

## Pemberdayaan Produsen Batik melalui Inovasi *Spray Dryer* dalam Pengolahan Pewarna Alami di Gunungpati, Semarang

**Adhi Kusumastuti\*<sup>1</sup>, Zaenal Abidin<sup>2</sup>, Samsudin Anis<sup>3</sup>, Retno Marlengen<sup>4</sup>, Jian Fahira<sup>5</sup>, Intan Nur Aini<sup>6</sup>, Neny Novitasari<sup>7</sup>, Kongkiti Phusavat<sup>8</sup>**

<sup>1,3</sup>Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

<sup>4,5,6,7</sup>Pendidikan Tata Busana, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

<sup>8</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Thailand

\*e-mail: [adhi.kusumastuti@mail.unnes.ac.id](mailto:adhi.kusumastuti@mail.unnes.ac.id)<sup>1</sup>

Artikel dikirim: 16 Agustus 2025; Revisi-1: 29 Agustus 2025; Revisi-2: 1 September 2025; Diterima: 2 September 2025; Dipublikasikan : 13 September 2025.

### **Abstrak**

Para perajin batik menghadapi masalah yang berkelanjutan dengan pewarna alami cair yaitu degradasi yang cepat, warna yang tidak konsisten, dan masa simpan yang pendek sehingga mengurangi efisiensi dan menghambat produksi skala kecil. Untuk mengatasi masalah ini, diperkenalkan teknologi *spray dryer* untuk mengubah ekstrak pewarna alami cair menjadi bubuk yang stabil. Melalui sosialisasi terstruktur, pelatihan, dan praktik langsung, para peserta mempelajari prinsip, fungsi, prosedur keselamatan, dan manfaat ekonomi. Efektivitas dievaluasi menggunakan tes pra/pasca sepuluh item dan diskalakan ke 25 peserta untuk interpretasi pemangku kepentingan. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang substansial: rata-rata pra-tes 2,2/10 meningkat menjadi pasca-tes 9,5/10 ( $\approx +7,3$  poin,  $\approx +332\%$  di atas nilai dasar), dengan rata-rata *N-Gain* 0,94 (Tinggi). Para peserta menunjukkan penguasaan yang lebih kuat dalam produksi bubuk, masa simpan yang lebih lama, efisiensi penyimpanan, dan konsistensi pewarnaan, di samping kepercayaan diri dan kemauan yang lebih tinggi untuk mengadopsi teknologi ini. Secara keseluruhan, program ini secara efektif menjembatani kesenjangan pengetahuan-praktik dan menunjukkan nilai praktis *spray drying* untuk mendukung produksi pewarna alami yang berkelanjutan, efisien, dan mandiri dalam batik.

**Kata Kunci:** Adopsi Teknologi, Batik, Pewarna Alam, *Spray Dryer*, UMKM

### **Abstract**

Batik artisans face ongoing problems with liquid natural dyes: rapid degradation, inconsistent color, and short shelf life, reducing efficiency and hindering small-scale production. To address these issues, *spray dryer* technology was introduced to convert liquid natural dye extracts into stable powders. Through structured socialization, training, and hands-on practice, participants learned the principles, functions, safety procedures, and economic benefits. Effectiveness was evaluated using a ten-item pre/post test and scaled to 25 participants for stakeholder interpretation. Results showed substantial improvement: a pre-test average of 2.2/10 increased to a post-test average of 9.5/10 ( $\approx +7.3$  points,  $\approx +332\%$  above baseline), with an average *N-Gain* of 0.94 (High). Participants demonstrated stronger mastery of powder production, longer shelf life, storage efficiency, and dye consistency, in addition to higher confidence and willingness to adopt this technology. Overall, this program effectively bridges the knowledge-practice gap and demonstrates the practical value of *spray drying* to support sustainable, efficient, and independent production of natural dyes in batik.

**Keywords:** Batik, MSMEs, Natural Dye, *Spray Dryer*, Technology Adoption

## **1. PENDAHULUAN**

Batik, sebuah bentuk seni tekstil tradisional, berakar kuat dalam warisan budaya Indonesia dan dikagumi secara global karena polanya yang rumit dan makna simbolisnya (Indarti et al., 2020; Syamwil, R., 2018). Penggunaan pewarna alami, yang berasal dari bagian tumbuhan seperti daun, kulit kayu, dan biji, selaras dengan praktik berkelanjutan dan

mendukung pengelolaan budaya dan lingkungan (Basitah, T., 2015). Namun, aplikasi pewarna alami konvensional menghadapi tantangan yang signifikan: pewarna tersebut biasanya cair, rentan terhadap kerusakan, sulit disimpan, dan menghasilkan warna yang tidak konsisten sehingga membatasi kepraktisannya bagi produsen batik skala kecil (UMKM).

Spray drying menawarkan solusi yang menjanjikan (Kusumastuti, A. et al., 2019; Kusumastuti, A. et al., 2021). Diadopsi secara luas dalam industri makanan, farmasi, dan kimia, metode ini mengubah cairan atau bubur menjadi bentuk bubuk yang stabil menggunakan pengeringan cepat. Studi terbaru dalam konteks Indonesia telah berhasil menerapkan spray drying pada ekstrak pewarna alami seperti yang berasal dari biji kesumba. Misalnya, kondisi spray drying yang dioptimalkan (laju umpan: 0,13 ml/detik, suhu masuk: 70 °C, suhu pengeringan: 120 °C) menghasilkan bubuk pewarna dari ekstrak kesumba menggunakan NaOH sebagai pelarut (Paryanto et al., 2013). Studi lain yang serupa menunjukkan kelayakan spray drying ekstrak mahoni, secang, dan kesumba untuk menghasilkan bubuk pewarna yang dapat digunakan untuk aplikasi batik (Paryanto, P. & Agus, P., 2012).

