



# Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology (JAMETECH)

Journal homepage: <https://ojs2.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>  
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

## Studi Eksperimental Perpindahan Panas pada Pengering Sepatu Berbasis Rak Datar

I Made Agus Putrawan<sup>1\*</sup>, I Made Anom Adiaksa<sup>1</sup>, I Wayan Suma Wibawa<sup>1</sup> dan I Ketut Adi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung, 80364, Indonesia

\*Email: [agusputrawan@pnb.ac.id](mailto:agusputrawan@pnb.ac.id)

### Abstrak

Pengeringan sepatu merupakan proses penting dalam menjaga kebersihan dan memperpanjang usia pakai alas kaki, terutama di lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik perpindahan panas pada sistem pengering sepatu berbasis rak datar secara eksperimental. Sistem pengering dirancang menggunakan elemen pemanas listrik dengan konfigurasi rak horizontal yang memungkinkan distribusi panas merata. Variabel yang diamati meliputi temperatur udara masuk, temperatur permukaan sepatu, waktu pengeringan, serta perubahan kadar air. Pengukuran dilakukan pada beberapa posisi rak untuk mengetahui distribusi temperatur secara vertikal dan horizontal. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa mekanisme konveksi paksa dominan dalam proses pengeringan, dengan distribusi temperatur yang cukup homogen pada rak bagian tengah, namun terdapat penurunan temperatur pada rak teratas dan terbawah. Perpindahan panas radiasi yang dihasilkan mesin pengering sepatu yaitu sebesar 5,41 J/s dan perpindahan panas konveksi sebesar 238,8 J/s. Kadar air yang hilang meningkat seiring dengan peningkatan waktu pengeringan yang menunjukkan waktu 90 menit merupakan waktu terbaik dari variasi yang dilakukan. Studi ini memberikan dasar untuk pengembangan desain pengering sepatu yang lebih efisien dan hemat energi, serta membuka peluang integrasi sumber panas alternatif seperti energi surya.

Kata kunci: perpindahan panas, pengering sepatu, rak datar, konveksi, efisiensi termal

**Abstract:** Shoe drying is a crucial process for maintaining hygiene and extending the lifespan of footwear, especially in high-humidity environments. This study aims to experimentally investigate the heat transfer characteristics of a flat-rack-based shoe dryer. The system is designed with electric heating elements and a horizontal rack configuration to promote uniform heat distribution. Key observed parameters include inlet air temperature, shoe surface temperature, drying time, and moisture content reduction. Measurements were conducted at multiple rack levels to evaluate vertical and horizontal temperature distribution. The results indicate that forced convection is the dominant heat transfer mechanism, with relatively uniform temperature distribution observed in the middle racks, while the top and bottom racks experienced temperature deviations. The heat transfer by radiation generated by the shoe dryer is 5.41 J/s, and the convective heat transfer is 238.8 J/s. The moisture content loss increases with drying time, indicating that 90 minutes is the optimal drying duration among the tested variations. This study provides a foundation for the development of more energy-efficient shoe drying systems and highlights the potential for integrating alternative heat sources such as solar energy.

Keywords: heat transfer, shoe dryer, flat rack, convection, thermal efficiency

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

### 1. Pendahuluan

Sepatu merupakan perlengkapan penting dalam kehidupan sehari-hari. Dalam kondisi cuaca lembap atau penggunaan berat, sepatu seringkali menjadi basah dan memerlukan waktu pengeringan yang lama jika hanya dibiarkan pada temperatur ruangan. Pengeringan alami dapat menyebabkan pertumbuhan mikroorganisme seperti jamur serta menurunkan umur pakai sepatu. Oleh karena itu, penggunaan alat pengering sepatu menjadi solusi praktis untuk mempercepat proses pengeringan dan menjaga kebersihan serta kenyamanan sepatu. Perkembangan alat

pengering banyak diaplikasikan, dimulai dari produk pertanian maupun perikanan dengan menggunakan briket batubara [1].

