

Modifikasi *Limiter* Temperatur Pada Element Pemanas Mesin Pengering Batik Terhadap Efektivitas Pengeringan

[Times New Roman 14pt, bold]

Yasin Aushaf Aburrahman¹, Adinda Sekar Ludwika²,
Ibnu Abdul Rosid³, Surotun Nabawiyah⁴

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl.
Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstract. *The batik drying process is an important stage that affects product quality, production time, and energy efficiency. Conventional sun drying is still widely used but depends heavily on weather conditions, resulting in inconsistent drying performance. This study aims to analyze the effect of temperature limiter modification on the heating element of a batik drying machine to improve drying effectiveness. An experimental comparative method was employed using drying temperatures of 40°C, 50°C, and 60°C with five repetitions for each treatment. The observed parameters included drying time, fabric weight before and after drying, and drying chamber temperature stability. The data were analyzed descriptively and planned to be evaluated using One-Way ANOVA. The results indicate that increasing the drying temperature significantly reduces drying time. The average drying times were 157 minutes at 40°C, 92 minutes at 50°C, and 60 minutes at 60°C. Although 60°C produced the fastest drying process, 50°C resulted in the final fabric weight closest to the initial dry weight, indicating the best drying effectiveness.*

Keywords: *Batik drying machine, temperature limiter, heating element, drying efficiency, temperature)*

Abstrak. *Proses pengeringan batik merupakan tahapan penting yang memengaruhi kualitas produk, waktu produksi, serta efisiensi energi. Pengeringan menggunakan sinar matahari masih banyak diterapkan, namun memiliki kelemahan karena bergantung pada kondisi cuaca sehingga waktu pengeringan tidak konsisten. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh modifikasi limiter temperatur pada elemen pemanas mesin pengering batik terhadap efektivitas proses pengeringan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen komparatif dengan variasi temperatur 40°C, 50°C, dan 60°C. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak lima kali pengulangan. Parameter yang diamati meliputi waktu pengeringan, berat kain sebelum dan sesudah pengeringan, serta kestabilan temperatur ruang pengering. Data dianalisis secara deskriptif dan direncanakan menggunakan One Way ANOVA untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap efektivitas pengeringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur mempercepat waktu pengeringan. Temperatur 40°C menghasilkan rata-rata waktu pengeringan selama 2 jam 37 menit, temperatur 50°C selama 1 jam 32 menit, sedangkan temperatur 60°C selama 60 menit. Meskipun temperatur 60°C memberikan waktu pengeringan tercepat, temperatur 50°C menghasilkan berat akhir kain yang paling mendekati berat awal sehingga dinilai sebagai temperatur operasi yang paling optimal.*

Kata kunci: *Mesin pengering batik, limiter temperatur, elemen pemanas, efektivitas pengeringan, temperatur.*

1. LATAR BELAKANG

Industri batik adalah salah satu bagian dari sektor kreatif yang memiliki peranan penting dalam ekonomi dan pelestarian budaya Indonesia. Proses pengeringan merupakan langkah krusial yang berdampak pada kualitas kain, tetapi masih banyak UMKM batik yang rely pada penjemuran dengan sinar matahari, sehingga sangat tergantung pada keadaan cuaca. Dengan demikian, perlu ada mesin pengering batik yang dapat melakukan proses pengeringan dengan lebih cepat, stabil, dan efisien untuk meningkatkan produktivitas serta mempertahankan kualitas kain batik (Arifia Ekayuliana et al.,2025).

Di industri batik ukuran kecil hingga menengah, proses pengeringan masih sering dilakukan secara tradisional dengan menggunakan sinar matahari. Metode ini terbatas karena sangat tergantung pada kondisi cuaca, intensitas cahaya, dan kelembapan lingkungan, sehingga waktu pengeringan menjadi cukup lama dan kualitas hasilnya kurang stabil. Akibatnya, produktivitas industri batik bisa mengalami penurunan. Dengan demikian, penggunaan mesin pengering yang menggunakan sistem pemanas listrik adalah salah satu pilihan untuk memperoleh proses pengeringan yang lebih cepat, konsisten, dan tidak bergantung pada keadaan lingkungan (Zukhruf et al., 2024).

