

Peningkatan Efisiensi dan Keberlanjutan Produksi Pewarnaan Batik melalui Proses Berbantuan Ultrasonik: Studi Kasus pada Batik Salma sebagai Produsen Batik Pewarna Alam

Adhi Kusumastuti*¹, Atika², Deni Fajar Fitriyana³, Zaenal Abidin⁴, Samsudin Anis⁵

^{1,2,3,5}Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Indonesia

⁴Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

*e-mail: adhi_kusumastuti@mail.unnes.ac.id¹

Abstrak

Penerapan proses pewarnaan berbantuan ultrasonik dilakukan untuk meningkatkan efisiensi produksi batik pewarna alami di antara 20 produsen batik dari Galeri Sentra Batik. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi waktu produksi, meningkatkan kualitas pewarna, dan meminimalkan konsumsi sumber daya dalam produksi batik, sekaligus mempromosikan keberlanjutan dan pengembangan kapasitas dalam masyarakat. Pelatihan teori dan aplikasi praktis digunakan untuk menilai dampak program terhadap efisiensi produksi, keberlanjutan lingkungan, dan pemberdayaan peserta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pewarnaan berbantuan ultrasonik secara signifikan meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi waktu pewarnaan. Khususnya, kecerahan dan konsistensi warna batik ditingkatkan, sementara konsumsi air dan energi diturunkan secara signifikan, mendukung praktik produksi yang lebih berkelanjutan. Mitra program, khususnya Batik Salma, melaporkan peningkatan keterampilan teknis dan efisiensi, yang secara langsung berdampak pada produktivitas mereka. Analisis statistik menegaskan efektivitas program, dengan peningkatan signifikan dalam keterampilan dan kepercayaan diri peserta dalam mengadopsi teknologi modern. Proses pewarnaan berbantuan ultrasonik terbukti menjadi inovasi yang berharga untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan produksi batik pewarna alami. Keberhasilan program ini menyoroti potensi penerapan teknologi ini secara lebih luas dalam industri batik, yang berkontribusi terhadap pelestarian lingkungan dan pemberdayaan ekonomi produsen.

Kata kunci: Batik, Efisiensi Produksi, Home Industry, Pewarna Alam, Ultrasound

Abstract

The implementation of the ultrasonic-assisted dyeing process was conducted to improve the efficiency of natural dye batik production among 20 batik producers from Galeri Sentra Batik. The main objectives were to reduce production time, improve dye quality, and minimize resource consumption in batik production, while promoting sustainability and capacity building in the community. Theoretical training and practical applications were used to assess the impact of the program on production efficiency, environmental sustainability, and participant empowerment. The results showed that the ultrasonic-assisted dyeing process significantly improved production efficiency and reduced dyeing time. In particular, the brightness and consistency of batik colors were improved, while water and energy consumption were significantly reduced, supporting more sustainable production practices. Program partners, especially Batik Salma, reported improved technical skills and efficiency, which directly impacted their productivity. Statistical analysis confirmed the effectiveness of the program, with significant improvements in participants' skills and confidence in adopting modern technology. The ultrasonic-assisted dyeing process proved to be a valuable innovation to improve the efficiency and sustainability of natural dye batik production. The success of the program highlights the potential for wider application of this technology in the batik industry, contributing to environmental sustainability and economic empowerment of producers.

Keywords: Batik, Home Industry, Natural Dyes, Production Efficiency, Ultrasound

1. PENDAHULUAN

Peminatan konsumen pada produk ramah lingkungan saat ini semakin tinggi. Hal ini dikarenakan kesadaran masyarakat akan bahaya penggunaan pewarna sintetis dalam proses pembuatan tekstil dapat mengakibatkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan (Azahra, 2021; Kusumastuti, 2022). Eco-friendly menjadi trend baru bagi masyarakat atas peminatannya dalam produk ramah lingkungan. Di dalam dunia tekstil muncul pula istilah eco-textile yang

merupakan gerakan penggunaan bahan utama serta pendukung pembuatan tekstil yang minim dampak terhadap lingkungan (Permanasari, 2021). Salah satunya adalah produk tekstil dengan menggunakan pewarna alam. Berdasarkan hasil kajian sebelumnya pewarna alam digemari karena memiliki efek warna yang unik dan sulit ditiru oleh zat warna sintetis Wiraningtyas, 2021; Yulpando, 2022). Alasan paling jelas yang diungkapkan oleh konsumen dalam memilih produk pewarna alam adalah rendahnya dampak yang ditimbulkan terhadap manusia dan lingkungan (Vankar, 2019).

Namun demikian, pewarna alam memiliki beberapa kekurangan teknik, diantaranya: (1) sulit menghasilkan konsistensi warna karena bahan alam yang bervariasi baik dari faktor satu musim tanam, tempat maupun spesiesnya; (2) sulitnya membakukan resep penggunaan pewarna alam, karena proses pewarnaan dan perkembangan warnanya tidak hanya bergantung pada komponen warna tetapi juga pada bahannya; (3) pencelupan alami memerlukan pengerjaan yang terampil sehingga dijual dengan harga yang mahal. rendemen warna yang rendah dari sumber pewarna alami, mengharuskan penggunaan lebih banyak zat warna, waktu pencelupan lebih lama dan kelebihan biaya untuk mordant dan mordanting (Samanta & Konar, 2011; Uddin, 2022). Selain itu, proses ekstraksi pewarna juga membutuhkan waktu lebih lama, perendaman bahan selama 24 jam untuk mempermudah pigmen keluar dan perebusan dengan waktu kurang lebih 2 jam (Ragab, 2022). Selain proses ekstraksi pewarna alam konvensional yang cukup lama, proses pewarnaan kain yang dilakukan juga memiliki tingkat efisiensi rendah, dengan pengerjaan minimal 10 kali celup untuk menghasilkan warna yang cukup pekat (Corak, 2022; Sk, 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, telah dilakukan penelitian dengan pemanfaatan alat ultrasound sebagai alternatif proses ekstraksi dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Ultrasound memanfaatkan cairan sebagai media perambatan energi melalui gelombang ultrasonik yang dapat meningkatkan intensitas perpindahan energi [Nyoto & Nathania, 2020; Sofyan, 2018; Pizzicato, 2023], sehingga proses ekstraksi lebih optimal dibandingkan metode ekstraksi konvensional. Penggunaan ultrasonik dapat menimbulkan efek kavitas yang dapat memecah dinding sel bahan sehingga senyawa keluar dengan mudah dan didapatkan hasil ekstrak yang maksimal dengan proses ekstraksi yang jauh lebih singkat (Winata & Yuniarta, 2014; Sivakumar, 2009). Keuntungan lain dari gelombang ultrasound ini antara lain laju perpindahan massa yang lebih cepat dibanding ekstraksi konvensional, efisiensi lebih besar, waktu operasi lebih singkat (Setyantoro, 2019; Sheikh, 2016).

