

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN
PENGEMBANGAN PROTOTIPE INDUSTRI**



JUDUL PENELITIAN:

**FABRIKASI SKALA *PILOT* ECO-BATIK UNESA SEBAGAI UPAYA
MEWUJUDKAN *SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS* (SDGs) 2030**

TIM PENGUSUL:

Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc	(NIDN. 0004078201)
Dr. Maria Monica Sianita, M.Si	(NIDN. 0003056410)
Dr. Pirim Setiarso, M.Si	(NIDN. 0027086003)
Samik, S.Si., M.Si	(NIDN. 0006088306)
Nur Hayati, S.Si., M.Si	(NIDN. 0029018201)

**UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA
NOPEMBER 2021**

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR
PENELITIAN PENGEMBANGAN PROTOTIPE INDUSTRI**

Judul Penelitian : Fabrikasi Skala *Pilot* Eco-Batik Unesa sebagai Upaya Mewujudkan *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030

Kode/Nama Rumpun Ilmu : 112 / Kimia
Bidang Fokus Penelitian : Sains dan Teknologi
Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc
b. NIDN : 0004078201
c. Jabatan Fungsional : Guru Besar
d. Program Studi : Kimia
e. Nomor HP : 081217474996
f. Alamat surel (e-mail) : nitakusumawati@unesa.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : Dr. Maria Monica Sianita, M.Si
b. NIDN : 0003056410
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Anggota Peneliti (2)

a. Nama Lengkap : Dr. Pirim Setiarso, M.Si
b. NIDN : 0027086003
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Anggota Peneliti (3)

a. Nama Lengkap : Samik, S.Si., M.Si
b. NIDN : 0006088306
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Anggota Peneliti (4)

a. Nama Lengkap : Nur Hayati, S.Si., M.Si
b. NIDN : 0029018201
c. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Surabaya

Lama Penelitian Keseluruhan : 1 tahun
Usulan Penelitian Tahun ke- : 1
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 40.000.000,00
Biaya Penelitian

- diusulkan ke LPPM : Rp 40.000.000,00
- UNESA : Rp 5.000.000,00 / in kind: -
- dana institusi mitra



Prof. Dr. Madlazim, M.Si
NIP. 196511051991031012

Surabaya, 16 Nopember 2021

Ketua Peneliti,

Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc
NIP. 198207042005012002



Prof. Dr. Irfan, M.Hum
NIP. 196509261990022001

RINGKASAN

Sustainable development didefinisikan sebagai pembangunan untuk pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan generasi masa depan, yang meliputi aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Aspek lingkungan mendapatkan perhatian khusus, karena berkaitan langsung dengan kelestarian alam pendukung ketersediaan kebutuhan generasi masa depan.

Industri tekstil menjadi salah satu industri pemicu dampak negatif bagi lingkungan. Industri batik yang menjadi bagian tidak terpisahkan dari industri tekstil, juga menjadi penyumbang limbah cair terbesar, yang mengancam keberlanjutan pemenuhan kebutuhan di masa depan. Produk samping industri berupa sisa pencelupan pewarna sintetis berdampak negatif pada lingkungan dan kesehatan. Limbah cair pewarna dalam jumlah besar yang dihasilkan oleh industri batik, didominasi oleh pewarna sintetis toksik dan tidak ramah lingkungan. Struktur kompleks, menjadikan pewarna ini sulit didegradasi. Kondisi ini semakin memperburuk ketersediaan air bersih dan layak minum. Sifat pewarna sintetis yang karsinogenik meningkatkan beban pencemaran. Meningkatnya kesadaran dunia akan bahaya ini, telah membangkitkan kembali penggunaan pewarna alam. Pada situasi ini, eksplorasi dan pengaplikasian material pewarna alami dengan teknologi yang efektif dan efisien menjadi sangat diperlukan untuk meminimumkan kerusakan di muka bumi.

Melalui Penprinas MP3EI 2016-2018 dan PTUPT 2019, Tim Pengusul telah melakukan eksplorasi dan standarisasi pewarnaan alami menggunakan 15 potensi lokal Indonesia. Hasilnya menunjukkan kemunculan gradasi merah, hijau, kuning, coklat, hitam, biru, dan ungu dengan intensitas warna 31,48%–97,88% dan ketahanan luntur pada *staining scale* 2-5 (baik). Hasil riset juga menunjukkan tingginya intensitas (60-100%) dan ketahanan luntur warna (*staining scale* 4-5 (baik)) pada sebagian besar (97%) pewarnaan. Namun, penetrasi tidak terlalu baik pada prosedur *pre-mordanting* telah menghambat perkembangan aplikasinya. Tingginya pemanfaatan air diprediksi memicu penurunan level fiksasi yang menurunkan penetrasi warna.