Secara teknis, proses pengeringan merupakan kombinasi antara perpindahan panas (heat transfer) dan perpindahan massa (mass transfer). Panas dari elemen pemanas digunakan untuk menguapkan kandungan air pada kain, kemudian uap air dipindahkan ke udara melalui proses konveksi. Menurut Mujumdar, proses pengeringan terdiri atas dua tahapan, yaitu constant rate period ketika air di permukaan bahan menguap dengan cepat dan falling rate period ketika air yang berada di dalam serat berpindah menuju permukaan melalui proses difusi (Mujumdar, 2014). Karena kain katun bersifat higroskopis, pengendalian temperatur yang stabil menjadi faktor penting agar proses evaporasi berlangsung secara optimal tanpa merusak struktur serat maupun kualitas warna kain batik.

Keberhasilan proses pengeringan juga dipengaruhi oleh mekanisme perpindahan panas di dalam ruang pengering. Pada mesin pengering listrik, panas ditransfer melalui mekanisme konduksi, konveksi, dan radiasi. Penggunaan sistem konveksi paksa dengan bantuan kipas mampu meningkatkan pemerataan distribusi udara panas sehingga proses pengeringan menjadi lebih seragam. Penelitian Winarno dan Hutomo menunjukkan bahwa distribusi aliran udara dan kestabilan temperatur memberikan pengaruh yang

signifikan terhadap efisiensi energi dan performa pengeringan (Winarno & Hutomo, 2023). Selain itu, Sultan dkk. melaporkan bahwa peningkatan kecepatan aliran udara panas dapat mempercepat laju evaporasi air, namun tetap memerlukan pengendalian temperatur agar kualitas pengeringan tetap terjaga (Sultan et al., 2025).

Sumber panas pada mesin pengering berasal dari elemen pemanas listrik yang bekerja berdasarkan prinsip efek Joule, yaitu mengubah energi listrik menjadi energi panas akibat adanya hambatan listrik. Material nichrome banyak digunakan sebagai elemen pemanas karena memiliki resistansi tinggi, tahan terhadap suhu tinggi, dan memiliki ketahanan terhadap oksidasi. Hakim dkk. menyatakan bahwa pengaturan daya pada elemen pemanas berpengaruh terhadap kestabilan temperatur ruang pengering sehingga berpengaruh pula terhadap efektivitas proses pengeringan (Hakim et al., 2017).

Selain elemen pemanas, sistem pengendalian temperatur merupakan komponen yang menentukan kestabilan suhu selama proses pengeringan. Sistem limiter temperatur berfungsi sebagai pembatas suhu maksimum untuk mencegah terjadinya overheating. Pada sistem konvensional, pengendalian suhu masih menggunakan thermostat mekanis dengan karakteristik kontrol *ON/OFF* yang memiliki hysteresis, sehingga temperatur aktual sering mengalami fluktuasi di sekitar nilai setpoint.

Sebaliknya, penggunaan sensor suhu digital maupun sistem kontrol berbasis PID mampu mempertahankan temperatur lebih stabil. Penelitian Jusran dkk. menunjukkan bahwa modifikasi sistem kontrol suhu pada tray dryer mampu mengurangi fluktuasi temperatur dibandingkan sistem konvensional (Jusran et al., 2025). Sedangkan Toar dkk. membuktikan bahwa algoritma PID mampu mengurangi overshoot serta mempercepat waktu penstabilan temperatur pada mesin pengering (Toar et al., 2025).

Beberapa penelitian terdahulu juga menunjukkan pentingnya pengendalian temperatur terhadap efektivitas proses pengeringan. Ibrahim dkk. melaporkan bahwa sistem pengendalian temperatur yang akurat mampu meningkatkan efisiensi energi pada sistem pengering konveksi (Ibrahim et al., 2020). Studi Cai dkk. juga menyatakan bahwa peningkatan temperatur pengeringan dapat meningkatkan perpindahan panas dan perpindahan massa, sehingga laju evaporasi air meningkat dan waktu pengeringan menjadi lebih singkat (Cai et al., 2023). Sementara itu, Budijono dan Kurniawan menunjukkan bahwa penerapan mesin pengering batik dengan sistem pemanas terkontrol

mampu mempercepat waktu produksi sekaligus meningkatkan konsistensi kualitas warna dibandingkan metode penjemuran konvensional (Budijono & Kurniawan, 2019).