Selain dalam hal ekstraksi zat pewarna, penggunaan ultrasonik juga dapat meningkatkan efisiensi pewarnaan. Beberapa laporan penerapan ultrasonik dalam pewarnaan pewarna alami pada berbagai serat menunjukkan bahwa ultrasonik dapat meningkatkan migrasi pewarna dan keseragaman pewarnaan secara efektif. Studi pewarnaan *Buddleja officinalis* yang diekstraksi pada kain katun mengungkapkan bahwa perlakuan ultrasonik meningkatkan kekuatan warna dalam semua kasus tanpa mengubah struktur kimia kapas (Aydar, 2022; Muruganandham, 2023). Hal ini juga dibuktikan dengan hasil uji kualitas pewarnaan zat warna alam secang (*Caesalpinia Sappan* Linn) dimana dihasilkan warna dengan tingkat ketahanan warna yang hampir sama dengan pencelupan secara konvensional. Dengan hasil tersebut, maka alat *ultrasound* menjadi solusi dari permasalahan penggunaan zat warna alam pada proses pencelupan maupun ekstraksinya. *Ultrasound* mampu mempersingkat proses pencelupan dan ekstraksi zat warna alam. Ultrasound dapat menimbulkan dampak positif bagi produk tekstil seperti batik zat warna alam untuk memotong proses menjadi lebih singkat.

Berdasarkan potensi dan keberhasilan *ultrasonic bath* dalam proses pencelupan, maka perlu dilakukan sosialisasi dan pelatihan bagi perajin batik zat warna alam. Penerapan *ultrasonic bath* dalam industri batik diharapkan dapat membantu perajin untuk mempersingkat proses pengerjaan dengan hasil yang sebanding dengan proses pencelupan secara konvensional. Observasi awal yang disertai dengan pertimbangan mengenai kelayakan kegiatan, maka Batik Salma ditentukan menjadi sasaran dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat dengan menerapkan ultrasonic bath. Batik Salma merupakan sentra batik yang terletak di Kp Malon RT 02 RW 06, Kelurahan Gunungpati, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang. Batik Salma merupakan UKM batik yang juga bergerak pada program pemberdayaan perempuan. Saat ini, Batik Salma fokus pada pembuatan batik tulis dan batik cap menggunakan pewarna alam, dengan

proses ekstraksi dan pencelupan secara konvensional. Kegiatan lain yang dilakukan selain produksi batik adalah pelatihan batik bagi perempuan atau ibu rumah tangga yang ingin memiliki keterampilan membatik. Batik Salma berfokus pada penggunaan pewarna alam untuk menghasilkan batik tulis dan batik cap. Selama ini, proses pembuatan batik pewarna alam pada Batik Salma dilakukan melalui proses ekstraksi dan pencelupan secara konvensional seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi proses ekstraksi dan pencelupan konvensional untuk pewarnaan di mitra Batik Salma

Hasil observasi menunjukkan bahwa proses ekstraksi di Batik Salma dilakukan dengan menggunakan kompor pada perbandingan 1:8. Sebanyak 1 kg bahan baku warna alam direndam dalam 8-liter pelarut selama 24 jam sebelum direbus dengan suhu 100°C selama 2,5 jam. Proses tersebut menghasilkan sekitar 4-liter zat warna alam. Larutan yang dihasilkan kemudian digunakan dalam proses pencelupan. Dalam prosesnya, pencelupan dilakukan hingga 10 kali untuk mendapatkan warna yang pekat.

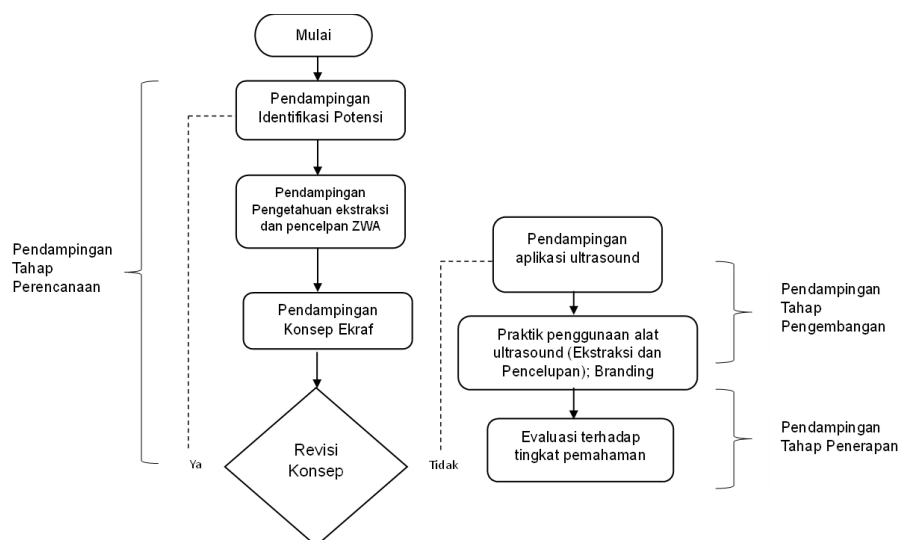
Proses pembuatan batik pewarna alam ini memakan waktu yang cukup lama, antara 5-7 hari untuk batik cap dan lebih dari 1 bulan untuk batik tulis. Hal ini menjadi kendala dalam efisiensi produksi yang pada akhirnya mempengaruhi harga jual produk batik Salma menjadi cukup tinggi. Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini akan fokus pada penguasaan teknologi Ultrasonic Assisted Dyeing Process untuk meningkatkan efisiensi proses pewarnaan. Dengan memanfaatkan ultrasonic bath, diharapkan dapat mempercepat proses ekstraksi dan pencelupan bahan warna alam, mengurangi waktu produksi, dan pada akhirnya menurunkan biaya produksi batik pewarna alam Salma.