Pad steam dyeing menjadi teknologi alternatif potensial untuk pewarnaan katun karena mampu menekan konsumsi air dan meningkatkan penetrasi pewarna [20]. Berdasarkan hal ini, melalui Penelitian Pengembangan Prototipe Industri 2019, Tim Pengusul melakukan standarisasi *eco-dyeing* dengan teknologi *pad steam dyeing* menggunakan kunyit, kulit manggis, daun mangga, jambu air dan kersen, kubis ungu, kulit kayu secang dan serabut kelapa. Hasilnya menunjukkan peningkatan 5,15%-31,02% intensitas warna dan 14,28%-75% ketahanan luntur, efisiensi pewarnaan hingga 127,98%/hari dan efisiensi pengeringan hingga 61,32%/hari. Perolehan ini menjadi landasan pelaksanaan fabrikasi skala *pilot* produk eco-batik Unesa.

Penelitian diarahkan untuk mencapai tingkat kesiapteraan Teknologi (TKT) 8. Penelitian dilakukan sebagai tindak lanjut demonstrasi fabrikasi eco-batik di lingkungan sebenarnya. Penelitian difokuskan pada pemantapan metode dan teknologi produksi menggunakan *pad steam dyeing* untuk efisiensi waktu, SDM dan biaya produksi. Pada akhir penelitian diharapkan dapat dihasilkan produk eco-batik Unesa hasil fabrikasi skala *pilot* dengan *feasibility* tinggi. Lebih lanjut, untuk meningkatkan dampak riset terhadap bidang unggulan prioritas Unesa, khususnya pada teknologi eksplorasi potensi material baru, yang difokuskan untuk mendukung transformasi material sampah dan pengolahan limbah secara luas (nasional), ditargetkan sejumlah luaran pada penelitian ini, diantaranya adalah karya seni batik, Teknologi Tepat Guna (TTG) *pad steam dyeing*, serta publikasi, baik pada jurnal internasional, seminar nasional dan internasional, serta HKI jenis paten.

Kata kunci: Eco-batik, Eco-dyeing, Pewarna, Sintetis, Alami

PRAKATA

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga sampai pada bulan ke – 8 pelaksanaan, sebesar 100% tahapan dalam penelitian ini telah diselesaikan. Tahapan penelitian yang telah diselesaikan meliputi: (a) pelaksanaan simulasi fabrikasi skala pilot eco-batik Unesa; (b) analisa kapasitas produksi, biaya operasional dan harga jual eco-batik Unesa; (c) penyusunan dokumen *feasibility study* dan (d) *branding* produk eco-batik Unesa. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran biaya operasional, kualitas dan kapasitas produksi eco-batik Unesa sebagai langkah persiapan menuju tahapan fabrikasi pada skala penuh produk bersangkutan. Secara spesifik, keberhasilan penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangsih terhadap perkembangan metode pewarnaan alami tekstil, khususnya pada proses produksi batik.

Hormat kami,
Tim Peneliti

DAFTAR TABEL

Tabel	Uraian Tabel	Halaman
5.1	Perhitungan Waktu Pembuatan Batik pada Masing-masing Tahapan Produksi	22
5.2	Rincian Biaya Bahan Produksi Eco-batik Unesa	23
5.3	Rincian Biaya Produksi & <i>Branding</i> Eco-batik Unesa	24
5.4	Total Biaya Produksi Eco-batik Unesa	24
5.5	Analisa Kelayakan Manajemen	25
5.6	Waktu Produksi Eco-batik Unesa	27
5.7	Kebutuhan Bahan Baku dan Bahan Bakar Produksi Eco-batik Unesa	28
5.8	Biaya Jasa Produksi Eco-batik Unesa	30
5.9	Biaya Bahan Baku, Bahan Bakar dan Jasa pada Produksi Eco-batik Unesa	30
5.10	Analisa <i>Break Event Point</i> Eco-batik Unesa	32
5.11	<i>Cash Flow</i> Eco-batik Unesa	32
5.12	Analisa Aspek Sosial Produksi Eco-batik Unesa	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Uraian Gambar	Halaman
5.1	Ilustrasi fungsi inhibisi pengotor pada reaksi serat kain dengan mordant	12
5.2	Kegiatan pencucian bahan kain menggunakan TRO (a) dan <i>mordanting</i> menggunakan tawas (b)	13
5.3	Kegiatan penggambaran motif dengan tingkat kerumitan rendah-sedang	13
5.4	Kegiatan penggambaran motif dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi	14
5.5	Pembatikan klowong dan nembok pada bahan baku kain dengan warna dasar kuning berbasis ekstrak pewarna alam kunyit (tingkat kerumitan motif rendah-sedang)	15
5.6	Pembatikan klowong dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi pada bahan baku kain	16
5.7	Pewarnaan alami berbasis ekstrak pewarna alam kunyit (tingkat kerumitan motif rendah-sedang) dengan metode pencelupan	17
5.8	Pewarnaan alami batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi dengan metode colet/ Lukis	18
5.9	Fiksasi pewarnaan alami berbasis ekstrak pewarna alam kunyit (tingkat kerumitan motif rendah-sedang) menggunakan tawas dan tunjung	20
5.10	Fiksasi pewarnaan alami berbasis pewarna alam klaras-metanol, kulit kayu secang-aquades, bunga telang-aquades, dan daun papaya-etanol (tingkat kerumitan motif sedang-tinggi) menggunakan tawas	21