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem pengendalian temperatur pada mesin pengering, kajian mengenai modifikasi limiter temperatur pada mesin pengering batik masih relatif terbatas. Mesin pengering yang digunakan dalam penelitian ini masih menggunakan limiter temperatur konvensional yang kurang responsif terhadap perubahan suhu sehingga menyebabkan temperatur ruang pengering berfluktuasi dan berpotensi menimbulkan overheating maupun suhu yang belum mencapai kondisi optimum. Kondisi tersebut dapat menurunkan efektivitas proses pengeringan serta memengaruhi kualitas hasil akhir kain batik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh modifikasi limiter temperatur pada elemen pemanas mesin pengering batik terhadap efektivitas proses pengeringan. Evaluasi dilakukan melalui pengujian pada variasi temperatur 40°C, 50°C, dan 60°C untuk mengetahui pengaruhnya terhadap waktu pengeringan, kestabilan temperatur, dan kualitas hasil pengeringan sehingga diperoleh temperatur operasi yang paling efektif.

2. KAJIAN TEORITIS

Secara teknis, proses pengeringan adalah proses yang melibatkan transfer panas (*heat transfer*) dan transfer massa (*mass transfer*) secara bersamaan. Energi panas dimanfaatkan untuk menguapkan air dalam bahan, sedangkan uap air yang dihasilkan dialirkan ke lingkungan menggunakan mekanisme konveksi. Efektivitas proses pengeringan dipengaruhi oleh distribusi suhu, kecepatan aliran udara, kelembapan relatif, serta sifat perpindahan panas dan massa dalam bahan. Kenaikan suhu pengeringan biasanya mempercepat laju transfer panas dan difusivitas efektif air, sehingga proses evaporasi berjalan lebih cepat dan waktu pengeringan menjadi lebih singkat (Yan et al., 2026).

Alat pengering batik biasanya menggunakan elemen pemanas listrik yang beroperasi dengan prinsip efek Joule, yaitu perubahan energi listrik menjadi energi panas karena adanya resistansi listrik di elemen pemanas. Agar menjaga stabilitas suhu operasional, sistem ini dilengkapi dengan pengatur suhu (*temperature limiter*) atau thermostat yang berfungsi sebagai pengendali suhu maksimum.

Thermostat konvensional yang menggunakan bimetal memiliki sifat *hysteresis*, yaitu adanya perbedaan suhu antara kondisi *cut-in* dan *cut-off*, sehingga suhu di ruang pengering dapat berfluktuasi. Dengan demikian, pengembangan sistem pengontrol suhu menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan efisiensi energi serta kualitas hasil pengeringan (Venkateswarlu & Reddy, 2024).

Analisis Variansi Satu Arah (*One-Way ANOVA*) adalah metode statistik parametrik yang digunakan untuk mengevaluasi apakah ada perbedaan signifikan rata-rata antara tiga kelompok atau lebih yang didasarkan pada satu variabel perlakuan. Metode ini berfungsi dengan membandingkan variasi antar kelompok (*between-group variation*) dengan variasi dalam kelompok (*within-group variation*) melalui nilai statistik F. Jika nilai F yang diperoleh cukup besar dan nilai signifikansi (*p-value*) lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditentukan ($\alpha = 0,05$), maka hipotesis nol ditolak, yang menunjukkan adanya perbedaan rata-rata yang signifikan antara kelompok perlakuan (Blanca et al., 2017).

Sebelum menerapkan OneWay ANOVA, data harus memenuhi asumsi dasar seperti berdistribusi normal, memiliki varians homogen antara kelompok, serta bersifat independen. Pengujian ANOVA diterapkan dalam studi ini untuk mengidentifikasi apakah variasi suhu (38°C, 40°C, 50°C, dan 60°C) memiliki dampak yang signifikan terhadap waktu pengeringan kain batik setelah modifikasi batas suhu.