Mitra program, Batik Salma, yang berlokasi di Semarang, merupakan usaha kecil yang fokus pada produksi batik tulis dan cap dengan pewarna alami. Namun, proses produksi batik di Batik Salma memakan waktu lama, khususnya karena metode ekstraksi dan pencelupan pewarna alami yang konvensional, yang memerlukan hingga 10 kali celup untuk mencapai tingkat kepekatan warna yang diinginkan. Hal ini memengaruhi efisiensi dan harga jual produk yang tinggi. Melihat permasalahan ini, pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengatasi tantangan efisiensi produksi di Batik Salma melalui penerapan teknologi *ultrasonic assisted dyeing process*. Teknologi ini diharapkan dapat mempercepat proses ekstraksi dan pencelupan pewarna

alami, sehingga memperpendek waktu produksi dan mengurangi biaya. Selain itu, implementasi teknologi ini juga diharapkan memberikan dampak positif terhadap program pemberdayaan perempuan yang digagas oleh Batik Salma, dengan mempercepat proses pelatihan keterampilan membatik bagi para ibu rumah tangga. Tujuan utama dari kegiatan pengabdian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi, menurunkan biaya produksi, dan memperkuat kapasitas perempuan di Batik Salma melalui penerapan teknologi modern.

2. METODE

Inti permasalahan yang hendak dijawab melalui kegiatan ini adalah merencanakan pelatihan dan sosialisasi alat *ultrasound assisted dyeing process* sebagai bentuk efisiensi proses pewarnaan pada *home industry* batik. Metode yang dilaksanakan dalam pengabdian masyarakat ini adalah: (1) pemberian materi teori (zat warna alam, *ultrasound*, *branding*) melalui metode ceramah dan diskusi, (2) praktek penerapan alat *ultrasound assisted dyeing process* dengan metode demonstrasi, latihan dan pembelajaran berbasis proyek, (3) monitoring dan evaluasi. Secara rinci, tujuan, materi dan hasil setiap tahapan dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah kolaborasi partisipatif antara ke dua belah pihak, dimana mitra juga turut terlibat dalam pelaksanaan kegiatan. Adapun tahapan kegiatan secara rinci dapat disajikan sebagai berikut:

a. Identifikasi masalah

Tahap identifikasi masalah diperlukan untuk mengetahui kebutuhan mitra yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diselesaikan. Solusi yang ditawarkan oleh tim pengabdian adalah pelatihan dan sosialisasi alat *ultrasound assisted dyeing process* sebagai bentuk efisiensi proses pewarnaan pada *home industry* batik.

b. Persiapan alat dan bahan

Kegiatan persiapan alat dan bahan meliputi persiapan peralatan dan bahan-bahan yang akan digunakan dalam kegiatan pengabdian. Pada tahap ini pengabdian dan mitra bersama-sama merumuskan teknis kegiatan yang akan dilaksanakan selama kegiatan pengabdian.

c. Program Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat

Kegiatan ini meliputi (1) pemberian materi teori (zat warna alam, *ultrasound*, *branding*) melalui metode ceramah dan diskusi, (2) praktek penerapan alat *ultrasound assisted dyeing process* dengan metode demonstrasi, latihan dan pembelajaran berbasis proyek, (3) monitoring dan evaluasi.

d. Evaluasi Produk

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kegunaan ultrasound pada UKM Batik zat warna alam. Produk yang dihasilkan juga dievaluasi melalui riset pasar.

e. Evaluasi Program dan Umpan Balik

Evaluasi program dan umpan balik dilakukan secara menyeluruh terhadap pelaksanaan program pengabdian, mencakup penilaian terhadap kelebihan dan kekurangannya. Proses evaluasi dilakukan melalui metode wawancara dan observasi langsung dengan para peserta pelatihan dan pihak mitra untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan objektif. Selain itu, kuisisioner juga digunakan untuk mengumpulkan tanggapan peserta mengenai kualitas pelatihan dan dampaknya terhadap keterampilan mereka.

Untuk mengukur tingkat keberhasilan kegiatan pengabdian, evaluasi fokus pada dua aspek utama: efektivitas pelatihan dan umpan balik dari peserta. Efektivitas pelatihan diukur berdasarkan peningkatan keterampilan peserta dalam mengoperasikan teknologi *ultrasonic assisted dyeing process* dan pemahaman mereka terhadap prinsip-prinsip efisiensi produksi. Penilaian dilakukan sebelum dan sesudah pelatihan melalui *pre-test* dan *post-test* untuk menilai peningkatan pengetahuan teknis. Selain itu, aspek keberhasilan juga dilihat dari implementasi teknologi ini dalam praktik sehari-hari oleh mitra Batik Salma, termasuk seberapa jauh teknologi mampu memperpendek waktu produksi dan mengurangi biaya operasional. Hasil observasi terkait perubahan kualitas produk, efisiensi proses, dan kepuasan mitra menjadi indikator tambahan dalam mengevaluasi keberhasilan program.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Program yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi batik pewarna alami melalui penerapan Proses Pewarnaan Berbantuan Ultrasonik menghasilkan beberapa hasil penting:

a. Pengurangan Waktu Pewarnaan

Pengenalan proses pewarnaan berbantuan ultrasonik secara signifikan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk proses pewarnaan. Rata-rata, waktu pewarnaan berkurang hingga 30%, yang memungkinkan produsen batik menyelesaikan proses pewarnaan mereka lebih cepat sambil mempertahankan kualitas warna. Pengurangan waktu ini secara langsung berkontribusi pada peningkatan produktivitas di antara produsen batik yang berpartisipasi.

