

**NASKAH ORISINAL**

# Sistem Pengering Batik *Hybrid* Berbasis *Solar Dryer* dan Drum Pemanas Menggunakan Kontrol Proporsional-Integral sebagai Solusi Peningkatan Produktivitas Batik Griya Amirah

Mochamad Helmi Zukhruf<sup>1</sup> | Christian Vieri Halim<sup>1</sup> | Firdha Chaylia Ayu Rachmandika<sup>2</sup> | Nabiilah Aziizah Tjandra<sup>3</sup> | Naufal Shalhan Adani<sup>1</sup> | Aulia Muhammad Taufiq Nasution<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

<sup>3</sup>Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## Korespondensi

\*Aulia Muhammad Taufiq Nasution, Program Studi Kedokteran, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: [anasution@its.ac.id](mailto:anasution@its.ac.id)

## Alamat

Laboratorium Rekayasa Fotonika, Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

## Abstrak

Griya Amirah merupakan gerai batik dengan lokasi Jalan Kedinding Tengah I No.19-i, Kota Surabaya, Jawa Timur. UMKM ini menjual berbagai macam jenis batik dengan omzet Rp18.065.000 per bulan. UMKM ini memiliki permasalahan pada pengeringan batik. Hal ini dikarenakan cuaca yang tidak menentu sehingga pengeringan dilakukan pada malam hari. Dari adanya hal tersebut, maka dilakukan penerapan IPTEK berupa sistem pengering batik *hybrid* yang diberi nama Basurbid (Batik Surya *Hybrid*). Metode pelaksanaan dimulai dari pembuatan sistem pengering hingga monitoring dan evaluasi keberhasilan program. Hasil Basurbid yaitu terdapat peningkatan produksi batik mitra saat cuaca panas menjadi 20 kain dengan waktu 75 menit dan saat cuaca tidak panas menjadi 18 kain dengan waktu 60 menit. Hal ini berkorelasi dengan peningkatan jumlah produksi dan omzet dibandingkan sebelum implementasi berturut – turut yaitu 36% dan 67%.

## Kata Kunci:

Batik, Cuaca, Pengering *Hybrid*, Produksi, Teknologi

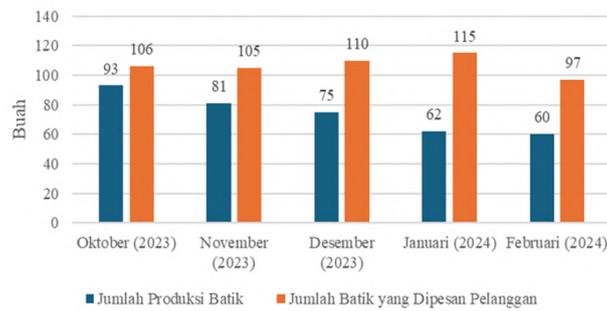
## 1 | PENDAHULUAN

### 1.1 | Latar Belakang

Penetapan batik sebagai warisan budaya dunia oleh UNESCO pada tahun 2009 telah mendorong pemerintah untuk lebih proaktif dalam mempromosikan batik<sup>[1]</sup>. Salah satu contohnya yaitu penggunaan batik di acara KTT ASEAN dan Gala Dinner di Garuda Wisnu Kencana saat G20. Kemudian di Surabaya, pemerintah menyelenggarakan Batik *Fashion Fair*. Acara ini terbukti efektif dalam meningkatkan permintaan pasar terhadap produk batik, memberikan kontribusi signifikan bagi kesejahteraan para perajin batik di Surabaya.

Griya Amirah termasuk salah satu yang mengalami peningkatan pesanan batik akibat acara tersebut. UMKM ini dimiliki oleh Ibu Siti Fatimah dan Ibu Amyratuz Zahra yang berdiri pada tahun 2011 dengan alamat Jalan Kedinding Tengah I/19-i, Tanah Kali Kedinding, Kenjeran, Surabaya (berjarak 8,7 km dari ITS). UMKM ini memiliki Surat Izin Usaha Perdagangan (SIUP) yaitu 503/5588.A/436.7.17/2017 dan Nomor Induk Berusaha (NIB) 1702220001414. Selain itu, Griya Amirah memiliki Klasifikasi Baku Lapangan Usaha Indonesia (KBLI) dengan kode 13134 (Industri Batik), 13132 (Industri Penyempurnaan Kain), dan 14120 (Penjahitan dan Pembuatan Pakaian Sesuai Pesanan). Dengan adanya NIB, SIUP, dan KBLI, UMKM ini memproduksi beberapa macam batik di antaranya adalah batik cap, batik ecoprint, batik jumputan, dan batik tulis. Penjualan tersebut menghasilkan omzet rata – rata Rp18.065.000 per bulan dengan penjualan 60 hingga 93 lembar kain.