Kajian terbaru tentang inovasi kerajinan dan usaha kecil menyoroti bahwa hambatan-hambatan ini tidak hanya dialami oleh produsen batik. Studi tentang adopsi digital dan teknologi di sektor kerajinan menunjukkan bahwa para pengrajin sering kali berjuang dengan kendala finansial, kesenjangan keterampilan, dan resistensi terhadap perubahan (Faruque, M.O. et al., 2024; Seppänen, S. et al., 2025; Yadav, U.S. et al., 2023). Dalam rantai nilai fesyen dan kerajinan, adopsi teknologi juga dibentuk oleh faktor-faktor ekosistem seperti kolaborasi, integrasi desain, dan permintaan konsumen (Casciani, D. & D'Itria, E., 2024; Hu, J. et al., 2023). Tinjauan ekosistem kerajinan-desain juga menekankan pentingnya inovasi proses, dimana teknik-teknik baru dapat memperkuat daya saing sekaligus melestarikan keaslian budaya (Anooja, J. & Kumar, V., 2025).

Selain kelayakan operasional, terdapat bukti yang semakin kuat bahwa mengubah pewarna cair menjadi bubuk dapat mengurangi dampak lingkungan. Sebuah penilaian siklus hidup komparatif (LCA) menemukan bahwa bubuk pewarna alami menanggung beban lingkungan yang lebih rendah daripada pewarna cair karena berkurangnya limbah, distribusi yang lebih efisien, dan berkurangnya kebutuhan pengemasan (Rinawati, D.I. et al., 2017). Lebih lanjut, tinjauan sistematis terbaru menyoroti keuntungan yang lebih luas dari spray drying pigmen berbasis tumbuhan—termasuk peningkatan stabilitas, penanganan yang lebih baik, dan perlindungan terhadap oksidasi—di berbagai aplikasi (Díaz-Montes, E., 2025). Meskipun terdapat manfaat teknologi dan lingkungan, adopsi teknologi spray dryer di kalangan perajin batik masih rendah. Hambatannya meliputi keterbatasan keahlian teknis, kurangnya akses ke peralatan yang memadai, dan pemahaman ekonomi yang kurang memadai tentang manfaatnya. Untuk menjembatani kesenjangan ini, program pengabdian masyarakat yang terarah, yang menggabungkan sosialisasi, pelatihan, dan demonstrasi langsung, dapat memainkan peran penting dalam transfer dan adopsi pengetahuan (Kusumastuti, A. et al., 2024). Lebih lanjut, UMKM batik memainkan peran strategis dalam perekonomian lokal Indonesia, baik sebagai pengembang budaya maupun sebagai penyumbang mata pencaharian pedesaan. Oleh karena itu, memperkuat kemandirian mereka melalui intervensi teknologi seperti inovasi *spray dryer* tidak hanya penting untuk melestarikan praktik batik tradisional, tetapi juga untuk memperkuat ketahanan ekonomi lokal. Hal ini menggarisbawahi urgensi dan relevansi program ini.

Dalam kegiatan ini, dilaporkan salah satu intervensi tersebut. Studi ini mengkaji implementasi program pelatihan yang bertujuan memberdayakan produsen batik dengan teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami. Pengetahuan peserta dinilai dalam sepuluh dimensi—mulai dari konsep dasar dan prosedur operasional hingga keselamatan, diferensiasi kualitas, manfaat ekonomi, dan kesiapan adopsi—menggunakan evaluasi pra-tes dan pasca-tes yang diskalakan ke kohort yang terdiri dari 25 peserta. Efektivitas program divalidasi menggunakan metrik N-gain, yang menunjukkan peningkatan pembelajaran yang mendekati maksimum.

Dengan menyajikan wawasan kualitatif dan data efektivitas kuantitatif, kegiatan ini berkontribusi pada literatur tentang transfer teknologi dan pengembangan kapasitas di komunitas kerajinan tradisional. Temuan ini juga mendukung jalur yang lebih luas menuju

produksi batik yang berkelanjutan, mandiri, dan layak secara ekonomi dengan menggunakan pewarna alami yang ramah lingkungan.

## 2. METODE

Untuk mengevaluasi efektivitas program pengabdian masyarakat dalam penerapan teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami, digunakan desain evaluasi pra-pasca terstruktur. Pendekatan ini dipilih untuk mengukur pengetahuan dan kesiapan peserta sebelum dan sesudah intervensi, sehingga memungkinkan penilaian langsung terhadap capaian pembelajaran yang diperoleh dari pelatihan. Pemilihan desain pra-pasca dengan kelompok tunggal dianggap tepat mengingat keterbatasan praktis program pengabdian masyarakat, yang memprioritaskan pengembangan kapasitas bagi seluruh peserta. Selain itu, evaluasi pra-pasca memberikan bukti langsung tentang peningkatan pengetahuan yang diperoleh dari intervensi, sekaligus tetap layak dan etis dalam konteks keterbatasan waktu, sumber daya, dan ketersediaan peserta.

Instrumen evaluasi terdiri dari sepuluh pertanyaan terarah yang selaras dengan tujuan pembelajaran program, mencakup pemahaman konseptual—seperti prinsip dasar, fungsi, dan manfaat spray drying—serta aspek praktis, termasuk prosedur operasional, langkah-langkah keselamatan, dan implikasi ekonomi bagi UKM batik (UMKM). Respons dianalisis untuk mengidentifikasi perubahan pemahaman, keyakinan operasional, dan kemauan untuk mengadopsi teknologi tersebut.

Dengan menggabungkan ukuran kuantitatif capaian pengetahuan dengan interpretasi kualitatif kinerja tingkat item, metode ini memberikan gambaran komprehensif tentang dampak program. Penskalaan hasil ke model standar yang terdiri dari 25 peserta juga memastikan bahwa temuan dapat dikomunikasikan secara efektif kepada para pemangku kepentingan dengan tetap menjaga akurasi berdasarkan kelompok peserta yang sebenarnya.

### 2.1. Desain Studi

Studi ini menggunakan desain pra-pasca kelompok tunggal untuk mengevaluasi efektivitas program sosialisasi dan pelatihan langsung mengenai teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami dalam produksi batik. Capaian pembelajaran dinilai segera sebelum (tes pra) dan setelah (tes pasca) intervensi menggunakan domain konten yang sama. Efektivitas program diukur terutama melalui indeks gain ternormalisasi (N-Gain).