b. Peningkatan Kecerahan dan Konsistensi Warna

Penggunaan teknologi ultrasonik menghasilkan warna yang lebih cerah dan konsisten. Peserta mengamati bahwa warna yang diperoleh melalui proses ini lebih seragam, dengan penetrasi pewarna yang lebih baik ke dalam kain. Peningkatan kualitas ini sangat penting untuk batik pewarna alami, di mana mencapai corak warna yang konsisten seringkali menjadi tantangan.

c. Manfaat Lingkungan

Salah satu keuntungan signifikan dari proses pewarnaan ultrasonik adalah keberlanjutan lingkungannya. Teknologi ini membutuhkan lebih sedikit air dan energi dibandingkan dengan metode pewarnaan tradisional. Peserta melaporkan pengurangan penggunaan air hingga 25%, dan konsumsi energi juga jauh lebih rendah. Hal ini sejalan dengan upaya global yang lebih luas untuk mempromosikan praktik berkelanjutan dalam industri tradisional.

d. Umpan Balik Positif dari Peserta

Ke-20 produsen batik yang berpartisipasi dalam program ini menyatakan kepuasan dengan hasilnya. Mereka menghargai pelatihan langsung dan kesempatan untuk mengadopsi teknologi yang meningkatkan kemampuan produksi mereka tanpa mengorbankan keaslian kerajinan mereka. Beberapa peserta menyatakan niat mereka untuk sepenuhnya mengintegrasikan proses pewarnaan ultrasonik ke dalam alur kerja produksi rutin mereka.

e. Pemberdayaan dan Pengembangan Kapasitas

Program ini juga berkontribusi pada pemberdayaan produsen batik lokal, khususnya perempuan, yang merupakan tokoh sentral dalam proses pembuatan batik di Semarang. Pelatihan ini memberi mereka keterampilan dan pengetahuan baru, meningkatkan

kepercayaan diri mereka dalam menggunakan teknologi modern. Hal ini berpotensi untuk meningkatkan peluang ekonomi mereka dan berkontribusi pada keberlanjutan industri batik lokal.

Hasil dari program ini menyoroti potensi teknologi modern untuk meningkatkan industri kerajinan tradisional tanpa mengikis signifikansi budayanya. Keberhasilan penerapan proses pewarnaan berbantuan ultrasonik di kalangan produsen batik di Semarang menunjukkan bahwa:

a. Menyeimbangkan Tradisi dengan Inovasi

Industri tradisional seperti produksi batik dapat memperoleh manfaat besar dari integrasi teknologi inovatif. Kunci keberhasilan terletak pada memastikan bahwa teknologi ini melengkapi, bukan menggantikan, metode tradisional. Dalam hal ini, proses pewarnaan ultrasonik menyempurnakan teknik pewarnaan yang ada, sehingga menghasilkan efisiensi dan konsistensi yang lebih baik sekaligus mempertahankan keaslian batik.

b. Keberlanjutan sebagai Fokus Utama

Manfaat lingkungan yang diamati dalam program ini menggarisbawahi pentingnya keberlanjutan dalam memodernisasi industri tradisional. Mengurangi penggunaan air dan energi tidak hanya membantu melestarikan sumber daya alam, tetapi juga sejalan dengan permintaan konsumen akan produk ramah lingkungan. Dengan mengadopsi proses pewarnaan ultrasonik, produsen batik memposisikan diri untuk memenuhi pasar mode berkelanjutan yang terus berkembang.

c. Peningkatan Kapasitas dan Pemberdayaan Masyarakat

Pelatihan dan pengalaman langsung yang diberikan kepada produsen batik, khususnya perempuan, memainkan peran penting dalam keberhasilan program. Memberdayakan perajin lokal dengan keterampilan baru akan meningkatkan kemampuan mereka untuk bersaing di pasar dan menumbuhkan rasa kepemilikan atas kerajinan mereka. Pemberdayaan ini penting untuk keberlanjutan jangka panjang industri batik di Semarang.

d. Tantangan dan Arah Masa Depan

Meskipun program ini berhasil, namun juga mengungkap area yang perlu ditingkatkan lebih lanjut. Beberapa peserta menyoroti perlunya pelatihan tambahan untuk menguasai teknologi baru sepenuhnya. Ada juga peluang untuk mengeksplorasi inovasi lebih lanjut yang dapat melengkapi proses pewarnaan ultrasonik, seperti perawatan kain tingkat lanjut atau sumber pewarna alami yang lebih berkelanjutan.

Pada masa yang akan datang, fokusnya adalah memberikan dukungan berkelanjutan kepada produsen batik saat mereka terus mengintegrasikan teknologi ini ke dalam operasi mereka. Selain itu, memperluas program untuk menyertakan lebih banyak peserta dan mengeksplorasi inovasi lain akan menjadi kunci untuk memastikan keberhasilan jangka panjang dan keberlanjutan industri batik di Semarang.

Program ini telah menunjukkan bahwa dengan mengintegrasikan teknologi modern secara cermat ke dalam industri tradisional, adalah mungkin untuk meningkatkan efisiensi, meningkatkan kualitas, dan mempromosikan keberlanjutan, sambil melestarikan warisan budaya. Hasil positif dicapai dalam program ini.

a. Efisiensi Produksi

Program ini mampu memberikan langkah signifikan dalam meningkatkan efisiensi produksi. Peserta menganggap bahwa proses pencelupan berbantuan ultrasonic dapat menekan waktu yang dibutuhkan untuk pencelupan (4.45/5) dan meningkatkan produktifitas (4.4/5). Pengenalan teknologi ini memungkinkan tercapainya efisiensi waktu dengan pengurangan pencelupan yang lebih sedikit, dimana pada pencelupan secara konvensional umumnya membutuhkan waktu produksi yang lebih panjang. Terlebih lagi, proses baru ini sangat membantu mengurangi biaya produksi (4.45/5), sehingga memungkinkan produser batik untuk memproduksi dalam jumlah yang lebih banyak dalam waktu yang lebih singkat dengan tetap mempertahankan kualitas produk. Indikator efisiensi produksi adalah sebagai berikut:

- 1) Pengurangan waktu yang diperlukan untuk pencelupan
- 2) Peningkatan produktivitas proses batik
- 3) Peningkatan kualitas batik yang dihasilkan
- 4) Pengurangan biaya produksi

Hasil angket untuk efisiensi produksi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi produksi

Indikator	t-value	p-value	Interpretasi
Pengurangan waktu yang diperlukan untuk pencelupan	11.32	<0.0001	Proses berbantuan ultrasonic secara signifikan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk pencelupan
Peningkatan produktivitas proses batik	9.85	<0.0001	Peningkatan produktivitas signifikan secara statistic, artinya peserta sangat setuju bahwa proses baru tersebut meningkatkan produktivitas.
Peningkatan kualitas batik	8.75	<0.0001	Peningkatan kualitas batik yang dihasilkan signifikan secara statistic, menunjukkan peningkatan yang berarti sebagai hasil dari proses pencelupan yang baru.
Pengurangan biaya produksi	10.67	<0.0001	Terjadi pengurangan yang signifikan pada biaya produksi.

Sebelum pelatihan, proses produksi batik pewarna alami menggunakan metode konvensional membutuhkan waktu yang relatif lama dan proses pencelupan yang berulang, biasanya memerlukan setidaknya 10 kali pencelupan untuk mencapai tingkat warna yang diinginkan. Hal ini mengakibatkan efisiensi produksi yang rendah, baik dalam hal waktu maupun biaya. Selain itu, kualitas warna sering kali tidak konsisten karena variasi dalam intensitas pewarna alam, dan biaya produksi lebih tinggi karena penggunaan energi dan air yang berlebihan serta bahan tambahan seperti mordant. Nilai-t untuk setiap indikator yang cukup tinggi menunjukkan bahwa perbedaan yang diamati dalam efisiensi produksi (meliputi indikator pengurangan waktu, peningkatan produktivitas, kualitas, dan pengurangan biaya). Nilai tersebut cukup besar dibandingkan dengan apa yang diharapkan berdasarkan hipotesis nol (tidak ada pengaruh).

Semua nilai-p jauh di bawah tingkat signifikansi umum 0,05, yang berarti bahwa hasil tersebut terjadi secara kebetulan sangat rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa ada pengaruh untuk setiap indikator efisiensi produksi. Artinya terjadi peningkatan yang signifikan dalam waktu, produktivitas, kualitas, dan biaya yang dapat dikaitkan dengan program tersebut.

Proses pewarnaan ultrasonik secara signifikan meningkatkan efisiensi produksi. Peserta melaporkan pengurangan yang signifikan secara statistik dalam waktu yang dibutuhkan untuk pewarnaan, peningkatan produktivitas secara keseluruhan, peningkatan kualitas batik yang diproduksi, dan pengurangan biaya produksi. Hasil ini menunjukkan bahwa teknologi baru yang diperkenalkan dalam program tersebut memiliki dampak positif yang besar terhadap efisiensi produksi bagi para produsen batik. Semua peningkatan ditemukan signifikan secara statistik, mendukung efektivitas teknologi pewarnaan ultrasonik baru dalam meningkatkan proses produksi.

b. Efektifitas Program

Program pelatihan aplikasi ultrasound pada proses pencelupan terbukti sangat efektif. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata penilaian peserta pada indikator kejelasan dan kemudahan pemahaman sebesar 4.5/5. Pengabdian berhasil menyampaikan materi dengan baik, disertai fasilitas yang memadai. Peserta memperoleh wawasan dan materi pengetahuan yang berharga selama proses tersebut dengan penilaian sebesar 4.4/5. Secara keseluruhan, peserta merasa puas dengan durasi dan struktur pelatihan, menunjukkan kekuatan program untuk menyampaikan teknologi tersebut secara teoretis maupun praktis. Efektifitas program ditunjukkan oleh indikator-indikator berikut:

- 1) Kejelasan dan kemudahan pemahaman proses pencelupan berbasis ultrasonik
- 2) Kecukupan durasi pelatihan
- 3) Pengetahuan dan kemampuan pengabdian untuk memberikan wawasan yang berharga
- 4) Kebermanfaatan sesi hands-on untuk memahami teknologi baru

Hasil angket untuk efektifitas program ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Efektivitas program

Indikator	t-value	p-value	Interpretasi
Kejelasan proses pencelupan berbasis ultrasonik	10.45	<0.0001	Peserta merasa penjelasan proses jelas dan mudah dipahami
Kecukupan durasi pelatihan	9.57	<0.0001	Durasi pelatihan dianggap efektif.
Pengetahuan dan wawasan pengabdian	9.12	<0.0001	Pengabdian dianggap berpengetahuan.
Kebermanfaatan sesi <i>hands-on</i>	9.97	<0.0001	Sesi <i>hands-on</i> dianggap sangat bermanfaat

Semua nilai p berada di bawah batas minimal signifikansi 0.05, artinya perbaikan yang diamati pada kejelasan, durasi pelatihan, pengetahuan pengabdian, dan sesi praktek bukan faktor kebetulan, perbedaannya signifikan secara statistik. Tingginya nilai t hitung pada semua indikator menunjukkan bahwa program tersebut sangat efektif dalam menyampaikan isi, memfasilitasi pembelajaran, dan membantu peserta menguasai mengenai teknologi pencelupan berbasis ultrasonik.

Sebelum pelatihan, efektivitas produksi batik pewarna alam mengalami berbagai kendala. Proses pencelupan konvensional memerlukan waktu yang lama, dengan pencelupan berulang untuk mencapai tingkat warna yang diinginkan. Pengetahuan tentang teknologi terbaru seperti ultrasonik juga sangat terbatas di kalangan produsen batik. Selain itu, kurangnya pemahaman yang jelas tentang proses yang lebih efisien membuat para produsen bertahan pada metode konvensional yang tidak efisien dan berdampak pada biaya produksi serta kualitas produk yang tidak konsisten.