3. METODE PENELITIAN

Studi ini mengaplikasikan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif untuk menilai dampak modifikasi *limitter* suhu pada elemen pemanas mesin pengering batik terhadap efisiensi pengeringan. Obyek penelitian adalah mesin pengering batik yang telah dimodifikasi pada sistem pengatur temperatur tanpa merubah struktur utamanya. Pengujian dilakukan menggunakan kain batik tipe Mori Primiissima dengan kondisi awal yang seragam di setiap perlakuan.

Variabel independen adalah suhu pengeringan pada empat tingkat, yaitu 38°C, 40°C, 50°C, dan 60°C, sementara variabel dependen terdiri dari waktu pengeringan, kadar kelembapan akhir, persentase kehilangan air, dan efisiensi pengeringan. Variabel yang dikendalikan terdiri dari jenis kain, berat awal kain, kondisi lingkungan awal, serta letak

kain di dalam ruang pengering. Setiap variasi suhu diuji lima kali untuk menghasilkan 20 data pengujian. Proses penelitian mencakup tinjauan literatur, penentuan masalah, pengamatan sistem pengering, penyesuaian *limitter* suhu, serta pengujian kinerja mesin pada berbagai suhu dengan mengamati temperatur ruang pengering, durasi pengeringan, dan berat akhir kain.

Data yang diperoleh dari pengujian dianalisis dengan IBM SPSS melalui uji normalitas Shapiro–Wilk dan uji homogenitas sebagai syarat analisis, lalu dilanjutkan dengan uji *One-Way ANOVA* pada tingkat signifikansi 5% untuk menentukan pengaruh variasi suhu terhadap waktu pengeringan. Jika diperoleh perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), analisis akan dilanjutkan dengan uji *Tukey HS* untuk mengidentifikasi pasangan temperatur yang berbeda secara signifikan dan menetapkan temperatur operasi optimum berdasarkan waktu pengeringan tercepat, stabilitas temperatur, dan berat akhir kain yang paling mendekati kondisi kering.

3.1 Uji Pendahuluan

Sebelum pengujian utama, dilakukan uji awal dengan setpoint temperatur 30°C guna menilai kemampuan sistem dalam mempertahankan suhu rendah. Hasil uji menunjukkan bahwa mesin pengering tidak dapat mencapai dan mempertahankan suhu 30°C secara konsisten. Suhu terendah yang dapat dicapai adalah sekitar 38°C, sehingga variasi suhu 30°C tidak diterapkan sebagai data untuk penelitian.

Situasi ini terjadi karena mesin hanya memanfaatkan elemen pemanas tanpa adanya sistem pendingin, sehingga temperatur minimum dipengaruhi oleh suhu sekitar, panas yang tersisa dari elemen pemanas, dan sirkulasi udara. Sebagai hasilnya, suhu ruang pengering cenderung konsisten pada rentang 38°C, sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Melinda dkk. yang menyebutkan bahwa sistem pengering yang menggunakan pemanas tidak dapat mencapai suhu di bawah batas minimum operasional tanpa adanya pendinginan aktif (Melinda et al., 2023). Untuk itu, penelitian ini memakai variasi temperatur 38°C, 40°C, 50°C, dan 60°C karena semua suhu tersebut bisa dicapai dan dipertahankan secara konsisten oleh sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian Penelitian dilaksanakan di workshop salah satu dosen Politeknik Negeri Jakarta PSDKU Kota Pekalongan, sedangkan proses analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS. Pengujian dilakukan terhadap mesin pengering batik yang telah dimodifikasi pada sistem *limitter* temperatur dengan empat variasi temperatur, yaitu 38°C, 40°C, 50°C, dan 60°C. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak lima kali pengulangan menggunakan kain batik jenis Mori Primissima dengan kondisi awal yang sama sehingga diperoleh sebanyak 20 data pengujian. Parameter yang diamati meliputi waktu pengeringan, kestabilan temperatur, dan berat akhir kain setelah proses pengeringan.

4.1 Hasil Pengujian

4.1.1 Waktu Pengeringan pada Berbagai Variasi Temperatur

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur memberikan pengaruh terhadap penurunan waktu pengeringan kain batik. Nilai rata-rata waktu pengeringan pada masing-masing temperatur disajikan pada Tabel 1.