Pengering tipe rak datar merupakan salah satu sistem yang paling mudah dibuat dan digunakan. Dalam sistem ini, sepatu diletakkan secara horizontal di atas rak, dan udara hangat dialirkan secara konvektif untuk menghilangkan kelembaban. Elemen pemanas (*heater*) berfungsi untuk meningkatkan temperatur udara sehingga mempercepat proses evaporasi air dari permukaan sepatu. Perbedaan kadar air sering ditemui saat dilakukan proses

pengeringan. Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: ketebalan lapisan bahan, kelembapan relatif (*relative humidity*/RH) udara pengering, serta kadar air awal bahan. Upaya untuk meminimalkan kondisi tersebut dapat dilakukan melalui pengurangan ketebalan lapisan bahan, peningkatan kecepatan aliran udara pengering, serta penerapan pengadukan selama proses pengeringan.

Pengering rak datar bekerja dengan cara mengalirkan udara panas dari pemanas ke ruang pengering. Udara hangat kemudian mengenai permukaan sepatu secara langsung maupun melalui sirkulasi. Desain ini dikenal memiliki keunggulan berupa kemudahan perawatan, biaya rendah, dan fleksibilitas ukuran. Sistem pengering rak datar dapat dioptimalkan dengan pengaturan ventilasi dan penggunaan kipas untuk mendistribusikan udara panas secara merata [2]. Sementara itu penelitian pengering sepatu menggunakan *heater* listrik mampu mengeringkan sepatu dalam waktu kurang dari 65 menit pada temperatur 30–70°C [3]. Modifikasi tipe pengering berputar menggunakan motor listrik 0,25 HP pada poros lempengan dengan kecepatan putaran menggunakan *gearbox reducer* 1:50 dan temperatur panas 80°C dengan kapasitas 3 pasang sepatu dalam 1 proses pengeringan [4]. Beberapa jenis pemanas yang umum digunakan meliputi pemanas listrik tipe elemen logam (*nichrome*), pemanas PTC (*positive temperature coefficient*), dan pemanas berbasis lampu pijar. *Heater* listrik banyak dipilih karena mudah dikontrol dan memiliki efisiensi konversi energi yang tinggi [5]. Penting untuk memperhatikan temperatur operasi karena temperatur yang terlalu tinggi dapat merusak material sepatu, terutama bahan sintesis atau lem. Penggunaan kombinasi heater PTC, thermostat, dan kipas mampu menghasilkan sistem pengeringan yang efektif, aman, dan hemat energi [6].

Dalam desain pengering sepatu modern, pengontrol temperatur berbasis termostat atau mikrokontroler (misalnya Arduino) sering digunakan untuk menjaga temperatur dalam batas yang diinginkan. Beberapa sistem juga dilengkapi dengan sensor kelembapan untuk memantau tingkat kekeringan sepatu secara *real-time* [7]. Efisiensi energi merupakan parameter penting dalam desain alat pengering. Kinerja dapat dinilai berdasarkan konsumsi daya, waktu pengeringan, dan tingkat kelembapan akhir. Sistem pengeringan sepatu yang diintegrasikan dengan IoT (*Internet of Thing*) telah dikembangkan untuk memberikan kemudahan dalam memantau kondisi sepatu dari jarak jauh [8]. Pengembangan sistem IoT menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan sepatu serta sensor DHT22 sebagai pembaca nilai temperatur dan kelembapan [9].