Dalam penjualannya, proses–proses pembuatan batik pada Griya Amirah dimulai dari mordanting (pencelupan kain ke cairan kimia seperti tawas), mendesain, mencanting, pewarnaan, pengeringan, *quality control*, dan batik siap dipasarkan. Pengeringan merupakan masalah utama yang dialami oleh Griya Amirah yang menjadi mitra saat ini. Hal ini dikarenakan produksi batik mitra tidak dapat memenuhi pesanan pelanggan akibat cuaca tidak menentu dan pengeringan di malam hari, di mana hasil produksi batik mitra yang telah diidentifikasi pada Oktober 2023–Februari 2024 tercantum pada Gambar (1). Hal ini mengakibatkan pelanggan kecewa, meminta penurunan harga, dan terkadang tidak jadi membeli.



**Gambar 1** Produktivitas Batik Mitra pada Oktober 2023–Februari 2024.

Mitra telah mencoba beberapa solusi untuk mengatasi masalah pengeringan batik, namun masing-masing memiliki kekurangan. Menjemur berulang kali dapat mengeringkan batik, tetapi membutuhkan lebih banyak tenaga dan waktu. Menggunakan kipas angin tidak terlalu efektif karena memakan waktu lama hingga 5-6 jam dan meningkatkan biaya listrik. Selain itu, menyetrika batik yang belum kering dapat merusak kualitas kain.

## 1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Dari adanya hal tersebut dibutuhkan penerapan IPTEK berupa pengeringan batik. Terdapat beberapa pengering batik yang telah ada sebelumnya dan ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Teknologi Pengering Batik

Teknologi Pengering Batik	Kelemahan
Mesin Pengering Batik Semi Otomatis <sup>[2]</sup>	Suhu terlalu tinggi sehingga tidak dapat digunakan penjemuran lilin (malam) yang mengakibatkan luntur.
Batik <i>Smart Dryer</i> Menggunakan Lampu Pijar <sup>[3]</sup>	Komponen bola lampu cepat rusak karena permainan intensitas penerangan sehingga sering dilakukan pergantian.

Beberapa teknologi pengering batik sebelumnya masih terdapat kelemahan. Maka dari itu perlu dibuat penerapan IPTEK dari literatur lainnya yang sudah ada. Penerapan IPTEK ini harus memastikan bahwa lilin batik tidak luntur akibat pengeringan serta dapat bertahan lama. IPTEK yang tepat dari permasalahan ini yaitu sistem pengering batik *hybrid* dengan *solar dryer* dan drum pemanas berbasis kontrol PI (Proporsional–Integral). Sistem ini diberi nama Basurbid (Batik Surya *Hybrid*). Prinsip *hybrid* yaitu penggunaan antara drum pemanas dan *solar dryer* tergantung dengan prioritasnya (tidak dapat digunakan bersama yang mengakibatkan lilin batik meleleh).

Drum pemanas berfungsi mengalirkan fluida berupa udara ke dalam ruang pengering dari hasil pemanasan pada kompor<sup>[4]</sup>. Objek yang dipanaskan pada drum berupa batu lava karena mampu menyimpan energi panas sehingga menghemat pengeluaran gas<sup>[5]</sup>. Lalu kontrol PI (Proporsional–Integral) digunakan pada drum ini untuk otomatisasi sistem sehingga batik mendapatkan suhu pengeringan optimal yaitu 28°C – 40°C<sup>[6]</sup>.

Kemudian terdapat *solar dryer* untuk pengeringan saat cuaca panas karena menyerap sinar matahari untuk menguapkan kelembapan batik di ruang pengering<sup>[7]</sup>. Sistem ini dibuat bertujuan untuk mempercepat pengeringan batik, mengedukasi dan memberikan bimbingan penggunaan Basurbid serta memperoleh dampak penggunaan sistem. Dari adanya sistem ini diharapkan mitra dapat mempersingkat waktu pengeringan batik sehingga meningkatkan produktivitas dan omzet.

### 1.3 | Target Luaran

Beberapa target luaran yang dicapai dari pelaksanaan penerapan IPTEK pada Griya Amirah yaitu sebagai berikut.

1. Sistem pengering batik *hybrid* berbasis *solar dryer* dan drum pemanas menggunakan kontrol PI.
2. Buku pedoman teknis sistem pengering batik *hybrid* berbasis *solar dryer* dan drum pemanas menggunakan kontrol PI.
3. Akun media sosial Instagram bernama @basurbid.pkmpiits dan Youtube bernama BASURBID PKM PI ITS.

## 2 | TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 | Solar Dryer

*Solar dryer* berfungsi sebagai pengering produk menggunakan energi surya untuk menurunkan kelembapan<sup>[8]</sup>. Komponen ini memiliki prinsip kerja konveksi dan radiasi. Radiasi berasal dari sinar matahari yang menyinari komponen sehingga panas bertambah serta mengurangi kelembapan pada ruangan pengering. Lalu konveksi disebabkan oleh aliran udara yang memindahkan panas ke dalam ruangan pengering menggunakan *fan*. *Solar dryer* digunakan untuk pengeringan batik saat cuaca panas pada pengabdian masyarakat ini.