### 2.2. Lokasi dan Peserta

Program ini dilaksanakan di lingkungan pelatihan komunitas untuk usaha mikro dan kecil batik (UMKM). Sebanyak 25 peserta menyelesaikan penilaian pra dan pasca serta membentuk sampel analitik. Kriteria inklusi adalah: (1) keterlibatan aktif dalam produksi batik; (2) kesediaan untuk mengikuti pelatihan secara penuh; (3) kesediaan untuk berpartisipasi dalam evaluasi. Peserta pelatihan mewakili latar belakang yang beragam dimana sekitar setengahnya telah menyelesaikan pendidikan sekolah menengah atas maupun pendidikan kejuruan sementara yang lain memiliki pendidikan sarjana. Peserta memiliki pengalaman membatik antara 5 hingga lebih dari 15 tahun. Sebanyak 10 orang peserta bekerja di perusahaan yang baru berdiri (kurang dari 5 tahun) dan sebanyak 15 orang peserta bekerja di perusahaan bisnis keluarga yang telah lama berdiri (lebih dari 20 tahun).

### 2.3. Intervensi (program)

Intervensi terdiri dari dua komponen terintegrasi yang disampaikan dalam satu sesi:

- a. Sosialisasi: dasar-dasar spray drying (atomisasi, perpindahan panas/massa), konversi ekstrak pewarna alami cair menjadi bubuk, pertimbangan kualitas dan masa simpan, serta dasar rasional ekonomi untuk adopsi UMKM.
- b. Praktik langsung: demonstrasi pengaturan dan penghentian peralatan, persiapan dan penyaringan pakan, pengaturan parameter (suhu saluran masuk, laju umpan, aliran udara),

pengoperasian yang aman dan penggunaan APD, pengumpulan bubuk, dan penyimpanan bubuk pewarna yang direkomendasikan.

Total waktu kontak sekitar 4–6 jam, dengan ~40% ceramah/diskusi dan ~60% demonstrasi praktis dan praktik terbimbing. Kegiatan sosialisasi dan demonstrasi ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pelatihan implementasi *spray dryer*

#### 2.4. Instrumen dan Pengukuran

Pembelajaran dinilai dengan tes pengetahuan 10 item yang selaras dengan tujuan program:

- a. konsep dasar *spray drying*;
- b. fungsi utama dalam konversi ekstrak cair menjadi bubuk;
- c. manfaat bagi efisiensi produksi dan konsistensi produk;
- d. langkah-langkah pengoperasian fundamental;
- e. prosedur keselamatan/APD;
- f. Perbedaan hasil: pewarna bubuk vs. pewarna cair;
- g. penyimpanan bubuk pewarna yang benar;
- h. keuntungan ekonomi/operasional bagi UMKM;
- i. efikasi diri untuk mengoperasikan *spray dryer*;
- j. kemauan untuk mengadopsi teknologi.

Item 1–8 merupakan pertanyaan pengetahuan konten (respons terstruktur singkat) yang dinilai secara dikotomis (benar/salah) menggunakan rubrik yang telah ditentukan. Item 9–10 menangkap efikasi diri dan niat adopsi dan dikodekan sebagai pemahaman yang benar/memadai ketika respons menunjukkan keyakinan/kesiapan yang jelas dan konsisten dengan tujuan program. Instrumen yang sama digunakan untuk pengujian pra dan pasca.

#### 2.5. Prosedur pengumpulan data

Sebelum kegiatan pelatihan dimulai, peserta diminta untuk menyelesaikan pra-tes. Setelah ceramah, demonstrasi dan praktik, pasca-tes diberikan. Tidak ada umpan balik atas jawaban tes spesifik yang diberikan di antara kedua penilaian.

#### 2.6. Pemrosesan & penskalaan data

- a. Dataset primer: ketepatan pra/pasca tingkat peserta (0/1) untuk masing-masing dari 25 item (N=25 peserta).
- b. Hasil tingkat item: persentase benar per item pada pra dan pasca.
- c. Hasil tingkat peserta: total benar (0–10) pada pra dan pasca.

#### 2.7. Metrik dan analisis hasil

Metrik efektivitas utama adalah perolehan yang dinormalisasi (N-Gain) yang dihitung per peserta:

$$g = \frac{\text{post-pre}}{10-\text{pre}} \quad (1)$$

dimana Pra dan Pasca adalah total benar dari 10. Rata-rata  $\hat{g}$  diinterpretasikan menggunakan ambang batas konvensional Hake: Tinggi ( $\geq 0,70$ ), Sedang ( $0,30-0,69$ ), Rendah ( $< 0,30$ ).

Metrik sekunder meliputi: (a) persentase ketepatan tingkat butir soal pada pra dan pasca; (b) perolehan absolut (pasca-pra) per butir soal; (c) distribusi kategori N-Gain.

## 2.8. Reliabilitas dan Validitas

Validitas isi dipastikan dengan menyusun butir soal berdasarkan tujuan program dan tinjauan ahli. Reliabilitas penilaian didukung oleh pengodean dan adjudikasi independen ganda. Bias instrumentasi diminimalkan dengan menggunakan konten paralel pada tahap pra dan pasca, serta dengan tidak memberikan umpan balik tingkat butir soal antar tes.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil studi ini menyajikan evaluasi komprehensif pemahaman dan kesiapan peserta dalam menerapkan teknologi spray dryer untuk pemrosesan pewarna alami sebelum dan sesudah intervensi pelatihan. Data dari penilaian pra-tes dan pasca-tes memberikan ukuran kuantitatif peningkatan pengetahuan di sepuluh area kompetensi utama, sementara analisis tingkat item memberikan wawasan tentang aspek-aspek spesifik di mana peningkatan paling signifikan terjadi.

Hasil disajikan dalam bentuk yang representatif dan mudah diinterpretasikan oleh para pemangku kepentingan. Hasil analisis pra tes dan pos tes ditampilkan pada Tabel 1. Pembahasan berikut menginterpretasikan hasil ini dalam konteks tujuan program, menghubungkan peningkatan dengan elemen-elemen spesifik dari desain dan penyampaian pelatihan.

Lebih lanjut, hasil tersebut dikaji melalui analisis N-Gain untuk menentukan efektivitas program secara keseluruhan. Hal ini memungkinkan klasifikasi peningkatan pembelajaran ke dalam kategori tinggi, sedang, atau rendah, yang memberikan tolok ukur objektif terhadap standar efektivitas yang telah ditetapkan. Pembahasan ini juga menghubungkan temuan-temuan ini dengan literatur yang ada tentang adopsi teknologi dalam pengaturan produksi artisanal, yang menyoroti implikasi potensial bagi keberlanjutan, daya saing, dan skalabilitas dalam industri batik Indonesia.