Fenomena mesin pengering sepatu mengubah model pengering konvensional yang sebelumnya menggunakan sinar matahari sebagai sumber media panas. Penggunaan mesin pengering sepatu dapat memberikan beberapa keuntungan yaitu: waktu pengeringan yang relatif lebih singkat, pengkondisian terhadap bakteri dan jamur, maupun terintegrasi menggunakan sistem kontrol yang canggih. Telah banyak dilakukan penelitian mengenai rancang bangun sistem pengering sepatu yang terintegrasi menggunakan sistem kontrol temperatur yang terintegrasi. Namun pada penelitian ini akan dibahas mengenai hasil studi eksperimental pengaruh waktu pengeringan terhadap perpindahan panas yang terjadi serta jumlah kadar air yang

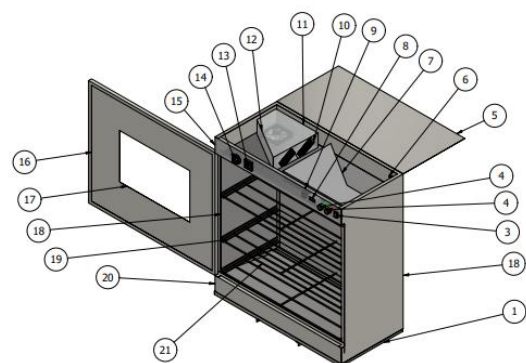
mampu dihilangkan pada sebuah mesin pengering sepatu tipe rak datar kapasitas 9 pasang sepatu.

Penelitian ini menganalisa perpindahan panas yang dihasilkan *heater* ke ruangan pengering, menganalisa perpindahan panas dari ruangan pengering ke sepatu. Standar tingkat kekeringan sepatu diukur sebesar dengan berat sepatu sebesar 5 – 10% dari berat awal sepatu kering [10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari alat pengering sepatu tipe datar yang mencakup fenomena perpindahan panas yang terjadi, waktu pengeringan dan analisa berat air yang hilang akibat proses pengeringan yang dilakukan dengan jenis dan kualitas bahan sepatu yang berbeda – beda.

## 2. Metode dan Bahan

### 2.1. Desain

Rak sepatu dibuat menggunakan bahan plat *stainless steel* dengan dimensi p x l x t adalah 85cm x 40cm x 70cm ketebalan 1 mm. Volume rak secara keseluruhan adalah 0,238m<sup>3</sup> yang dilengkapi 3 dudukan rak datar untuk pengeringan sepatu dan dipasang dengan jarak 20cm. Proses pemanasan ruangan menggunakan *heater* tipe PTC pada bagian atas rak sepatu. Dimensi lubang udara panas adalah 8,2cm x 8,2cm. *Heater* dapat dikontrol secara otomatis dengan mengatur *timer analog*. Sebuah kipas (*fan*) bekerja pada tegangan 12V arus 0,09A pada putaran 4.000 rpm digunakan untuk menghembuskan udara panas dari *heater* sebesar 3,10 CFM (*cubic feet per min*) ke seluruh bagian sisi rak sepatu seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



- |   |  |
|---|--|
| 1. Dudukan mesin pengering              | 12. Fan  |
| 2. Cover luar                           | 13. Timer analog                               |
| 3. Saklar on dan off                    | 14. Thermostat analog                          |
| 4. Lampu merah dan hijau                | 15. Cover depan bagian atas                    |
| 5. Tutup atas mesin                     | 16. Pintu                                      |
| 6. Steker                               | 17. Kaca                                       |
| 7. Tutup ventilasi keluaran udara panas | 18. Box dudukan sepatu                         |
| 8. Thermostat digital                   | 19. Dudukan rak                                |
| 9. Relay                                | 20. Cover depan bagian bawah dan penutup bawah |
| 10. Heater                              | 21. Rak  |
| 11. Rumah heater dan fan                |  |

**Gambar 1.** Desain alat pengering

### 2.2. Metode pengujian

Penelitian ini melibatkan pengujian secara eksperimental yaitu dengan mengukur berat sepatu kering menggunakan timbangan digital. Pengukuran ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan hasil pengeringan sepatu yang dihasilkan dari alat pengering. Tiga jenis sepatu yang digunakan yaitu sepatu *boots*, *sneaker* dan sepatu kulit. Proses perpindahan panas diuji dengan mencatat

temperatur yang terjadi pada sisi permukaan pemanas (*heater*) pada sisi ruangan, dan pada sisi permukaan sepatu.