### 2.2 | Drum Pemanas

Drum pemanas berfungsi untuk mengeringkan bahan berpori tipis secara efisien seperti tekstil dan kertas<sup>[9]</sup>. Pada pengeringannya, proses perpindahan panas komponen ini melibatkan konveksi dengan memindahkan aliran fluida (udara panas) ke ruang pengering menggunakan *fan*. Pada penerapan IPTEK ini, drum pemanas digunakan untuk pengeringan saat cuaca tidak panas sehingga produktivitas mitra meningkat dan memenuhi pesanan pelanggan.

### 2.3 | Kontrol PI (Proporsional–Integral)

Kontrol PI (Proporsional–Integral) mempunyai prinsip kerja berdasarkan perhitungan dari nilai *error* (selisih *set point* dan *output*) yang akan diperkecil seminimal mungkin. Kontrol ini menggabungkan sifat pengendali proporsional dan integral serta memiliki algoritma yang menawarkan keseimbangan antara kompleksitas maupun kapasitas<sup>[10]</sup>. Pada penerapan IPTEK ini, kontrol proporsional-integral digunakan untuk menjaga suhu ruang pengering tetap stabil sehingga kain batik tidak rusak dan malam (lilin) batik tidak luntur.

## 3 | METODE KEGIATAN

### 3.1 | Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penerapan IPTEK ini dilaksanakan selama 4 bulan di Griya Amirah dengan alamat Jalan Kedinding Tengah I No.19-i, Kecamatan Kenjeran, Kota Surabaya yang berjarak 8,7 km dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Pembuatan ruangan, verifikasi performansi sistem, pembuatan buku pedoman, implementasi sistem, serta monitoring dan evaluasi keberhasilan program dilakukan di mitra. Lalu modifikasi drum pemanas dan pembuatan tatakan *solar dryer* dilakukan di bengkel Rizal Ali Afandi. Terakhir pembuatan *solar dryer* dan kalibrasi sensor DHT22 dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Fotonika.

### 3.2 | Alat dan Bahan

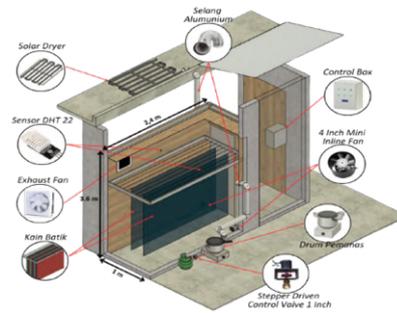
Beberapa komponen yang utama yaitu sebagai berikut:

1. Arduino NANO V3 sebagai otak dari program pengeringan batik. Komponen ini akan mengotomatisasi waktu pengeringan dengan kontrol PI (Proporsional-Integral).
2. Sensor DHT 22 untuk mengecek dan memastikan distribusi suhu maupun kelembapan merata pada ruangan.
3. LCD I2C sebagai penampil keluaran digital yang dapat dilihat oleh mitra mengenai proses pengeringan batik.
4. *Exhaust fan* untuk mengurangi kelembapan dari ruangan sehingga mempercepat proses pengeringan batik.
5. *Switch on/off* untuk menghidupkan sistem.
6. Kabel elektronik untuk menghubungkan arus dengan sistem.
7. *Box Panel Listrik* (40×30×20) cm untuk menyimpan bagian elektronik dan mendistribusikan rangkaian kabel dari catu daya.
8. Drum Pemanas untuk pengering batik yang digunakan saat cuaca tidak panas.
9. *Solar dryer* untuk pengering batik saat cuaca panas.
10. Batu lava sebagai komponen penghantar panas ke dalam ruangan pengering saat cuaca tidak panas.
11. Pipa aluminium sebagai komponen penghantar panas dari sumber pemanas seperti drum pemanas dan *solar dryer* supaya tidak terjadi kehilangan panas yang tinggi.
12. Empat (4) inchi *Mini Inline Fan* sebagai komponen untuk menghisap udara panas masuk ke dalam ruangan pengering.
13. *Power supply* unit 24V 5A untuk konversi tegangan dari AC ke DC.
14. TB6600 *Stepper motor driver* sebagai pengubah sinyal logika dari kontrol PI menjadi pergerakan motor *stepper*.
15. *Stepper driven control valve* 1 inchi untuk otomatisasi pembukaan katup gas berdasar kontrol PI.
16. *Miniature Circuit Breaker* (MCB) untuk pengaman hubungan arus pendek.

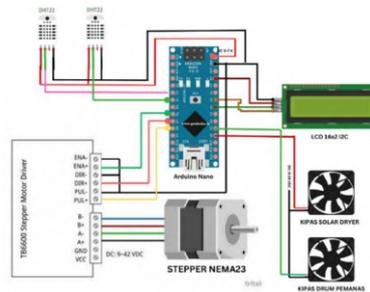
### 3.3 | Konsep dan Desain Sistem

Pada langkah ini dilakukan diskusi dengan mitra agar sistem pengering yang dibuat sesuai dengan kebutuhan mitra. Dalam fiksasi konsep, mitra meminta perubahan fluida air supaya tidak mengandung kelembapan ketika udara dihembuskan ke dalam ruangan sehingga radiator diganti menjadi fan pada sistem.