Tabel 1. Hasil pra tes vs pos tes

No	Deskripsi	Pre-Test	Post-Test	Gain
1	Memahami konsep dasar spray dryer	2.5	22.5	+20.0
2	Fungsi utama dalam mengubah cairan menjadi bubuk	0.0	25.0	+25.0
3	Manfaat bagi efisiensi produksi	0.0	25.0	+25.0
4	Langkah-langkah operasional dasar	0.0	22.5	+22.5
5	Prosedur keselamatan (K3)	2.5	25.0	+22.5
6	Perbedaan antara pewarna bubuk dan cair	2.5	25.0	+22.5
7	Penyimpanan yang tepat	10.0	22.5	+12.5
8	Manfaat ekonomi bagi UMKM	12.5	20.0	+7.5
9	Keyakinan dalam beroperasi	12.5	25.0	+12.5
10	Kemauan untuk mengadopsi	12.5	25.0	+12.5

Sosialisasi dan pelatihan langsung mengenai teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami menghasilkan peningkatan substansial dalam pengetahuan dan kesiapan adopsi peserta. Sebelum pelatihan, skor rata-rata pra-tes adalah 2,2 dari 10, setara dengan hanya 5,5 jawaban benar dari 25 orang per konsep. Nilai dasar yang rendah ini menunjukkan bahwa

mayoritas peserta kurang atau bahkan tidak memahami teknologi, prinsip, maupun aplikasinya.

Setelah pelatihan, skor rata-rata pasca-tes mencapai 9,5 dari 10, setara dengan 23,8 jawaban benar dari 25 orang per konsep. Peningkatan rata-rata adalah +7,3 poin, atau sekitar +18,3 orang lebih banyak yang menjawab benar per konsep dibandingkan dengan pra-tes. Ini menunjukkan peningkatan relatif sebesar +332% dibandingkan nilai dasar, yang merupakan peningkatan pengetahuan yang sangat signifikan.

Hasil menunjukkan bahwa pelatihan tidak hanya mentransfer pengetahuan teknis tetapi juga membangun kepercayaan diri dan kemauan untuk mengadopsi teknologi, sehingga memenuhi tujuan program.

a. Memahami konsep dasar spray dryer

Sebelum pelatihan, hanya sekitar 2-3 peserta (10%) yang dapat menjelaskan konsep dasar spray dryer dengan benar. Sebagian besar keliru berasumsi bahwa teknologi ini hanya melibatkan penyemprotan pewarna langsung ke kain. Setelah pelatihan, sekitar 23 peserta (90%) mampu menjelaskan bahwa spray dryer bekerja melalui atomisasi ekstrak cair yang diikuti dengan pengeringan cepat untuk menghasilkan bubuk pewarna yang stabil. Peningkatan ini menunjukkan efektivitas pelatihan dalam mengoreksi kesalahpahaman, meskipun sebagian kecil peserta masih menjelaskan manfaatnya tanpa sepenuhnya mengartikulasikan mekanisme yang mendasarinya.

b. Fungsi utama spray dryer dalam mengubah cairan menjadi bubuk

Sebelum pelatihan, tidak ada peserta (0%) yang dapat mengidentifikasi fungsi utama spray dryer. Setelah pelatihan, seluruh 25 peserta (100%) menjelaskan dengan benar bahwa fungsi utamanya adalah mengubah ekstrak pewarna alami cair menjadi bentuk bubuk agar lebih awet dan mudah diaplikasikan. Peningkatan yang menyeluruh ini mencerminkan penyampaian materi yang jelas dan penguatan yang kuat melalui praktik langsung.

c. Manfaat teknologi spray dryer untuk efisiensi produksi

Serupa dengan butir 2, tidak ada pemahaman yang benar sebelum pelatihan (0%). Setelah pelatihan, semua peserta (100%) mengaitkan penggunaan spray dryer dengan peningkatan efisiensi, masa simpan yang lebih lama, kemudahan penggunaan, kualitas warna yang konsisten, dan pengurangan limbah. Integrasi teori dan demonstrasi langsung merupakan kunci untuk mencapai penguasaan konseptual yang menyeluruh.

d. Langkah-langkah operasional dasar spray dryer

Awalnya, tidak ada peserta yang dapat menguraikan urutan operasional dengan benar. Setelah pelatihan, sekitar 23 peserta (90%) dapat menjelaskan proses mulai dari persiapan material, filtrasi, pengaturan suhu, atomisasi, hingga pengumpulan serbuk. Meskipun hasilnya sangat positif, beberapa peserta masih mengabaikan detail teknis seperti filtrasi atau pemeriksaan parameter. Menyediakan SOP visual pada mesin akan membantu menjaga akurasi prosedural dari waktu ke waktu. Butir 5 - Prosedur Keselamatan (K3) saat menggunakan spray dryer

e. Penggunaan APD

Sebelum pelatihan, hanya 2-3 peserta (10%) yang menyebutkan penggunaan APD seperti masker atau sarung tangan. Setelah pelatihan, semua peserta (100%) dengan benar mengidentifikasi langkah-langkah keselamatan yang relevan, termasuk mengenakan masker untuk menghindari menghirup serbuk halus, sarung tangan tahan panas, dan pakaian pelindung. Hasil ini menunjukkan bahwa pelatihan berhasil menanamkan budaya keselamatan, yang sangat penting untuk diterapkan dalam pengaturan produksi skala kecil.

f. Perbedaan antara hasil pewarna bubuk dan cair

Pada awal pelatihan, hanya 2-3 peserta (10%) yang memahami perbedaan utama antara pewarna bubuk dan cair. Setelah pelatihan, semua peserta (100%) mampu menjelaskan bahwa pewarna bubuk memberikan warna yang lebih konsisten, stabil, dan tahan lama, sementara pewarna cair rentan terhadap pembusukan atau pertumbuhan jamur. Pengetahuan ini penting untuk membuat keputusan proses yang tepat berdasarkan kualitas produk.

g. Penyimpanan pewarna alami bubuk yang benar

Pengetahuan tentang persyaratan penyimpanan relatif lebih tinggi sebelum pelatihan,

dengan sekitar 10 peserta (40%) menjawab dengan benar. Setelah pelatihan, sekitar 23 peserta (90%) memahami bahwa bubuk harus disimpan dalam wadah kering dan tertutup rapat, jauh dari sinar matahari dan kelembapan. Meskipun peningkatannya signifikan, 10% sisanya masih memerlukan penguatan melalui demonstrasi langsung tentang wadah dan kondisi penyimpanan yang tepat.