a. Persiapan Alat dan Bahan:

- Mesin pengering rak datar dilengkapi dengan kotak pemanas menggunakan sebuah *heater* listrik jenis PTC 220V dengan daya 500Watt.
- Alat ukur temperatur digital (*thermocouple* atau termometer digital).
- *Hygrometer* untuk mengukur kelembaban relatif udara.
- Timbangan digital untuk mengukur berat sepatu sebelum dan sesudah pengeringan.
- *Stopwatch* atau *timer*.
- Sepatu uji dengan kadar air yang telah dikondisikan (direndam selama 30 menit, kemudian ditiriskan selama 10 menit).

b. Prosedur Pengujian

Pengujian diawali dengan mempersiapkan mesin pengering sepatu. Sebelum pengujian dilakukan, penting untuk melakukan pengecekan temperatur dan keamanan mesin kemudian dilanjutkan dengan pendataan berat sepatu kering dan berat sepatu basah untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada sepatu. Sepatu yang akan diuji sebelumnya direndam terlebih dahulu, dan sedikit ditiriskan sampai tidak ada tetesan air yang keluar, kemudian dilakukan pengukuran berat awal sepatu, dilanjutkan dengan pengaturan *timer* (waktu pengeringan) pada 30, 60, dan 90 menit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Setelah waktu tercapai, catat berat sepatu yang dihasilkan dari masing-masing variasi waktu. Temperatur pada titik pengukutan dicatat menggunakan *digital display*. Temperatur ruangan pengering sepatu disetting konstan yaitu sebesar  $70^{\circ}\text{C}$  untuk menghindari kerusakan bahan.



Gambar 2. Penimbangan berat sepatu

c. Perhitungan

- Kadar air yang hilang dihitung dari selisih berat awal dan berat akhir.
- Laju perpindahan panas konveksi [11]  
Proses perpindahan panas konveksi yaitu panas yang diterima oleh kadar air yang diterima oleh sepatu yang menyebabkan terjadi penguapan., To adalah panas yang dihasilkan *heater* dan  $T_i$  adalah panas yang diterima sepatu dari *heater*

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

Keterangan:

Q = Kalor konveksi (W atau J/s).

$\Delta T$  = Selisih kalor ( $T_o - T_i$ ).

h = Koefisien perpindahan panas konveksi udara ( $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ ).

A = Luas penampang ( $\text{m}^2$ ).

- Laju perpindahan panas radiasi dihitung berdasarkan pendekatan hukum Stefan-Boltzmann [12].

$$W = e.\sigma.A.T^4 \quad (2)$$

Keterangan:

W = Kalor yang dipancarkan setiap detik (J/s).

e = Emisivitas benda ( $0 < e < 1$ ).

$\sigma$  = Konstanta stefan ( $5,67 \times 10^{-8} \text{ watt}/\text{m}^2\text{k}^4$ ).

A = Luas permukaan ( $\text{m}^2$ ).

T = Temperatur permukaan benda ( $^{\circ}\text{K}$ ).

Untuk mengetahui distribusi temperatur dalam ruang pengering, dilakukan pengambilan data pada beberapa titik pengukuran. Titik-titik ini ditentukan secara merata di dalam ruang pengering, baik secara horizontal maupun vertikal, untuk mewakili sebaran temperatur di seluruh volume ruangan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Termometer digital inframerah digunakan untuk mengukur temperatur pada masing-masing titik dinding dan pemantauan langsung pada permukaan sepatu.

Titik pengambilan temperatur ditempatkan sebagai berikut:

1. Titik bawah dasar rak (posisi 5 cm dari dasar ruang pengering).
2. Titik tengah pada rak pertama tempat sepatu diletakkan.
3. Titik atas ruang pengering (5 cm dari langit-langit ruang).
4. Titik sisi kiri dan kanan ruang pengering pada ketinggian rak.