Desain ruangan sistem pengering batik yang diberi nama Basurbid (Batik *Surya Hybrid*) ditampilkan pada Gambar (2 ) dan desain elektrik pada Gambar (3 ). Acuan literatur utama yang digunakan dalam penerapan IPTEK ini yaitu drum pemanas dan *solar dryer*. Kemudian, cara kerja dari sistem dan hasil penerapan terdapat pada video berikut <https://youtu.be/hok9aq2nvw?si=EtJ3bnf7uIyeeoSc>.



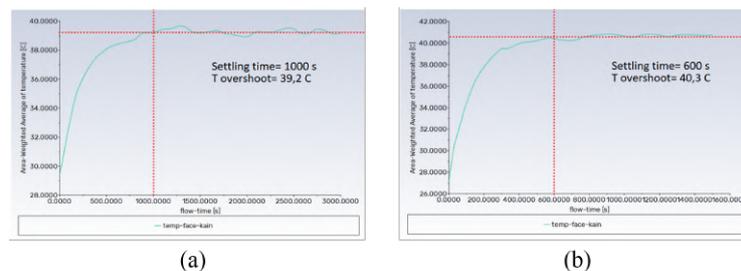
**Gambar 2** Desain Sistem Pengering Batik *Hybrid*.



**Gambar 3** Desain Elektrik Sistem.

### 3.4 | Pembuatan Sistem Pengering

Tahap ini dilaksanakan di Griya Amirah pada 23 April 2024 – 14 Juni 2024 dengan 5 langkah yaitu simulasi ruangan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan *software* ANSYS, pembuatan ruangan oleh pihak ketiga, pembuatan *source code* kontrol PI, instalasi listrik, serta integrasi *hardware* dan *software*. Simulasi ruangan pengering sebagai pendekatan untuk memastikan suhu output sumber panas yaitu 28°C – 40°C berdasarkan paparan mitra sehingga tidak terjadi pelelehan pada malam (lilin) batik sehingga merusak kualitas batik. Hasil simulasi menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada ANSYS tercantum sebagai berikut. Kemudian grafik hasil ditunjukkan pada Gambar (4) ‘.



**Gambar 4** Hasil *Settling Time* dan Suhu Kontak Kain (a) *Solar Dryer* (b) Drum Pemanas.

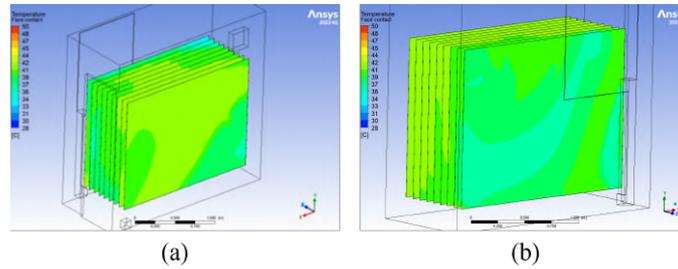
#### 1. *Solar dryer*

- (a) *Settling time*: 1000 detik (16,6 menit)
- (b) Suhu kontak kain: *overshoot* 39,2°C
- (c) Drum Pemanas

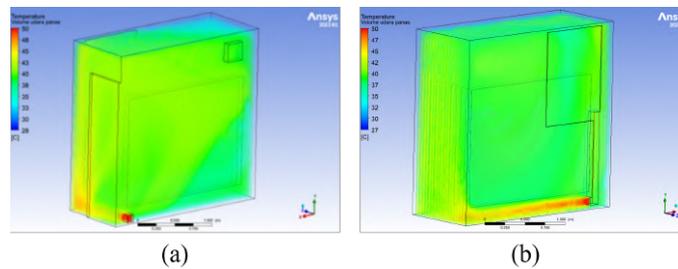
(d) *Settling time*: 600 detik (10 menit)

(e) Suhu kontak kain: *overshoot* 40,3°C

Fenomena hasil simulasi yaitu terdapat suhu *overshoot* pada kontak kain. Hal ini menunjukkan terjadi sedikit kenaikan batas yang diinginkan. Kenyataannya suhu di dunia nyata lebih dinamis, sehingga jarang terjadi suhu maksimum. Pada drum pemanas, suhu maksimum akan terjadi pada saat kompor dihidupkan. Saat kondisi mati, batu lava akan mulai mengalami penurunan suhu seiring berjalannya waktu. Kemudian hasil simulasi suhu kontak kain pada kain ditunjukkan Gambar (5) serta ruang pengering pada Gambar (6).