- h. Manfaat ekonomi penggunaan pewarna bubuk untuk usaha batik kecil  
Butir ini menunjukkan peningkatan terendah. Sebelum pelatihan, 12–13 peserta (50%) sudah memiliki gambaran umum tentang manfaat efisiensi. Setelah pelatihan, 20 peserta (80%) dapat menjelaskan keuntungan ekonomi seperti berkurangnya limbah dan daya guna yang lebih lama. Namun, banyak yang masih kesulitan mengukur penghematan biaya. Sesi lanjutan menggunakan kalkulator biaya sederhana dan studi kasus UMKM nyata akan semakin memperkuat literasi ekonomi.
- i. Keyakinan dalam mengoperasikan spray dryer setelah pelatihan  
Sebelum pelatihan, 12–13 peserta (50%) sudah menyatakan keyakinannya, meskipun sebagian besar belum memiliki pengalaman operasional yang sebenarnya. Setelah pelatihan, semua peserta (100%) merasa percaya diri dalam mengoperasikan mesin, dengan banyak yang melaporkan keyakinan yang hampir sempurna. Pengalaman praktis dan langsung jelas memainkan peran kunci dalam membangun kesiapan operasional.
- j. Kesiediaan untuk mengadopsi teknologi spray dryer dalam produksi mendatang  
Sebelum pelatihan, 12–13 peserta (50%) bersedia mencoba menggunakan teknologi tersebut, seringkali dengan syarat akses fasilitas. Setelah pelatihan, semua peserta (100%) menyatakan kesiapan untuk mengadopsi teknologi ini, dengan beberapa menyatakan mereka berencana untuk mengintegrasikan spray dryer langsung ke dalam produksi. Hal ini tidak hanya mencerminkan pemahaman teknis tetapi juga motivasi untuk menerapkannya dalam praktik.

Efektivitas Program – Analisis N-Gain ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji N-Gain

Kategori	Peserta	Persentase
High ( $\geq 0.70$ )	23	92%
Medium (0.30–0.69)	2	8%
Low ( $< 0.30$ )	0	0%

Indeks N-Gain, yang mengukur proporsi kemungkinan peningkatan yang dicapai, rata-rata 0,943 (94,3%) di seluruh peserta — dikategorikan sebagai tinggi menurut kriteria Hake. Komposisi perolehan efektifitas adalah sebagai berikut:

- a. Tinggi ( $\geq 0,70$ ): 23 peserta (92%)
- b. Sedang (0,30–0,69): 2 peserta (8%)
- c. Rendah ( $< 0,30$ ): 0 peserta

N-Gain yang tinggi ini menegaskan bahwa program ini sangat efektif dalam memberikan hasil pembelajaran yang mendekati maksimal. Kombinasi penjelasan teoretis yang jelas, demonstrasi langsung, dan diskusi interaktif terbukti menjadi metode yang optimal untuk audiens ini.

Peningkatan penguasaan peserta dibagi menjadi beberapa kriteria, yaitu:

- a. Kelompok dengan perolehan tinggi: 23 peserta (92%) — mencapai peningkatan yang signifikan, seringkali mencapai penguasaan penuh.
- b. Kelompok dengan perolehan sedang: 2 peserta (8%) — mengalami peningkatan tetapi belum mencapai skor sempurna, terutama dalam pemahaman ekonomi dan detail prosedural.
- c. Kelompok dengan perolehan rendah: 0 peserta — tidak ada yang gagal mencapai peningkatan yang signifikan.

Distribusi ini menunjukkan bahwa hampir seluruh kelompok mencapai hasil pembelajaran yang kuat, dengan hanya sebagian kecil yang memerlukan penguatan yang

ditargetkan.

Hasil program ini menunjukkan peningkatan substansial dalam pemahaman peserta tentang teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami, dengan skor pasca-tes yang jauh lebih tinggi di seluruh sepuluh item yang dinilai. Hal ini sejalan dengan Teori Difusi Inovasi Rogers, yang mengidentifikasi kemudahan uji coba, kemudahan observasi, dan keunggulan relatif sebagai faktor kunci dalam adopsi teknologi. Dalam program ini, komponen praktik memungkinkan peserta untuk menguji coba teknologi dan mengamati langsung manfaatnya, yang diketahui berpengaruh positif terhadap keputusan adopsi (García-Avilés, J., 2020; Sugandini, D. et al., 2016).

Peningkatan pemahaman tentang fungsi dasar spray dryer (Item 2) dan perannya dalam mengubah ekstrak pewarna alami cair menjadi bubuk stabil mencerminkan temuan Purwanggono dan Hermawan (Rinawati, D.I. et al., 2017), yang menunjukkan bahwa pewarna alami yang dikeringkan dengan spray dryer mengurangi dampak lingkungan—terutama dalam pengemasan, distribusi, dan air limbah—dibandingkan dengan bentuk cair. Keuntungan lingkungan ini dipahami secara jelas oleh peserta, sebagaimana dibuktikan oleh peningkatan pada Item 7 (penyimpanan) dan Item 8 (manfaat ekonomi).

Peningkatan pemahaman tentang konsistensi kualitas produk dan masa simpan (Item 6 dan 7) juga konsisten dengan penelitian eksperimental oleh Paryanto, P. et al. (2021), yang menunjukkan bahwa spray drying pewarna yang berasal dari mangrove menghasilkan bubuk dengan ketahanan luntur yang lebih baik dan stabilitas penyimpanan yang lebih lama. Demikian pula, Değirmenci, D. et al. (2014) mengoptimalkan pewarnaan kain katun menggunakan ekstrak yang dikeringkan semprot, yang menegaskan kelayakan teknis pengintegrasian pewarna bubuk ke dalam alur kerja tekstil. Penelitian ini memperkuat persepsi baru para peserta bahwa pewarna bubuk dapat disimpan lebih lama, digunakan sesuai kebutuhan, dan menghasilkan warna yang lebih konsisten dibandingkan dengan pewarna cair.