Gambar 3. Penentuan titik pengukuran

Proses validasi hasil pengukuran dengan menggunakan *thermogun* untuk mengetahui besarnya temperatur pada permukaan plat seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran temperatur menggunakan *thermogun*

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian yaitu meliputi pengaruh variasi waktu pengeringan, berat awal sepatu, berat akhir sepatu dan jumlah kadar air yang hilang.

**Tabel 1.** Data pengujian sepatu *boots*

Waktu pengeringan (menit)	Temperatur ruangan Pengereng (°C)	Berat sepatu pada kondisi kering (gram)	Berat sepatu basah (gram)	Berat sepatu setelah dikeringkan (gram)	Kadar air yang hilang (gram)
30	70	1.438	1.861	1.841	20
60	70	1.438	1.861	1.820	41
90	70	1.438	1.861	1.782	79
Rata - rata		1.438	1.861	1.841,3	46,7

**Tabel 2.** Data pengujian sepatu *sneakers*

Waktu Pengerangan (menit)	Temperatur Ruangan Pengereng (°C)	Berat sepatu pada kondisi kering (gram)	Berat Sepatu Basah (gram)	Berat Sepatu setelah Dikeringkan (gram)	Kadar air yang hilang (gram)
30	70	420	623	585	38
60	70	420	623	558	65
90	70	420	623	513	110
Rata - rata		420	623	552	71

**Tabel 3.** Data pengujian sepatu *pantofel*

Waktu Pengerangan (menit)	Temperatur Ruangan Pengereng (°C)	Berat sepatu pada kondisi kering (gram)	Berat Sepatu Basah(gram)	Berat Sepatu setelah Dikeringkan (gram)	Kadar air yang hilang (gram)
30	70	464	544	531	13
60	70	464	544	526	18
90	70	464	544	516	28
Rata – rata		464	544	524,3	19,7

Berdasarkan tabel 1-3 diatas terdapat hasil pengujian tentang proses pengeringan mesin pengering sepatu *universal*. Pada variasi waktu 90 menit dengan menggunakan sepatu *boots* berat sepatu setelah dikeringkan sebesar 1.782 gram pada temperatur 70°C, sepatu *sneakers* dengan berat sepatu setelah dikeringkan sebesar 513 gram pada temperatur 70°C, dan sepatu *pantofel* dengan berat sepatu setelah dikeringkan sebesar 516 gram pada temperatur 70°C.

#### 3.2. Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas tanpa memerlukan media perantara. Proses perpindahan panas radiasi yang terjadi pada mesin pengering sepatu yaitu dari heater yang menghasilkan panas kemudian mengalir masuk kedalam kotak pemanas. Blower digunakan untuk mengalirkan udara panas menuju kotak sepatu dengan sebesar T. Perhitungan laju perpindahan panas radiasi didasarkan pada luas area yang memancarkan panas, yaitu penampang kipas 8,2cm x 8,2cm menuju ke kotak sepatu. Besarnya perpindahan panas radiasi dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil perhitungan perpindahan panas radiasi

Emisivitas suatu benda e	Konstanta stefan $\sigma$ (w/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )	Luas benda yang memancarkan radiasi A (m <sup>2</sup> )	Temperatur mutlak 70 + 273 T (°K)	Kalor yang dipancarkan setiap detik $W = e \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$ (J/s)
1	5,67x10 <sup>-8</sup>	0,0069	343	5,41

#### 3.3. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi yang dianalisis adalah panas yang diterima oleh permukaan sepatu. Besarnya panas di permukaan sepatu ditunjukkan dengan T<sub>i</sub> dan panas yang dihasilkan oleh *heater* adalah T<sub>o</sub>. Besarnya selisih kedua temperatur ini digunakan sebagai metode menentukan

besarnya perpindahan panas konveksi. Sedangkan luas area perpindahan panas berdasarkan pada luas penampang penyangga sepatu. Besarnya perpindahan panas radiasi dapat dilihat pada tabel 5.