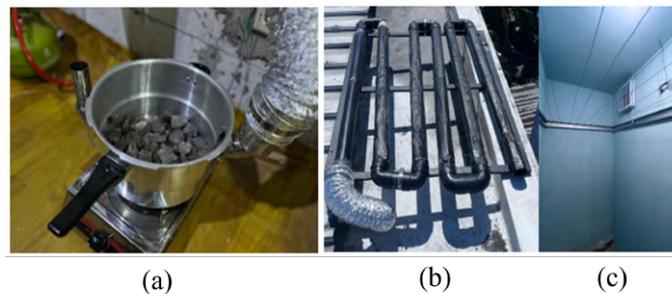


**Gambar 5** Hasil *Settling Time* dan Suhu Kontak Kain (a) *Solar Dryer* (b) Drum Pemanas pada Kain.



**Gambar 6** Hasil *Settling Time* dan Suhu Kontak Kain (a) *Solar Dryer* (b) Drum Pemanas pada Ruang Pengering.

Setelah simulasi maka dilakukan pembangunan oleh pihak ketiga pada ruangan yang disediakan mitra dengan panjang  $\times$  lebar  $\times$  tinggi yaitu (2,4 $\times$ 1 $\times$ 3,6) meter. Beberapa komponen dan ruangan Basurbid tercantum Gambar (7). Pada sistem ini, drum pemanas dilengkapi kontrol PI sehingga pengeringan berjalan otomatis.

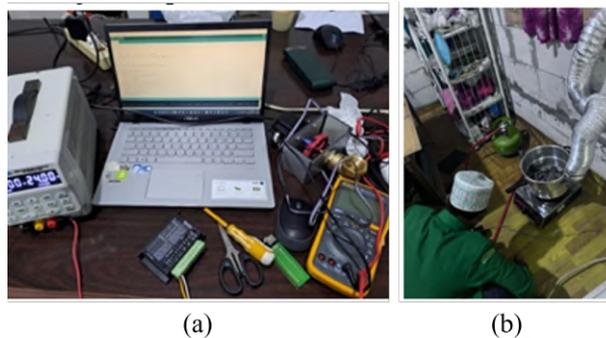


**Gambar 7** (a) Drum Pemanas; (b) *Solar Dryer*; (c) Ruang Pengering.

### 3.5 | Kalibrasi dan Verifikasi Performansi Sistem

Kalibrasi sensor DHT22 menggunakan *hygrometer* di Laboratorium Rekayasa Fotonika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada 29 April 2024. Kemudian verifikasi performansi dilakukan di Griya Amirah yang mencakup waktu pengeringan maupun suhu sumber panas (*drum pemanas* dan *solar dryer*) bersama pekerja mitra. Verifikasi ini menggunakan *thermogun* untuk *input* (masukan) dan *output* (keluaran) sumber panas pada 15 Juni 2024.

Terdapat 4 indikator verifikasi yaitu suhu (*input* dan *output*), kelembapan ruangan, serta waktu pengeringan. Dokumentasi verifikasi performansi dan kalibrasi ditunjukkan Gambar (8). Indikator keberhasilan tahap ini yaitu sensor memiliki akurasi >95% sesuai ISO/DIS 8000-210 dan suhu *output* ruang pengering optimal pada rentang 28°C – 40°C sehingga lilin batik tidak meleleh.



**Gambar 8** (a) Kalibrasi DHT22; (b) Verifikasi Performansi bersama Mitra.

### 3.6 | Pembuatan Buku Pedoman Teknis

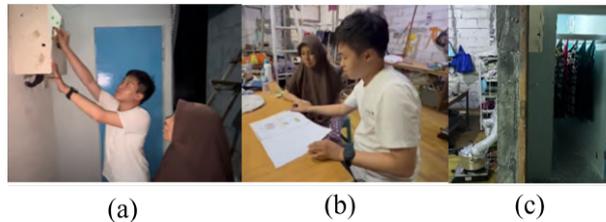
Buku pedoman teknis dibuat pada 01 – 15 Juni 2024 di ITS yang berfungsi sebagai acuan dalam pengoperasian sistem. Buku ini berisi komponen sistem, petunjuk keselamatan kerja, petunjuk perawatan sistem, *troubleshooting* sistem, dan petunjuk penggunaan sistem. Indikator dari tahap ini yaitu buku pedoman teknis mudah dipahami oleh mitra. Berikut merupakan *cover* dari buku pedoman mitra yang ditunjukkan pada Gambar (9).



**Gambar 9** Buku Pedoman Teknis Basurbid.

### 3.7 | Implementasi IPTEK

Dalam bagian ini terdiri 3 tahapan yaitu pelatihan, edukasi, dan implementasi yang tercantum pada Gambar 10. Tahap pelatihan yaitu mendampingi penggunaan teknologi Basurbid agar mitra dapat mengoperasikannya dengan lancar dan dilakukan transfer teknologi. Tahap edukasi dilakukan agar mitra mengetahui tentang cara penggunaan dan perawatan sistem serta mencakup pengetahuan cara membaca buku petunjuk teknis. Terakhir implementasi yaitu dengan menyerahkan sistem sehingga mitra dapat meningkatkan produktivitas batik. Tahap ini dilaksanakan pada 16 Juni 2024 di mitra dengan indikator keberhasilan yaitu mitra dapat menggunakan sistem dan paham cara membaca buku pedoman teknis.