Table 1 Rata-rata Waktu Pengeringan Kain Batik

Temperatur (°C)	Rata-rata Waktu Pengeringan (menit)
38	172,8
40	156,6
50	92,2
60	73,0

Sumber: Hasil pengolahan data penelitian.

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur operasi maka semakin singkat waktu pengeringan. Temperatur 60°C menghasilkan waktu pengeringan tercepat, sedangkan temperatur 38°C membutuhkan waktu paling lama. Penurunan waktu pengeringan terjadi karena laju perpindahan panas dan proses evaporasi air dari serat kain meningkat seiring bertambahnya temperatur ruang pengering. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modifikasi *limitter*

temperatur mampu menjaga temperatur kerja sehingga proses pengeringan berlangsung lebih efektif.

4.1.2 Hasil Uji Asumsi Statistik

Sebelum dilakukan pengujian menggunakan One-Way ANOVA, data diuji terlebih dahulu menggunakan uji normalitas Shapiro–Wilk dan uji homogenitas varians. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh kelompok data memiliki nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 pada uji normalitas serta memenuhi asumsi homogenitas varians. Dengan demikian, data memenuhi persyaratan untuk dianalisis menggunakan One-Way ANOVA.

4.1.3 Hasil Uji One-Way ANOVA

Analisis One-Way ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap waktu pengeringan kain batik. Hasil analisis menunjukkan nilai $F = 1438,522$ dengan nilai signifikansi $p < 0,001$, sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada waktu pengeringan akibat variasi temperatur yang digunakan.

Table 2 Ringkasan Hasil One-Way ANOVA

Parameter	Nilai
Nilai F	1438,522
Signifikansi (Sig.)	<0,001
Keputusan	H_0 ditolak

Sumber: Hasil pengolahan data menggunakan IBM SPSS.

Hasil tersebut membuktikan bahwa temperatur merupakan faktor yang berpengaruh signifikan terhadap efektivitas pengeringan kain batik. Semakin tinggi temperatur, energi panas yang diterima kain semakin besar sehingga laju penguapan air meningkat dan waktu pengeringan menjadi lebih singkat.

4.1.4 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD

Karena hasil One-Way ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji lanjut Tukey HSD dimana dapat dilihat pada tabel 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh pasangan temperatur memiliki nilai

signifikansi kurang dari 0,05, yang berarti setiap kenaikan temperatur menghasilkan perbedaan waktu pengeringan yang signifikan.

Table 3 Tukey HSD

Waktu					
Tukey HSD ^a					
		Subset for alpha = 0.05			
Suhu	N	1	2	3	4
60°C	5	73.00			
50°C	5		92.20		
40°C	5			156.60	
38°C	5				172.80
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

Sumber : Hasil pengolahan data menggunakan IBM SPSS

Pengujian ini menunjukkan bahwa perbedaan terbesar terjadi antara temperatur 38°C dan 60°C, sedangkan perbedaan terkecil terjadi antara temperatur 38°C dan 40°C. Meskipun temperatur 60°C memberikan waktu pengeringan tercepat, temperatur 50°C menghasilkan berat akhir kain yang paling mendekati berat kering awal sehingga dinilai sebagai kondisi operasi yang paling optimal.

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi *limiter* temperatur berhasil meningkatkan kestabilan temperatur mesin pengering batik sehingga proses pengeringan berlangsung lebih efektif. Pada temperatur 40°C, 50°C, dan 60°C sistem mampu mempertahankan temperatur kerja secara relatif stabil, sedangkan pada temperatur 38°C masih terjadi fluktuasi akibat pengaruh temperatur lingkungan dan karakteristik hysteresis thermostat. Kondisi tersebut menyebabkan proses pengeringan pada 38°C berlangsung lebih lama dibandingkan variasi temperatur lainnya.