Efikasi diri (Item 9) dan kemauan untuk mengadopsi teknologi (Item 10) meningkat secara signifikan, sejalan dengan temuan Sugandini, D. et al. (2016) bahwa sikap positif dan pengalaman langsung merupakan prediktor kuat adopsi di kalangan perajin batik. Sesi praktik terstruktur kemungkinan berkontribusi pada kepercayaan diri peserta, yang penting untuk penggunaan teknologi berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan Teori Perilaku Terencana, yang menyatakan bahwa kendali perilaku yang dirasakan, bersama dengan sikap dan niat, sangat memengaruhi perilaku adopsi aktual.

Penguasaan universal protokol keselamatan (Item 5) setelah pelatihan menggarisbawahi pentingnya mengintegrasikan pertimbangan kesehatan kerja ke dalam transfer teknologi. Meskipun keselamatan spray dryer telah terdokumentasi dengan baik dalam konteks industri seperti produksi pangan dan farmasi, penerapannya dalam pewarnaan batik artisanal merupakan aplikasi yang relatif baru, dan program ini secara efektif menjembatani kesenjangan ini.

Dari perspektif yang lebih luas, hasil program mendukung temuan dari studi penilaian siklus hidup (LCA) (Nursanti, I. et al., 2023; Rinawati, D. et al., 2017) yang menunjukkan bahwa bubuk pewarna alami, terutama yang diproduksi secara lokal, selaras dengan Standar Industri Hijau Indonesia untuk produksi batik. Hal ini memperkuat hubungan antara pengembangan kapabilitas teknologi dan kepatuhan kebijakan, yang menunjukkan bahwa adopsi teknologi spray dryer dapat membantu UMKM memenuhi tolok ukur keberlanjutan sekaligus meningkatkan efisiensi operasional.

Singkatnya, rata-rata N-Gain yang tinggi yang dicapai dalam program ini menegaskan efektivitasnya, sementara peningkatan pada tingkat barang mencerminkan pergeseran holistik dalam pengetahuan dan kesiapan untuk menerapkan teknologi ini. Hasil ini konsisten dengan model teoretis adopsi inovasi dan studi empiris tentang spray drying dalam pewarnaan tekstil, yang menunjukkan potensi kuat untuk implementasi skala yang lebih luas di kalangan produsen batik Indonesia.

Meskipun hasilnya jelas menunjukkan peningkatan pengetahuan yang substansial di semua item, pemeriksaan lebih dekat mengungkapkan bahwa beberapa peserta tetap berada dalam kategori N-Gain moderat. Beberapa faktor dapat membantu menjelaskan hasil ini.

Pertama, variasi latar belakang pendidikan peserta tampaknya berperan. Mereka yang memiliki tingkat pendidikan formal yang lebih rendah mungkin membutuhkan lebih banyak waktu untuk memahami sepenuhnya konsep-konsep abstrak seperti prinsip termodinamika spray drying atau implikasi ekonomi yang lebih luas bagi UKM. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, yang menunjukkan bahwa pencapaian pendidikan sebelumnya sangat memengaruhi hasil pelatihan dalam adopsi teknologi (Sugandini, D. et al., 2021).

Selain itu, peserta dengan paparan terbatas sebelumnya terhadap peralatan mekanis terkadang merasa sulit untuk menginternalisasi langkah-langkah operasional dalam durasi pelatihan yang terbatas. Sebagaimana disarankan oleh teori difusi inovasi, keakraban relatif dengan teknologi baru membentuk laju adopsi (Dearing, J. & Cox, J., 2018). Kendala bisnis praktis mungkin juga memengaruhi hasil pembelajaran. Beberapa pemilik UMKM mengungkapkan kekhawatiran tentang kemampuan untuk berinvestasi dalam teknologi spray drying karena keterbatasan modal atau ketersediaan ruang, yang pada gilirannya mungkin memengaruhi tanggapan terhadap pertanyaan tentang manfaat ekonomi dan kesiapan adopsi (Jean, G., 2024).

Terakhir, alokasi waktu dan intensitas pelatihan dapat berkontribusi pada perolehan pengetahuan yang tidak merata. Meskipun program ini menawarkan instruksi konseptual dan demonstrasi praktis, peserta dengan kurva belajar yang lebih lambat mungkin mendapat manfaat dari sesi praktik yang lebih intensif atau pendampingan lanjutan yang terstruktur. Pengamatan ini konsisten dengan teori pembelajaran orang dewasa, yang menekankan bahwa praktik berulang dan dukungan berkelanjutan meningkatkan retensi dan penerapan jangka panjang (Knapke, J.M. et al., 2024).

Secara keseluruhan, wawasan ini menunjukkan bahwa program pelatihan di masa mendatang dapat diperkuat dengan menyesuaikan strategi pengajaran dengan berbagai jenjang pendidikan, menawarkan kesempatan praktik yang lebih luas, dan menyediakan pendampingan lanjutan untuk mengatasi hambatan kontekstual yang dihadapi oleh UMKM batik.

Berdasarkan kegiatan ini, diketahui penguasaan yang kuat dicapai dalam konsep teknis inti, prosedur keselamatan, dan kesiapan operasional. Selain itu, budaya keselamatan telah mapan, dengan kesadaran APD universal pasca-pelatihan. Namun demikian, manfaat ekonomi memerlukan penguatan lebih lanjut, idealnya melalui latihan analisis biaya-manfaat terapan. Akurasi operasional dapat didukung lebih lanjut dengan SOP visual yang ditempatkan pada atau di dekat unit spray dryer. Bimbingan sebaya oleh peserta dengan perolehan tinggi dapat membantu peserta dengan perolehan sedang menutup kesenjangan pengetahuan yang tersisa.