**Gambar 10** (a) Pelatihan Sistem; (b) Edukasi Sistem; (c) Implementasi Sistem.

### 3.8 | Monitoring dan Evaluasi Kinerja Sistem

Tahap ini dilakukan di Griya Amirah setelah implementasi yang meliputi monitoring dan evaluasi sistem kerja Basurbid secara fungsional maupun efektivitas prosesnya serta melakukan pendampingan mitra. Selain itu, mendapatkan dampak yang dirasakan mitra dari adanya sistem Basurbid dan kemudahan penggunaan sistem menggunakan kuesioner *Scale Usability System* (SUS) John Brooke. Tahap ini dilakukan selama 3 kali. Tahap pertama dilakukan pada 24 Juni 2024, tahap kedua pada 16 Juli 2024, dan tahap ketiga dilakukan pada 15 Agustus 2024. Dokumentasi tahap ini ditunjukkan Gambar (11) dengan indikator keberhasilan yaitu terselesaikannya masalah sistem yang dikeluhkan mitra dan mitra menggunakan sistem berkelanjutan.



**Gambar 11** Monitoring dan Evaluasi Mitra (a) Pertama; (b) Kedua; (c) Ketiga.

## 4 | HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 | Kalibrasi Sensor DHT 22

Kalibrasi dari kedua sensor DHT22 diperlukan mencapai ketertelusuran komponen. Kalibrasi suhu dan kelembapan dilakukan dengan *hygrometer*. Pada suhu, akurasi (tingkat kedekatan pengukuran kuantitas terhadap nilai sebenarnya) kedua sensor sebesar 98% dan presisi (ketepatan dalam sistem pengukuran) sebesar 0,77% (sensor-1) dan 0,83% (sensor-2). Kemudian pada kelembapan memiliki akurasi pada kedua sensor sebesar 98% dan presisi sebesar 0,60% (sensor-1) dan 0,63% (sensor-2). Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi dan presisi tinggi yang sesuai ISO/DIS 8000-210.

## 4.2 | Performansi Sistem Basurbid

Pada performansi sistem, pertama dilakukan *tunning* kontrol PI (Proporsional–Integral) menggunakan Cohen Coon. Metode ini dipilih karena sangat cocok untuk sistem yang memiliki waktu *delay* dan ingin mendapatkan *rise time* (kecepatan sistem mencapai target) serta *settling time* (waktu sistem mencapai target) yang lebih cepat. Perhitungan menggunakan metode *tunning* Cohen Coon dilakukan terlebih dahulu untuk mencari hasil pembagian antara *output steady state* dengan *input step* ( $K$ ), *dead time* ( $t_d$ ), dan *effective time constant* dari respon orde pertama ( $\tau_m$ ). *Input step* merupakan sinyal masukan yang berubah secara instan dari nilai awal ke nilai akhir (biasanya dari 0 ke 1) dan dipertahankan pada nilai akhir tersebut. *Dead time* merupakan waktu yang dibutuhkan sinyal untuk melewati sistem sebelum *output* mulai berubah. *Effective time constant* dari respon orde pertama yaitu ukuran seberapa cepat *output* sistem merespon perubahan masukan.

Diketahui bahwa *output steady state* adalah  $40^\circ\text{C}$ , *input steady state*  $40^\circ\text{C}$ ,  $t_{63\%}$  sebesar 114,6 detik, dan  $t_{28\%}$  sebesar 43,4. Pada respon *open loop* (sistem kontrol dimana input tidak bergantung pada *output* dari proses yang dikendalikan). Maka dari itu, didapatkan nilai parameter metode *tunning* Cohen Coon yaitu  $K = 1$ ;  $\tau_m = 106,8$ ;  $t_d = 7,8$ . Parameter tersebut kemudian dihitung menggunakan Persamaan 1, Persamaan 2, dan Persamaan 3.

$$K = \frac{\Delta Output}{\Delta Input} \quad (1)$$

$$\tau_m = \frac{3}{2}(t_{63\%} - t_{28\%}) \quad (2)$$

$$t_d = t_{63\%} - \tau_m \quad (3)$$

Kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan *gain* proporsional dan *gain* integral dengan Persamaan 4, Persamaan 5, dan Persamaan 6.

$$K_p = \frac{\tau_m}{K t_d} \left( 0,9 + \frac{t_d}{12 \tau_m} \right) \quad (4)$$

$$T_i = t_d \left( \frac{30 + \frac{3t_d}{\tau_m}}{9 + \frac{20t_d}{\tau_m}} \right) \quad (5)$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \quad (6)$$

Dari hasil tersebut, didapatkan nilai *gain* proporsional ( $K_p$ ) sebesar 12,40 yang menyatakan besarnya kesalahan (error) dengan output pengontrol dan *gain* integral ( $K_i$ ) 0,55 yang menyatakan penjumlahan error dari waktu ke waktu. Nilai tersebut kemudian diimplementasikan pada Arduino NANO. Setelah dilakukan *tunning* maka dilanjutkan verifikasi performansi. Verifikasi performansi menggunakan 9 batik dari Griya Amirah dengan hasil Tabel 2 . Hasil ini mendekati simulasi sehingga memvalidasi bahwa desain ruangan efektif untuk mencapai suhu pengeringan batik.