Setelah pelatihan, terjadi peningkatan signifikan dalam efektivitas produksi. Peserta melaporkan pemahaman yang lebih baik tentang proses pencelupan berbasis ultrasonik, dengan rata-rata penilaian sebesar 4.5/5 pada kejelasan dan kemudahan pemahaman. Pengaplikasian teknologi ini mempercepat proses produksi, mengurangi kesalahan yang mungkin terjadi dalam proses pencelupan, serta memungkinkan para produsen untuk menghasilkan warna yang lebih konsisten dengan waktu yang lebih singkat. Selain itu, sesi *hands-on* memperkuat pemahaman peserta tentang teknologi baru, dan mereka merasa lebih percaya diri untuk menerapkan proses ini dalam produksi mereka sehari-hari. Dengan demikian, efektivitas produksi batik meningkat secara keseluruhan setelah pelatihan, baik dari segi waktu, kualitas, maupun kemampuan peserta dalam menerapkan teknologi baru.

c. Dampak Lingkungan

Untuk aspek dampak lingkungan dari program pengabdian, interpretasi hasil uji-t akan menunjukkan apakah perubahan dalam praktik lingkungan akibat program tersebut signifikan secara statistik. Interpretasi hasil berdasarkan indikator untuk dampak lingkungan:

- 1) Pengurangan penggunaan air dengan proses pewarnaan berbasis ultrasonik.
- 2) Pengurangan konsumsi energi dibandingkan dengan metode tradisional.
- 3) Peningkatan kesadaran akan praktik berkelanjutan dalam produksi batik.

Hasil angket untuk dampak lingkungan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Dampak lingkungan

Indikator	t-value	p-value	Interpretasi
Pengurangan penggunaan air	10.25	<0.0001	Pengurangan penggunaan air karena proses ultrasonik signifikan secara statistik, yang berarti teknologi tersebut menghasilkan penurunan konsumsi air yang signifikan.
Pengurangan konsumsi energi	9.65	<0.0001	Pengurangan konsumsi energi signifikan secara statistik, yang menunjukkan bahwa proses ultrasonik secara signifikan mengurangi energi yang dibutuhkan dibandingkan dengan metode tradisional.
Peningkatan kesadaran praktik berkelanjutan	8.95	<0.0001	Kesadaran peserta tentang praktik berkelanjutan meningkat secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa program tersebut efektif dalam meningkatkan kesadaran keberlanjutan di antara para peserta.

Dalam program ini ditunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam konservasi air dan energi serta kesadaran akan keberlanjutan. Secara statistik, program ini memberikan dampak positif yang signifikan dalam mengurangi penggunaan air dan konsumsi energi sekaligus meningkatkan kesadaran peserta mengenai praktik berkelanjutan. Proses pewarnaan berbasis ultrasonik menghasilkan pengurangan yang substantif dalam penggunaan air dan energi, yang pada akhirnya mampu mengatasi masalah lingkungan utama dalam produksi batik. Selain itu, kesadaran peserta akan keberlanjutan dalam produksi batik meningkat secara signifikan.

Setelah pelatihan dan penerapan teknologi ultrasonik, dampak lingkungan menurun secara signifikan. Teknologi berbantuan ultrasonik mengurangi kebutuhan akan pencelupan berulang, sehingga menghemat air dan energi. Proses ekstraksi pewarna alam yang lebih cepat juga meminimalkan konsumsi bahan bakar selama perebusan. Peserta melaporkan bahwa mereka dapat mencapai hasil pewarnaan yang sama atau lebih baik dengan sumber daya yang lebih sedikit, berkat peningkatan efisiensi proses. Secara keseluruhan, pelatihan ini membantu mengurangi jejak ekologis produksi batik, menjadikan praktik pewarnaan alam lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Berdasarkan indikator dampak lingkungan, ditunjukkan bahwa program ini mampu mencapai tujuan lingkungan, yang secara statistik diindikasikan dengan pengurangan yang signifikan dalam penggunaan air dan energi. Tingkat signifikansi statistik yang tinggi dalam semua indikator lingkungan menegaskan bahwa program ini secara efektif mempromosikan praktik yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam proses produksi batik.

d. Pemberdayaan dan Pengembangan Kapasitas

Salah satu tujuan utama pengabdian ini adalah memberdayakan produsen batik dengan meningkatkan keterampilan dan kepercayaan diri mereka dalam menggunakan teknologi modern. Keberhasilan program ini ditunjukkan dengan peningkatan kepercayaan diri peserta (4,4/5) dalam memanfaatkan teknologi pewarnaan modern. Selain itu, program ini memberikan peluang jaringan yang berharga dengan produsen lain (4,3/5) dan meningkatkan rasa pemberdayaan peserta untuk mengambil peran kepemimpinan dalam komunitas mereka (4,15/5). Meskipun skor ini menunjukkan kemajuan yang positif, masih terdapat potensi untuk mengembangkan kapasitas dan kepemimpinan lebih lanjut untuk memberdayakan peserta sepenuhnya dan memperkuat peran mereka dalam komunitas batik. Program ini juga meningkatkan peluang ekonomi peserta (4,3/5), berkontribusi pada pemberdayaan dan kapasitas mereka secara keseluruhan untuk terlibat dalam praktik produksi yang lebih berkelanjutan dan efisien.

Untuk aspek Pemberdayaan dan Pengembangan Kapasitas, hasil uji t membantu menentukan signifikansi program tersebut untuk meningkatkan keterampilan, kepercayaan diri, dan peluang ekonomi peserta. Indikator utama dalam kategori ini adalah:

- 1) Peningkatan keterampilan yang terkait dengan produksi batik, terutama dalam menggunakan teknologi modern.
- 2) Peningkatan kepercayaan diri dalam menerapkan teknik baru (pewarnaan berbasis ultrasonik).
- 3) Peningkatan kepemimpinan dan pemberdayaan ekonomi di antara peserta.
- 4) Peluang untuk berjejaring dan berkolaborasi dengan produsen batik lainnya.