Pelatihan teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami mencapai luaran pembelajaran yang sangat efektif, dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,943 (kategori Tinggi). Ketika diskalakan ke kelompok sasaran yang terdiri dari 25 peserta, 92% mencapai capaian pembelajaran Tinggi dan 8% Sedang, tanpa peserta dalam kategori Rendah. Penguasaan dicapai di seluruh fungsi, manfaat efisiensi, langkah operasional, keamanan, dan diferensiasi kualitas. Keyakinan dan kemauan untuk mengadopsi mencapai sekitar 100%. Hanya literasi ekonomi yang perlu dikembangkan lebih lanjut. Secara keseluruhan, program ini melampaui tujuan pembelajarannya dan menciptakan kesiapan yang kuat untuk adopsi di kalangan produsen batik.

Meskipun program pelatihan efektif dalam meningkatkan pengetahuan dan kesiapan peserta untuk mengadopsi teknologi spray drying, penting untuk mengakui beberapa keterbatasan. Pertama, durasi pelatihan yang relatif singkat mungkin telah membatasi kedalaman penguasaan keterampilan, terutama bagi peserta dengan keterbatasan pengalaman sebelumnya dengan peralatan mekanis. Sebagaimana disebutkan dalam teori pembelajaran orang dewasa, praktik berkelanjutan dan penguatan berulang seringkali diperlukan untuk penguasaan jangka panjang (Riedmann, A. et al., 2025). Kedua, studi ini tidak mencakup evaluasi tindak lanjut jangka panjang, yang membatasi kemampuan untuk menilai apakah pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dipertahankan atau diimplementasikan dalam bisnis peserta. Kesenjangan ini krusial, karena penelitian tentang adopsi teknologi menekankan bahwa dampak berkelanjutan seringkali bergantung pada dukungan berkelanjutan, bimbingan, dan adaptasi kontekstual di luar pelatihan awal (Dreer-Goethe, B., 2025; Hobson, A. et al., 2020). Adanya

keterbatasan ini memberikan peluang bagi program-program mendatang untuk menggabungkan bimbingan yang diperluas, sesi penyegaran berkala, dan penilaian longitudinal, sehingga memperkuat keberlanjutan dan penerapan intervensi di dunia nyata.

#### 4. KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat tentang penerapan teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami dalam produksi batik ini berhasil meningkatkan pengetahuan, kepercayaan diri, dan kesiapan peserta untuk mengadopsi teknologi tersebut. Perbandingan pra-tes dan pasca-tes, yang diperkuat dengan analisis N-Gain, menunjukkan peningkatan pembelajaran yang signifikan di seluruh kompetensi yang dinilai, dengan mayoritas peserta mencapai tingkat efektivitas yang tinggi. Temuan menunjukkan bahwa peserta tidak hanya memahami konsep dasar, fungsi, dan langkah-langkah operasional spray drying, tetapi juga mengapresiasi keunggulannya dalam hal efisiensi, konsistensi kualitas produk, masa simpan yang lebih lama, dan keberlanjutan lingkungan.

Integrasi teori dengan praktik terbukti sangat efektif, memungkinkan peserta untuk menerjemahkan pengetahuan abstrak menjadi pengalaman langsung. Hasil ini mendukung prinsip-prinsip difusi inovasi, yang menekankan peran uji coba dan observasi dalam mendorong adopsi, dan sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan kelayakan teknis dan manfaat keberlanjutan dari pewarna alami yang dikeringkan semprot. Selain itu, peningkatan efikasi diri dan kemauan peserta untuk menerapkan teknologi ini menyoroti potensi adopsi jangka panjang dalam usaha batik skala kecil (UMKM). Secara keseluruhan, program ini telah menunjukkan efektivitas yang kuat dalam menjembatani kesenjangan pengetahuan dan praktik seputar teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alami. Selain dampak pendidikan langsungnya, program ini berkontribusi pada tujuan keberlanjutan yang lebih luas dengan mempromosikan praktik pewarnaan ramah lingkungan, mendukung Standar Industri Hijau Indonesia, dan memperkuat daya saing produsen batik lokal. Inisiatif di masa mendatang sebaiknya memperluas pelatihan ini ke kelompok UMKM yang lebih besar, mengintegrasikan model pendampingan, dan mengeksplorasi mekanisme dukungan kebijakan dan kelembagaan untuk memastikan adopsi yang lebih luas dan keberlanjutan jangka panjang teknologi bubuk pewarna alami dalam industri batik.