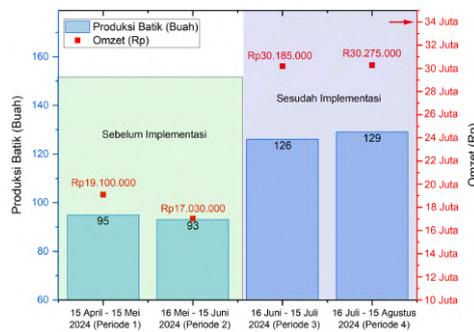
## 4.3 | Hasil Implementasi Basurbid

Setelah dilakukan implementasi Basurbid, terdapat kenaikan produksi batik mitra sebesar 36% dan kenaikan omzet sebesar 67% yang tercantum pada Gambar (12 ). Pada Gambar (12 ), terdapat 4 periode yang menjadi pembanding dalam pelaksanaan pengabdian masyarakat ini. Periode tersebut yaitu periode 1 (15 April 2024 – 15 Mei 2024), 2 (16 Mei 2024 – 15 Juni 2024), 3 (16 Juni 2024 – 15 Juli 2024), dan 4 (16 Juli 2024 – 15 Agustus 2024). Periode 1 dan 2 ketika Basurbid belum diimplementasikan serta periode 3 dan 4 ketika Basurbid telah diimplementasikan.

Pada penggunaannya, biaya yang dikeluarkan Basurbid yaitu gas Rp3,87 dan listrik Rp596 per pemakaian. Selain itu, terdapat penurunan *cost* pewarnaan batik sebesar Rp1.500 karena beberapa bagian saat pengeringan sudah tidak terpapar sinar matahari. Hal tersebut mampu mengurangi *cost* pengeringan batik sebesar Rp901. Perbandingan lain yang didapatkan setelah implementasi Basurbid dengan metode mitra ditampilkan pada Tabel 3 .

**Tabel 2** Hasil Performansi Basurbid

Komponen Penghasil Panas	Parameter	Hasil
Drum Pemanas	Suhu Input	58°C - 60°C
	Suhu <i>Output</i>	32°C - 40°C
	Kelembapan Ruangan	49% – 53%
	Waktu Pengeringan	60 menit
<i>Solar Dryer</i>	Suhu Input	47°C - 51°C
	Suhu <i>Output</i>	32°C - 40°C
	Kelembapan Ruangan	52% - 56%
	Waktu Pengeringan	75 menit

**Gambar 12** Produksi Batik dan Omzet Mitra.**Tabel 3** Perbandingan Basurbid dengan Metode Mitra

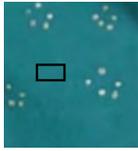
Parameter	Aspek	Mitra	Basurbid
Cuaca Tidak Panas	Kapasitas Produksi/hari	5 kain	18 kain
	Waktu/Pengeringan	610 menit	60 menit
Cuaca Panas	Kapasitas Produksi/hari	10 kain	20 kain
	Waktu/Pengeringan	300 menit	75 menit
Umum	Kapasitas Pengeringan	6	9
	Kualitas	Lebih jauh dari pewarnaan awal	Lebih mendekati pewarnaan awal
	Penerapan Teknologi	-	Kontrol PI
	Pemesanan Batik Tidak Terpenuhi	12	

#### 4.4 | Hasil Pengecekan RGB Batik

Dalam menjaga kualitas batik mitra maka dilakukan pengecekan warna menggunakan RGB (*Red, Green, Blue*). Pengecekan ini dilakukan dengan menggunakan takaran pewarna yang sama antara dijemur pada sinar matahari dengan Basurbid. Hasil dari perbandingan ini tercantum pada Tabel 4 .

Dari Tabel 4 , dapat diketahui bahwa Basurbid memiliki RGB sesuai dengan batik sebelum dikeringkan setelah pewarnaan dan saat menggunakan udara panas matahari. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas batik setelah dijemur di ruangan yang terdapat Basurbid tidak mengurangi kualitas dan lebih baik dibanding metode mitra sebelumnya.

**Tabel 4** Pengecekan RGB Batik

Parameter	Foto Batik	R	G	B
Sebelum Pengeringan		31	123	131
Pengeringan Udara Panas Matahari		34	126	137
Basurbid		34	124	132

#### 4.5 | Kepuasan Mitra Terhadap Basurbid

Setelah dilakukan monitoring dan evaluasi kepada mitra sebanyak 3 kali, mitra puas terhadap teknologi Basurbid. Hal ini dikarenakan sistem memiliki keunggulan seperti kapasitas lebih besar, waktu pengeringan lebih singkat, sistem mudah dioperasikan, dan kualitas warna batik lebih baik dibanding penjemuran di udara panas matahari. Pada aspek sistem mudah dioperasikan dibuktikan dengan *Scale Usability System* (SUS) John Brooke memiliki nilai 80,625 (kategori *excellent*) yang menyatakan sistem sangat mudah digunakan, efisien, dan memuaskan. Selain itu, mitra puas terhadap Basurbid karena dapat meningkatkan omzet (segi ekonomi), lebih paham mengenai teknologi pengering batik (segi pendidikan), dan pengurangan bahan pewarna batik yang berdampak pada lingkungan karena tidak terdapat warna pudar akibat matahari (segi lingkungan). Terakhir, mitra memberikan testimoni dari adanya Basurbid pada <https://youtu.be/70YXrOBbe7c>.