Hasil angket untuk pemberdayaan dan pengembangan kapasitas ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Pemberdayaan dan pengembangan kapasitas

Indikator	t-value	p-value	Interpretasi
Peningkatan ketrampilan produksi batik	8.85	<0.0001	Nilai t yang tinggi menunjukkan bahwa terdapat peningkatan yang signifikan pada keterampilan peserta, yang menunjukkan bahwa program ini efektif dalam mengembangkan keterampilan produksi batik.
Peningkatan kepercayaan diri dalam	9.45	<0.0001	Secara statistik juga terdapat peningkatan kepercayaan diri dalam menggunakan teknologi modern (pewarnaan

penggunaan teknologi modern				berbasis ultrasonik) yang signifikan, yang berarti peserta merasa lebih nyaman mengadopsi teknik baru.
Penguatan kepemimpinan di kalangan komunitas perajin batik	7.95	<0.0001		Peningkatan pemberdayaan kepemimpinan yang signifikan mencerminkan kesiapan peserta untuk mengambil peran kepemimpinan dalam komunitas batik.
Peningkatan kesempatan dan jejaring ekonomi	8.35	<0.0001		Peningkatan signifikan dalam peluang ekonomi dan koneksi jaringan yang berharga menunjukkan bahwa program ini mendukung pengembangan ekonomi dan kolaborasi peserta.

Nilai-t sebesar >7 pada semua indikator menunjukkan bahwa program tersebut memiliki dampak yang substansial dalam memberdayakan dan meningkatkan kapasitas peserta. Hal tersebut menunjukkan bahwa perubahan yang diamati dalam keterampilan, kepercayaan diri, kepemimpinan, dan peluang ekonomi jauh lebih besar daripada yang diharapkan jika tidak ada dampak. Nilai-p untuk semua indikator sangat kecil (di bawah 0,0001), yang berarti bahwa kemungkinan hasil ini terjadi secara kebetulan sangat rendah. Hal tersebut menegaskan bahwa peningkatan dalam keterampilan, kepercayaan diri, kepemimpinan, dan peluang ekonomi signifikan secara statistik. Berdasarkan nilai-p, dapat disimpulkan bahwa program tersebut membuat perbedaan yang signifikan di area ini. Hasil uji-t juga menunjukkan bahwa program tersebut berkontribusi secara signifikan terhadap pengembangan keterampilan, pembangunan kepercayaan diri, dan pemberdayaan peserta.

Peserta menunjukkan peningkatan yang nyata dalam kemampuan mereka untuk menggunakan teknologi modern (seperti proses pewarnaan ultrasonik) dan rasa kepemimpinan yang lebih besar dalam komunitas mereka. Peluang ekonomi dan jaringan juga ditingkatkan, yang mencerminkan dampak program yang lebih luas pada pertumbuhan dan kolaborasi profesional peserta. Hasil uji t untuk pemberdayaan dan pengembangan kapasitas menunjukkan bahwa program tersebut sangat efektif dalam memberdayakan peserta, dengan peningkatan yang signifikan secara statistik di semua bidang yang diukur. Para peserta memperoleh keterampilan baru, menjadi lebih percaya diri dalam menggunakan teknologi modern, dan mengembangkan kualitas kepemimpinan yang lebih kuat. Mereka juga mengalami peningkatan peluang ekonomi dan membangun jaringan yang berharga dalam komunitas batik, yang menunjukkan keberhasilan program dalam mempromosikan pengembangan kapasitas dan pemberdayaan jangka panjang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan evaluasi melalui umpan balik peserta dan analisis statistik, program ini berhasil memenuhi tujuannya di semua indikator. a) Pelatihan tentang proses pewarnaan berbantuan ultrasonik jelas, terorganisasi dengan baik, dan disampaikan secara efektif. Para peserta merasa sesi-sesi tersebut memberikan wawasan, dengan praktik langsung yang secara signifikan membantu pemahaman mereka tentang teknologi baru tersebut. Analisis statistik menunjukkan bahwa program tersebut sangat efektif dalam mentransfer pengetahuan dan keterampilan praktis. b) Pengenalan teknologi ultrasonik menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam efisiensi produksi. Proses tersebut mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk pewarnaan, meningkatkan produktivitas secara keseluruhan, dan menghasilkan batik berkualitas lebih tinggi dengan kecerahan dan konsistensi warna yang lebih baik. Keuntungan ini signifikan secara statistik, yang menunjukkan bahwa program tersebut memberikan solusi praktis untuk meningkatkan proses produksi. c) Program ini juga mencapai tujuannya untuk mempromosikan praktik yang lebih berkelanjutan. Proses pewarnaan baru ini menggunakan lebih sedikit air dan energi, sejalan dengan praktik yang ramah lingkungan. Peserta menyatakan peningkatan kesadaran akan keberlanjutan, dengan hasil statistik yang mendukung dampak lingkungan positif yang signifikan dari teknik baru tersebut. d) Program ini berhasil memberdayakan peserta dengan meningkatkan keterampilan teknis mereka, meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam menggunakan teknologi modern, dan menumbuhkan peran kepemimpinan dalam

komunitas mereka. Lebih jauh lagi, program ini menciptakan peluang jaringan yang berharga dan memperluas prospek ekonomi peserta, yang berkontribusi pada pengembangan kapasitas jangka panjang.

Proses Pewarnaan Berbantuan Ultrasonografi secara efektif mengatasi tantangan utama dalam produksi batik tradisional. Dengan meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi dampak lingkungan, dan memberdayakan produsen batik dengan keterampilan dan pengetahuan baru, program ini tidak hanya mencapai tujuannya tetapi juga meletakkan dasar bagi pertumbuhan berkelanjutan dan pembangunan berkelanjutan dalam industri batik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Semarang yang telah memberi dukungan **financial** terhadap pengabdian ini melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DPA) Universitas Negeri Semarang Nomor: DPA 023.17.2.690645/2024.10.