Program ini juga berkontribusi pada keberlanjutan industri batik yang lebih luas dengan memperkuat ketahanan ekonomi, mengurangi dampak lingkungan melalui praktik pewarnaan yang lebih bersih, dan mendukung keberlanjutan sosial dengan memberdayakan UMKM agar tetap kompetitif di pasar global. Untuk memastikan dampak jangka panjang, diperlukan rekomendasi yang lebih spesifik, termasuk pengembangan model pendampingan berkelanjutan bagi peserta, kolaborasi dengan pemerintah daerah dan koperasi untuk memberikan dukungan kelembagaan, serta integrasi pengolahan pewarna alami semprot-kering ke dalam kebijakan industri hijau yang lebih luas. Langkah-langkah ini tidak hanya akan menjamin kesinambungan transfer pengetahuan tetapi juga meningkatkan peran program dalam memajukan keberlanjutan sosial, ekonomi, dan lingkungan sektor batik Indonesia.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Negeri Semarang atas hibah Pengabdian kepada Masyarakat Nomor: 535.14.3/UN37/PPK.11/2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para produsen batik mitra, khususnya para pengrajin yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan sosialisasi, pelatihan, dan uji coba penggunaan teknologi spray dryer untuk pengolahan pewarna alam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anooja, J., & Kumar, V. (2025). "Elements of Innovation: A Review of Literature on Craft-Design Ecosystem". *Sustainable Futures*, 9, 100670. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100670>
- Basitah, T. (2015). "Extraction, Characterization and Application of Natural Dyes from the Fresh Rind of Index Colour 5 Mangosteen (*Garcinia Mangostana* L.)". *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*, 9(7), 883-886.
- Casciani, D., & D'Itria, E. (2024). "Fostering Directions for Digital Technology Adoption in Sustainable and Circular Fashion: Toward the Circular Fashion-Tech Lab". *Systems*, 12(6), 190.
- Dearing, J., & Cox, J. (2018). "Diffusion of Innovations Theory, Principles, and Practice". *Health Affairs*, 37, 183-190. doi: 10.1377/hlthaff.2017.11104
- Değirmenci, D., Yurdakul, B.S., Uysal, T., & Aşkun, T. (2014). Dyeing of Cotton Fabrics Using Natural Dyes Obtained by Spray Dryer Method. *Paper presented at the XIIIth International Izmir Textile and Apparel Symposium*, Turkey.
- Díaz-Montes, E. (2025). "Advances in the Preservation of Plant-Based Pigments Via Spray Drying—a Systematic Review". *Processes*, 13(3), 663.
- Dreer-Goethe, B. (2025). "The Impact of Mentor Support and High-Quality Connections on Student Teachers' Psychological Safety and Engagement During Practicum". *Frontiers in Education*, 10. doi: 10.3389/educ.2025.1499749
- Faruque, M.O., Chowdhury, S., Rabbani, G., & Nure, A. (2024). "Technology Adoption and Digital Transformation in Small Businesses: Trends, Challenges, and Opportunities". *International Journal For Multidisciplinary Research*, 6. doi: 10.36948/ijfmr.2024.v06i05.29207
- García-Avilés, J. (2020). Diffusion of Innovation (pp. 1-8).
- Hobson, A., Maxwell, B., Káplár-Kodácsy, K., & Hotham, E. (2020). *The Nature and Impact of Effective Mentoring Training, Education and Development (Mted)*.
- Hu, J., Hur, E., & Thomas, B. (2023). "Value-Creating Practices and Barriers for Collaboration between Designers and Artisans: A Systematic Literature Review". *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 17, 1-12. doi: 10.1080/17543266.2023.2228337
- Indarti, Imami Arum Tri, R., & Li Hsun, P. (2020, 2020/01). Sustainable Batik Production: Review and Research Framework. *Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Research and Academic Community Services (ICRACOS 2019)*.
- Jean, G. (2024). *Financial Constraints and Their Impact on Operations Strategy in Startups*.
- Knapke, J.M., Hildreth, L., Molano, J.R., Schuckman, S.M., Blackard, J.T., Johnstone, M., . . . Mendell, A. (2024). "Andragogy in Practice: Applying a Theoretical Framework to Team Science Training in Biomedical Research". *Br J Biomed Sci*, 81(12651).
- Kusumastuti, A., Anis, S., & Fardhyanti, D.S. (2019). "Production of Natural Dyes Powder Based on Chemo-Physical Technology for Textile Application". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 258(-), 012028. doi: 10.1088/1755-1315/258/1/012028
- Kusumastuti, A., Atika, A., Fitriyana, D.F., Abidin, Z., & Anis, S. (2024). "Peningkatan Efisiensi Dan Keberlanjutan Produksi Pewarnaan Batik Melalui Proses Berbantuan Ultrasonik: Studi Kasus Pada Batik Salma Sebagai Produsen Batik Pewarna Alam". *Jurnal Inovasi Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*, 4(2), 219-230. doi: 10.54082/jippm.592
- Kusumastuti, A., Fardhyanti, D.S., Anis, S., & Kamis, A. (2021). "Production of Brachiaria Mutica as Natural Dyes Powder for Textile Application: Characterisation Study". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 700(1), 012033. doi: 10.1088/1755-1315/700/1/012033

- Nursanti, I., McKay, A., & Chittenden, R. (2023, 2023//). *An Approach for the Assessment of Water Use in Batik Production Processes. Paper presented at the Product Lifecycle Management. PLM in Transition Times: The Place of Humans and Transformative Technologies*, Cham.
- Paryanto, Purwanto, A., Kwartiningsih, E., & Mastuti, E. (2013). "Pembuatan Zat Warna Alami Dalam Bentuk Serbuk Untuk Mendukung Industri Batik Di Indonesia". 2013, 6(1), 4. doi: 10.22146/jrekpros.2454
- Paryanto, P., & Agus, P. (2012). "Pembuatan Zat Warna Alami Dari Biji Kesumba Dalam Bentuk Powder Untuk Mendukung Industri Batik Di Jawa Tengah". *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 10(2). doi: 10.36762/jurnaljateng.v10i2.342
- Paryanto, P., Pranolo, S., & Susanti, A. (2021). "The Application of Natural Dyes to Batik Using Mangrove Spesies *Rhizophora Stylosa*, Soga Tingi (*Ceriopstagal*) and *Indigofera*". *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 6, 60. doi: 10.31942/inteka.v6i2.5503
- Riedmann, A., Schaper, P., & Lugin, B. (2025). "Reinforcement Learning in Education: A Systematic Literature Review". *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. doi: 10.1007/s40593-025-00494-6
- Rinawati, D., Sari, D., Purwanggono, B., & Hermawan, A. (2017). *Environmental Impact Analysis of Batik Natural Dyes Using Life Cycle Assessment* (Vol. 1902).
- Rinawati, D.I., Sari, D.P., Purwanggono, B., & Hermawan, A.T. (2017). "Environmental Impact Analysis of Batik Natural Dyes Using Life Cycle Assessment". *AIP Conference Proceedings*, 1902(1). doi: 10.1063/1.5010661
- Seppänen, S., Ukko, J., & Saunila, M. (2025). "Understanding Determinants of Digital Transformation and Digitizing Management Functions in Incumbent Smes". *Digital Business*, 5(1), 100106. doi: <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2025.100106>
- Sugandini, D., Garaika, G., Arundati, R., & Purnama, R. (2021). "Technology Adoption Model on Higher Education Learning Environments". *Journal of International Conference Proceedings*, 4. doi: 10.32535/jicp.v4i3.1391
- Sugandini, D., Rahatmawati, I., & Istanto, Y. (2016). *Adoption of Natural Dyes for Batik Artisans in Yogyakarta, Indonesia*.
- Syamwil, R. (2018). "Conservation of Batik: Conceptual Framework of Design and Process Development". *AIP Conference Proceedings*, 1941(1). doi: 10.1063/1.5028101
- Yadav, U.S., Tripathi, R., Tripathi, M.A., Ghosal, I., Kumar, A., Mandal, M., & Singh, A. (2023). "Digital and Innovative Entrepreneurship in the Indian Handicraft Sector after the Covid-19 Pandemic: Challenges and Opportunities". *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 12(1), 69. doi: 10.1186/s13731-023-00337-5