lebih akurat, misalnya dengan menambahkan sensor suhu digital atau sistem kontrol otomatis. Selain itu, diperlukan uji material komposit untuk mengetahui perbandingan karakteristik material antara komposit yang proses curing-nya dilakukan di dalam oven dengan komposit yang proses curing-nya dilakukan di lingkungan tanpa perlakuan panas (*heat treatment*).

## DAFTAR PUSTAKA

1. Siagian DEN, Hakiem M, Putra S. Serat alam sebagai bahan komposit ramah lingkungan. CIVeng. 2024;5(1):55–60. Available from: http://jurnalnasional.ump.ac.id?index.php/civeng
2. Bintarto R, Ma'arif MS, Dewi FGU, Sugiarto S, Hamidi N, Heryana P. Pengaruh daya pemanasan microwave oven terhadap kekuatan tarik komposit serat daun nanas bermatrik epoxy. Sci J Mech Eng Kinemat. 2021;6(2):182–93. doi:10.20527/sjmekinematika.v6i2.207
3. Wimanshel DSA. Rancang bangun oven pengering daun kelor menggunakan pemanas gas LPG. At-Tawassuth J Ekon Islam. 2023;VIII(1):1–19.
4. Novison R, Akhriadha F. Rancang bangun oven pengering lidi sawit dengan sistem double blower. Quantum Tek J Tek Mesin Terap. 2023;4(2):83–9. doi:10.18196/jqt.v4i2.16168
5. Meriadi, Meliala S, Muhammad. Menggunakan pemanas listrik. J Energi Elektr. 2018;7:47–53.
6. Rahayoe S. Teknik pengeringan [Internet]. 2017 [cited 2024 Dec 19]. Available from: https://teknikpengeringan.tp.ugm.ac.id/2017/10/28/teknik-pengeringan
7. Paramita VD, Yuliana H, Rosalin, Purnama I. Pengaruh berbagai metode pengeringan terhadap kadar air, abu dan protein tepung daun kelor. Pros 5th Semin Nas Penelit dan Pengabdi Masy. 2021;2021:1–6.
8. Subandi, Suparman, Sukiyadi. Modifikasi oven bekas sebagai alat pengering multi fungsi. J Ilm Tek Pertan. 2015;7(2):77–144.
9. Suryana D, Utami AR, Bangsawan HT. Perekayasaan proses pengeringan rengginang dengan menggunakan bahan bakar sabut kelapa dan gas elpiji. J Din Penelit Ind. 2020;31(2):94–101.
10. Hisyam A. Analisis perpindahan panas pada oven menggunakan pemanas listrik untuk proses pengeringan daun kelor [Internet]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember; 2016 [cited 2024 Dec 19]. Available from: https://repository.its.ac.id/76138/2/2113030033-Non_Degree.pdf
11. Cassidy MJ, Houlsby GT. Rancang bangun oven pengering daun kelor menggunakan pemanas gas LPG. 2016;1–13.
12. Septiana T. Perpindahan kalor: Macam-macam jenis, pengertian, dan contohnya [Internet]. kontan.co.id. Available

from: https://lifestyle.kontan.co.id/news/perpindahan-kalor-macam-macam-jenis-pengertian-dan-contohnya
13. Swawikanti K. Macam-macam perpindahan kalor: konduksi, konveksi & radiasi [Internet]. Ruang guru.com. Available from: https://www.ruangguru.com/blog/perpindahan-kalor
14. Kurniawan NA, Setiawan F, Sofyan E. Pengujian tarik komposit spesimen campuran serat pisang alur diagonal dan pasir besi dengan matrik resin polyester dengan metode hand lay-up. Tek STTKD J Tek Elektron Engine. 2022;8(2):281–8. doi:10.56521/teknika.v8i2.657
15. Futake. Oven listrik pengering [Internet]. Available from: https://futake.co.id/mesin-alat-usaha/oven-listrik-pengering-mesin-oven-pengering