Secara teoritis, peningkatan temperatur akan meningkatkan energi panas yang diterima kain sehingga mempercepat perpindahan panas dan perpindahan massa selama proses pengeringan. Fenomena ini sesuai dengan teori perpindahan panas konveksi, di mana semakin besar perbedaan temperatur antara udara panas dan permukaan kain,

semakin tinggi laju evaporasi air dari serat kain. Oleh karena itu, waktu pengeringan menurun secara signifikan ketika temperatur dinaikkan dari 38°C menjadi 60°C.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Hakim et al. (2017) yang menyatakan bahwa pengendalian temperatur pada elemen pemanas mampu meningkatkan kestabilan proses pengeringan. Selain itu, penelitian Jusran dkk., juga menunjukkan bahwa modifikasi sistem kontrol temperatur dapat memperbaiki kestabilan suhu ruang pengering sehingga proses pengeringan menjadi lebih efektif. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa kestabilan temperatur merupakan faktor penting dalam meningkatkan performa mesin pengering.

Meskipun temperatur 60°C menghasilkan waktu pengeringan paling singkat, temperatur tersebut bukan merupakan kondisi operasi yang paling optimal. Pengamatan terhadap berat akhir kain menunjukkan bahwa temperatur 50°C menghasilkan berat akhir yang paling mendekati kondisi kering ideal. Dengan demikian, pemilihan temperatur optimum tidak hanya didasarkan pada kecepatan pengeringan, tetapi juga mempertimbangkan kualitas hasil pengeringan.

Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan rekomendasi bahwa modifikasi *limiter* temperatur dapat diterapkan pada mesin pengering batik skala industri kecil dan menengah untuk meningkatkan efektivitas proses pengeringan. Penggunaan temperatur operasi sebesar 50°C direkomendasikan karena mampu memberikan keseimbangan antara waktu pengeringan yang relatif cepat, kestabilan temperatur sistem, serta kualitas hasil pengeringan yang lebih baik dibandingkan temperatur lainnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi *limiter* temperatur pada elemen pemanas mesin pengering batik mampu meningkatkan kestabilan temperatur kerja sehingga proses pengeringan berlangsung lebih efektif. Hasil pengujian statistik menggunakan One-Way ANOVA menunjukkan bahwa variasi temperatur memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu pengeringan kain batik ($p < 0,001$), sehingga hipotesis penelitian diterima.

Peningkatan temperatur terbukti mempercepat proses pengeringan, dengan waktu rata-rata berturut-turut sebesar 172,8 menit pada 38°C, 156,6 menit pada 40°C, 92,2 menit

pada 50°C, dan 73 menit pada 60°C. Meskipun temperatur 60°C menghasilkan waktu pengeringan paling singkat, temperatur 50°C merupakan kondisi operasi yang paling optimal karena menghasilkan berat akhir kain yang paling mendekati berat kering awal sehingga memberikan keseimbangan antara kecepatan pengeringan dan kualitas hasil pengeringan. Dengan demikian, modifikasi *limitter* temperatur dapat menjadi alternatif sederhana untuk meningkatkan efektivitas mesin pengering batik, khususnya pada industri batik skala kecil dan menengah.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan satu jenis kain batik (Mori Primissima), satu jenis sistem *limitter* temperatur, serta belum mengevaluasi konsumsi energi listrik dan perubahan sifat fisik kain setelah proses pengeringan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji berbagai jenis kain batik dengan variasi beban pengeringan yang lebih beragam, membandingkan metode pengendalian temperatur seperti *ON/OFF* dan PID, serta menganalisis konsumsi energi dan kualitas kain secara lebih komprehensif agar diperoleh sistem pengering batik yang lebih efisien, stabil, dan aplikatif untuk kebutuhan industri.