#### 4.6 | Potensi Khusus

Terdapat beberapa potensi khusus, diantaranya yaitu sebagai berikut: (1) Mitra mengajarkan kepada pebatik lain (keberlanjutan program); (2) Potensi komersialisasi karena terdapat sanggar batik lain tertarik Basurbid dengan HPP (Harga Pokok Produksi) sebesar Rp8.460.000; (3) Menyelesaikan permasalahan mitra lainnya seperti pengolahan limbah batik; (4) Potensi keuntungan mitra dengan *Break Even Point* (BEP) ketika terjual 6 unit atau Rp1.717.500, *Net Present Value* (NPV) dalam 1 tahun sebesar Rp261.333.751, *Payback Period* (PP) yaitu 3 hari, dan *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 115% serta *repeat order* dari pelanggan. Hal ini karena telah terjadi 2 kali *repeat order* sehingga diprediksi akan terjadi kembali oleh mitra.

### 5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat berupa pembuatan sistem pengering batik *hybrid* bagi UMKM Griya Amirah telah berhasil dilaksanakan dan mencapai tujuan. Selain itu, pembuatan sistem ini memberikan nilai tambah antara lain adalah sebagai berikut:

- Sistem memiliki kapasitas pengeringan 9 dan mempercepat pengeringan batik menjadi 60 menit dengan drum pemanas dan 75 menit dengan *solar dryer*. Hal ini membuat mitra dapat meningkatkan produktivitas batik.
- Sistem telah diedukasi kepada mitra sehingga mitra dapat menggunakannya secara mandiri dengan mudah. Kemudahan pengoperasian dibuktikan dengan nilai SUS 80,625 yang termasuk kategori *excellent*.
- Selama 2 bulan pengimplementasian, sistem berhasil meningkatkan produktivitas batik sebesar 36%, omzet mengalami kenaikan sebesar 67%, dan *cost* pengeringan berkurang sebesar Rp900,13. periode 3 dan 4 (setelah implementasi Basurbid) dengan periode 1 dan 2 (sebelum implementasi Basurbid).

Pada pengembangan sistem pengering batik *hybrid* kedepannya, saran yang dapat diberikan yaitu dilakukan penambahan *artificial intelligence*. Selain itu, dibutuhkan penambahan perawatan secara otomatis sehingga pengguna lebih mudah dalam melakukannya.

## 6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dalam program ini di antaranya adalah Kemendikbudristek (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi) yang telah memberikan pendanaan kepada tim, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberikan dana serta dukungan moral kepada tim, dan Griya Amirah.

## Referensi

1. Triana N, Retnosary R. Pengembangan model Pemasaran batik Karawang sebagai produk unggulan daerah. *Jurnal Inovasi Dan Pengelolaan Laboratorium* 2020;2(1).
2. Budijono AP, Kurniawan WD. Efisiensi Proses Produksi Batik Melalui Penerapan Mesin Pengering Batik Dan Kompor Pemanas Lilin Batik Semi Otomatis. *Otopro* 2017;p. 30–34.
3. Safitra RR, Firmansyah F, Haq ES. Pemberdayaan Masyarakat Desa Banjarsari Dengan Inovasi Canting Elektrik Dan Batik Smart Dryer Sebagai Upaya Peningkatan Produksi Pada Umkm Batik Rama. In: *Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV)*, vol. 7; 2021. p. 74–84.
4. Wardana C, Kuncoroadi RT, Pramudya AG, Rahayu S. Penerapan Alat Pengering Batik dengan Memanfaatkan Kalor Tungku Pelorotan guna Meningkatkan Efisiensi Produksi sebagai Antisipasi Cuaca yang Tidak Menentu;.
5. El Alami K, Asbik M, Agalit H. Identification of natural rocks as storage materials in thermal energy storage (TES) system of concentrated solar power (CSP) plants—A review. *Solar Energy Materials and Solar Cells* 2020;217:110599.
6. Wahyudi MZ, Pratama DW, Fitriani A, Setiadi H. Temperature Control using PI Controller. *Journal of Emerging Supply Chain, Clean Energy, and Process Engineering* 2022;1(1):75–83.
7. Kumar A, Singh KU, Singh MK, Kushwaha AKS, Kumar A, Mahato S. [Retracted] Design and Fabrication of Solar Dryer System for Food Preservation of Vegetables or Fruit. *Journal of Food Quality* 2022;2022(1):6564933.
8. Saini RK, Saini DK, Gupta R, Verma P, Thakur R, Kumar S, et al. Technological development in solar dryers from 2016 to 2021-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2023;188:113855.
9. Park S, Chang S, Oh SH, Kim SI, Kim W. Dependence of drying rate on interfacial thermal contact conductance in drum drying of thin materials. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 2024;221:125033.
10. Harshitha S, Shamanth S, Chari AK. A review of various controller techniques designed for the operational control of dc and servo motors. In: *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 2273 IOP Publishing; 2022. p. 012001.

**Cara mengutip artikel ini:** 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>.