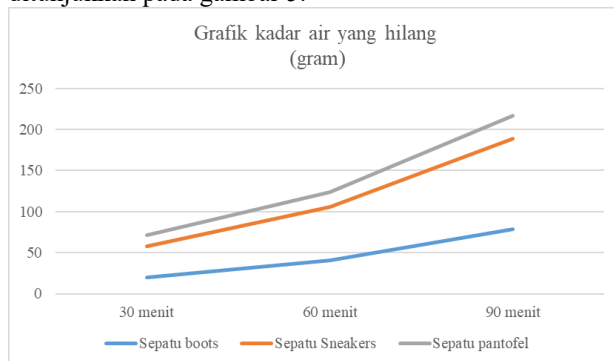
**Tabel 5.** Hasil perhitungan perpindahan panas konveksi

Rak	Koefisien perpindahan panas konveksi $h$ (W/m <sup>2</sup> °C)	Luas penampang $A$ (m <sup>2</sup> )	Selisih kalor $\Delta T T_o - T_i$ (°C)	Kalor konveksi $Q = h.A.\Delta T$ (J/s)	Keterangan	
1	10	0,344	27,5	94,6	Fluks Total didapat dari hasil penjumlahan kalor konveksi (J/s)	
2	10	0,344	27,5	94,6		
3	10	0,344	27,5	94,6		
Fluks Total				-	238,8	-

### 3.4. Kadar air

Kadar air yang terdapat pada sepatu sebelum dikeringkan (berat sepatu pada kondisi kering) untuk sepatu *boots* sebesar 1.438 gram. Kadar air yang hilang pada sepatu *boots* setelah dikeringkan dengan variasi waktu 30 menit sebesar 20 gram, dengan variasi waktu 60 menit sebesar 41 gram, dan pada variasi waktu 90 menit sebesar 79 gram. Untuk sepatu *sneakers* sebesar 420 gram.

Kandungan air pada sepatu jenis *boots* sebelum proses pengeringan tercatat sebesar 1.438 gram. Setelah proses pengeringan selama 30 menit, berat air yang berkurang pada sepatu *boots* mencapai 20 gram, meningkat menjadi 41 gram pada 60 menit, dan mencapai 79 gram pada 90 menit seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik kadar air yang hilang pada proses pengeringan sepatu

Sedangkan pada jenis sepatu *sneakers* tercatat memiliki berat awal sebesar 420 gram. Setelah proses pengeringan selama 30 menit, kadar airnya berkurang menjadi 38 gram, selama 60 menit menjadi 65 gram, dan variasi waktu 90 menit menjadi 110 gram. Berat awal untuk jenis sepatu *pantofel* diketahui sebesar 464 gram. Setelah dikeringkan selama 30 menit, kadar yang hilang sebesar 13 gram, dan mengalami peningkatan menjadi 18 gram pada waktu 60 menit dan 28 gram selama 90 menit. Berdasarkan hasil pengujian, terlihat adanya tren peningkatan pengurangan kadar air seiring dengan bertambahnya waktu pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa durasi pemanasan sangat mempengaruhi laju pengeringan, di mana semakin lama waktu pemanasan, maka semakin banyak uap air yang keluar dari sepatu. Efektivitas pengeringan juga didukung oleh kestabilan temperatur dalam ruang pengering yang dijaga dalam rentang 65-70°C. Temuan ini konsisten dengan prinsip dasar perpindahan panas dan berat pada proses

pengeringan, di mana temperatur dan waktu menjadi faktor dominan terhadap efisiensi evaporasi kelembaban.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis perpindahan panas yang dihasilkan dari mesin pengering sepatu dapat disimpulkan, yaitu:

1. Besarnya laju perpindahan panas radiasi adalah sebesar 5,41 watt sedangkan laju perpindahan konveksi sebesar 238,8 watt.
2. Terjadinya tren peningkatan pengurangan kadar air yang dihasilkan dari ketiga jenis sepatu dengan meningkatnya waktu pengeringan yaitu sebesar 20 gram selama 30 menit untuk sepatu jenis *boots*, 41 gram untuk waktu pengeringan 60 menit dan 79 gram untuk durasi pengeringan 90 menit. Sedangkan untuk jenis sepatu *sneakers*, kadar air yang hilang adalah sebesar 38 gram selama 30 menit, 65 gram selama 60 menit dan 110 gram selama 90 menit. Jenis sepatu *pantofel* memiliki berat kadar air yang hilang sebesar 13 gram selama 30 menit, 18 gram dalam durasi 60 menit dan 28 gram selama 90 menit proses pengeringan.
3. Sepatu jenis boot memiliki karakteristik lebih sulit untuk dikeringkan dibandingkan dengan jenis sepatu kulit maupun sneaker.
4. Variasi waktu 90 menit memberikan hasil pengeringan yang paling baik dibandingkan dengan 30 dan 60 menit, namun dengan konsekuensi energi yang dibutuhkan juga semakin meningkat sehingga pemanfaatan sumber energi alternatif dapat dilakukan untuk mengurangi beban energi pemanasan.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih atas bantuan dan dukungan dari teman sejawat, teknisi dan mahasiswa yang telah membantu dalam proses pengambilan data. Ucapan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bali yang telah memberikan dukungan fasilitas dalam pengambilan data, pengolahan data maupun kesempatan untuk publikasi ilmiah hasil dari penelitian.

### Daftar Pustaka

- [1] A. Firdaus, "Perancangan dan analisa alat pengering ikan dengan memanfaatkan energi briket batubara," *J. Mech. Eng.*, vol. 05, no. 4, 2016.
- [2] A. Fudholi, K. Sopian, M. H. Ruslan, M. A. Alghoul, and M. Y. Sulaiman, "Review of solar dryers for agricultural and marine products,"

- Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 14, no. 1, pp. 1–30, 2010.
- [3] Miftahudin, Sistem Kendali Suhu dan Kelembapan pada Mesin Pengering Menggunakan Logika Fuzzy, no. 8.5.2017. 2022.
- [4] F.- Maghfurah, W.- Windarta, R.- Effendi, D.- Rizaldy, and A.- Ramadhan, “Pengaplikasian Sproket Untuk Putaran Lempengan Pada Mesin Pengering Sepatu Sintetis Dengan Memakai 2 (dua) Pemanas,” *Suara Tek. J. Ilm.*, vol. 13, no. 1, p. 25, 2022.
- [5] M. Aramesh and B. Shabani, *Thermal Energy Storage*, vol. 16, no. 2. 2023.
- [6] M. H. Fitri et al., “Rancang bangun mesin pengering sepatu ramah lingkungan dengan sistem heater,” vol. 4, no. 1, 2026.
- [7] B. Baskaran, M. Mukramin, and B. Sulaeman, “Rancang Bangun Sistem Pengering Sepatu Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Suhu Berbasis Arduino,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3S1, 2024.
- [8] H. Hidayatullah, I. Imaduddin, and A. Muhtadi, “Prototype Alat Pengering Sepatu Menggunakan Sensor DHT 22 Berbasis Internet Of Things (IoT),” *J. Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 3, p. 166, 2022.
- [9] M. R. Ramdan, T. Akbar, and H. M. Putra, “Sistem Monitoring Pengering Sepatu Otomatis Berbasis IoT,” *J. Print. J. Pengemb. Rekayasa Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 43–52, 2023.
- [10] O. Sembada, S. Widodo, K. Suharno, and F. Hilmy, “ANALISIS ALAT PENERING SEPATU TERHADAP LAJU PENERINGAN,” *J. Mech. Eng.*, vol. 4, 2020.
- [11] S. I Gede Bawa and A. Ida Bagus, *Perpindahan Panas Konveksi*. Mataram University Press, 2020.
- [12] J. V. Tuapetel, *Perpindahan Panas Radiasi*. Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Indonesia, 2019.