DAFTAR REFERENSI

- Arifia Ekayuliana, Fathan Mubina Dewadi, Ibnu Abdul Rosid, Al Fauzi, Adinda Sekar Ludwika, Muhamad Emir Purdiatama, Ahmad Royan, M. N. (2025). Rancang Bangun Mesin Pengering Batik menggunakan VOC (Voice of Customer). *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, 11(1), 399–405.
- Blanca, M. J., Alarcón, R., Arnau, J., Bono, R., & Bendayan, R. (2017). Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? *Psicothema*, 29(4), 552–557. <https://doi.org/10.7334/psicothema2016.383>
- Budijono, A. P., & Kurniawan, W. D. (2019). Efisiensi Proses Produksi Batik Melalui Penerapan Mesin Pengering Batik Dan Kompor Pemanas Lilin Batik Semi Otomatis. *Otopro*, 13(1), 30. <https://doi.org/10.26740/otopro.v13n1.p30-34>
- Cai, J., Zhu, L., Wei, Q., Huang, D., Luo, M., & Tang, X. (2023). Drying Kinetics of a Single Biomass Particle Using Fick's Second Law of Diffusion. *Processes*, 11(4), 1–13. <https://doi.org/10.3390/pr11040984>
- Hakim, E. Z. R., Hasan, H., & Syukriyadin, S. (2017). Perancangan Mesin Pengering Hasil Pertanian Secara Konveksi dengan Elemen Pemanas Infrared Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor DS18B20. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 2(3), 2017.
- Ibrahim, M. F., Putri, M. M., & Utama, D. M. (2020). A literature review on reducing carbon emission from supply chain system: Drivers, barriers, performance indicators, and practices. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 722(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/722/1/012034>

- Jusran, J., Muhlis, & Mohamad Ikbil Riski A. Danial. (2025). Modifikasi Sistem Kontrol Suhu pada Alat Pengering Tipe Rak (Tray Dryer) Skala Laboratorium. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 11(1), 43–54. <https://doi.org/10.26858/jptp.v11i1.8263>
- Melinda¹, Ari Rahmat Putra Ibina¹, R. K., & Alfatirta Mufti¹, Rizal Syahyadi³, I. H. 4. (2023). Implementation of PID controller on Hohenheim tunnel dryer using Ziegler-Nichols Approach method. *Polimesin*, 20(2), 121–127. <https://ejurnal.pnl.ac.id/polimesin/article/view/3626/3230>
- Mujumdar, A. S. (2014). *Handbook on Industrial Drying Preview*.
- Sultan, L., Tanjung, G., & Sutanto, R. (2025). The Effect of Hot Air Flow Velocity on The Drying Characteristics of Turmeric in A Rotary Dryer. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 20(2), 229–236.
- Toar, H., Wasdoni Alfi, Illa Aryeni, Nanta Fakhri Prebianto, Hana Mutialif Maulidiah, Muammar Khadapi Arif Nasution, & Micko Tomas. (2025). Implementasi Algoritma PID untuk Pengontrolan Suhu Pada Mesin Pengering Cabai. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 9(1), 72–81. <https://doi.org/10.30871/jaee.v9i1.9314>
- Venkateswarlu, K., & Reddy, S. V. K. (2024). Recent trends on energy-efficient solar dryers for food and agricultural products drying: a review. *Waste Disposal and Sustainable Energy*, 6(3), 335–353. <https://doi.org/10.1007/s42768-024-00193-3>
- Wang, H., Che, G., Wan, L., Chen, Z., Sun, W., & Tang, H. (2023). Effect of Variable Temperature Levels on Drying Characteristics and Quality Indices of Rice in Continuous Drying and Multi-Stage Intermittent Drying. *Journal of Food Process Engineering*, 46(7), e14356. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14356>
- Winarno, J., & Hutomo, S. G. (2023). Investigasi Kinerja Energi dan Eksergi Pengering Surya Konveksi Alamiah Terdistribusi dengan Media Penyimpan Panas Pasir. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 175. <https://doi.org/10.32497/jrm.v18i2.4097>
- Yan, Y., Ding, T., Wang, J., Chen, X., & Xu, J. (2026). *Research Progress Regarding Heat and Mass Transfer Characteristics of Agricultural Products Under Different Drying Methods , and Associated Applications : A Review*. 1–30.
- Zukhruf, M. H., Halim, C. V., Rachmandika, F. C. A., Tjandra, N. A., Adani, N. S., & Nasution, A. M. T. (2024). Sistem Pengering Batik Hybrid Berbasis Solar Dryer dan Drum Pemanas Menggunakan Kontrol Proporsional-Integral sebagai Solusi Peningkatan Produktivitas Batik Griya Amirah. *Sewagati*, 8(6), 2389–2400. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i6.2211>