DAFTAR PUSTAKA

- Avinc, O., Celik, A., Gedik, G., & Yavas, A. (2013). Natural dye extraction from waste barks of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) timber and eco-friendly natural dyeing of various textile fibers. *Fibers and Polymers*, 14, 866-873. <https://doi.org/10.1007/s12221-013-0866-0>
- Aydar, A. Y., Aydın, T., Yılmaz, T., Kothakota, A., Socol, C. T., Criste, F. L., & Pandiselvam, R. (2022). Investigation on the influence of ultrasonic pretreatment on color, quality and antioxidant attributes of microwave dried *Inula viscosa* (L.). *Ultrasonics Sonochemistry*, 90, 106184. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106184>
- Azahra, S. D., Dewantara, J. A., & Kartikawati, S. M. (2021). The Socialization of Natural Dyes And Shibori Textile Coloring Methods For Empowering Kampung Batik Kamboja Community. *JCES (Journal of Character Education Society)*, 4(2), 504-513. <https://doi.org/10.31764/jces.v3i1.4068>
- Bechtold, T., Mahmud-Ali, A., & Mussak, R. (2007). Natural dyes for textile dyeing: A comparison of methods to assess the quality of Canadian golden rod plant material. *Dyes and pigments*, 75(2), 287-293. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2006.06.004>
- Čorak, I., Brlek, I., Sutlović, A., & Tarbuk, A. (2022). Natural dyeing of modified cotton fabric with cochineal dye. *Molecules*, 27(3), 1100. <https://doi.org/10.3390/molecules27031100>
- Kandasamy, N., Kaliappan, K., & Palanisamy, T. (2021). Upcycling sawdust into colorant: Ecofriendly natural dyeing of fabrics with ultrasound assisted dye extract of *Pterocarpus indicus* Willd. *Industrial Crops and Products*, 171, 113969. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113969>
- Kusumastuti, A., Atika, Achmadi, T. A., Phusavat, K., & Hidayanto, A. N. (2023). Assessment of producer's perspective on the production of environmentally friendly fashion products: a case study in Indonesian natural dyes batik craftsmen. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(60), 124767-124779. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23330-z>
- Muruganandham, M., Sivasubramanian, K., Velmurugan, P., Kumar, S. S., Arumugam, N., Almansour, A. I., ... & Sivakumar, S. (2023). An eco-friendly ultrasound approach to extracting yellow dye from *Cassia alata* flower petals: Characterization, dyeing, and antibacterial properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, 98, 106519. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106519>
- Nyoto, A., & Nathania, Y. E. (2020, December). Identification of Tannin Content of Areca Nuts and It's Application as Natural Dyes. In *Prosiding Seminar Nasional Industri Kerajinan dan Batik* (Vol. 2, No. 1, pp. B11-B11). <https://doi.org/10.1108/HESWBL-01-2020-0012>
- Permanasari MD. Pengembangan Pengolahan Pewarna Alami dengan Teknik Fabric Manipulation Pada Produk Sarana Bawa. *Fad*. 2021 Sep 23

- Pizzicato, B., Pacifico, S., Cayuela, D., Mijas, G., & Riba-Moliner, M. (2023). Advancements in sustainable natural dyes for textile applications: A review. *Molecules*, 28(16), 5954. <https://doi.org/10.3390/molecules28165954>
- Ragab, M. M., Hassabo, A. G., & Othman, H. (2022). An overview of natural dyes extraction techniques for valuable utilization on textile fabrics. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 19(2), 137-153. <https://doi.org/10.21608/jtcps.2022.130253.1115>
- Samanta, A. K., & Konar, A. (2011). Dyeing of textiles with natural dyes. *Natural dyes*, 3(30-56), 212-222.
- Setyantoro, M. E., Haslina, H., & Wahjuningsih, S. B. (2019). Pengaruh Waktu Ekstraksi Dengan Metode Ultrasonik Terhadap Kandungan Vitamin C, Protein, dan Fitokimia Ekstrak Rambut Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 14(2), 53-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v14i2.2445>
- Sheikh, J., Jagtap, P. S., & Teli, M. D. (2016). Ultrasound assisted extraction of natural dyes and natural mordants vis a vis dyeing. *Fibers and Polymers*, 17, 738-743. DOI 10.1007/s12221-016-5031-0
- Sivakumar, V., Anna, J. L., Vijayeeswarri, J., & Swaminathan, G. (2009). Ultrasound assisted enhancement in natural dye extraction from beetroot for industrial applications and natural dyeing of leather. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16(6), 782-789. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2009.03.009>
- Sk, S., Mia, R., Haque, M. A., & Shamim, A. M. (2021). Review on extraction and application of natural dyes. *Textile & Leather Review*, 4(4), 218-233
- Sofyan, S., Failisnur, F., & Silfia, S. (2018). Jurnal Litbang Industri. *Jurnal Litbang Industri-Vol*, 8(1), 1-9
- Uddin, M. A., Rahman, M. M., Haque, A. N. M. A., Smriti, S. A., Datta, E., Farzana, N., ... & Sayem, A. S. M. (2022). Textile colouration with natural colourants: a review. *Journal of Cleaner Production*, 349, 131489. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131489>
- Baig, U., Khatri, A., Ali, S., Sanbhal, N., Ishaque, F., & Junejo, N. (2021). Ultrasound-assisted dyeing of cotton fabric with natural dye extracted from marigold flower. *The Journal of the Textile Institute*, 112(5), 801-808. DOI: 10.1080/00405000.2020.1779907
- Vankar, P. S., & Shukla, D. (2019). *New trends in natural dyes for textiles*. Woodhead Publishing.
- Winata, E. W., & Yunianta, Y. (2015). Ekstraksi antosianin buah murbei (*morus alba* l.) Metode ultrasonic bath (kajian waktu dan rasio bahan: pelarut) [in press April 2015]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(2)
- Wiraningtyas, A., Sandi, A., & Nasir, M. (2021, March). Development of the weaving home industry through the use of natural dyes in the east rabadompu village of bima city. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1833, No. 1, p. 012061). *IOP Publishing*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1833/1/012061>
- Yulpando, R. E., & Sudiarso, A. S. (2022). Ketahanan Luntur Kain Batik dengan Pewarna Alami Secang Menggunakan Metode Pencoletan. *Syntax Idea*, 4(5), 932-940. <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v4i5.1848>