BAB I

LATAR BELAKANG

A. Latar Belakang

Sustainable development didefinisikan sebagai “pembangunan untuk pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan generasi masa depan”, yang meliputi tiga aspek yaitu lingkungan, sosial, dan ekonomi [1]. Aspek lingkungan mendapatkan perhatian khusus, karena berkaitan langsung dengan kelestarian alam pendukung ketersediaan kebutuhan generasi masa depan [1-6].

Industri tekstil menjadi salah satu industri yang banyak memicu dampak negatif bagi lingkungan. Penggunaan air bersih dalam kuantitas besar dan berbagai paduan warna, menjadikan industri ini penyumbang limbah cair terbesar, yang mengancam keberlanjutan pemenuhan kebutuhan di masa depan [7-9].

Batik merupakan produk tekstil warisan nusantara. Pada awalnya batik digunakan terbatas oleh penghuni keraton. Namun, seiring perkembangan jaman, batik juga digunakan seluruh lapisan masyarakat. Batik juga telah dilirik pasar dunia, yang tampak pada peningkatan nilai ekspor, dari USD 3,2 juta pada tahun 2019 menjadi USD 21,54 juta pada tahun 2020 [10]. Namun, pada perkembangannya, dampak negatif muncul seiring semakin intensifnya penggunaan air dan pewarna dalam proses produksi batik. Limbah cair pewarna dalam jumlah besar yang dihasilkan oleh industri tekstil, didominasi oleh pewarna sintesis toksik dan tidak ramah lingkungan. Struktur kompleks, menjadikan pewarna ini sulit didegradasi [11]. Meningkatnya kesadaran dunia akan bahaya ini, telah membangkitkan kembali penggunaan pewarna alam [12].

Melalui Penprinas MP3EI 2016-2018 dan PTUPT 2019, Tim Pengusul telah melakukan eksplorasi dan standarisasi pewarnaan alami menggunakan 15 potensi lokal Indonesia. Hasilnya menunjukkan kemunculan gradasi merah, hijau, kuning, coklat, hitam, biru, dan ungu dengan intensitas warna 31,48%–97,88% dan ketahanan luntur pada *staining scale* 2-5 (baik). Hasil riset juga menunjukkan tingginya intensitas (60-100%) dan ketahanan luntur warna (*staining scale* 4-5 (baik)) pada sebagian besar (97%) pewarnaan [13-18]. Namun, penetrasi tidak terlalu baik pada prosedur *pre-mordanting* telah menghambat perkembangan aplikasinya [19]. Tingginya pemanfaatan air diprediksi memicu penurunan level fiksasi yang menurunkan penetrasi warna.

Pad steam dyeing menjadi teknologi alternatif potensial untuk pewarnaan katun karena mampu menekan konsumsi air dan meningkatkan penetrasi pewarna [20]. Berdasarkan hal

ini, melalui Penelitian Pengembangan Prototipe Industri 2019, Tim Pengusul melakukan standarisasi *eco-dyeing* dengan teknologi *pad steam dyeing* menggunakan kunyit, kulit manggis, daun mangga, jambu air dan kersen, kubis ungu, kulit kayu secang dan serabut kelapa. Hasilnya menunjukkan peningkatan 5,15%-31,02% intensitas warna dan 14,28%-75% ketahanan luntur terhadap pencucian basah dan kering, cahaya matahari, gosok basah dan kering, serta keringat. Berdasarkan data tersebut, telah dilakukan efisiensi pewarnaan hingga 127,98%/hari dan efisiensi pengeringan hingga 61,32%/hari. Perolehan ini menjadi landasan pelaksanaan fabrikasi skala *pilot* produk eco-batik Unesa.

B. Rumusan Masalah

Penelitian diarahkan untuk menjawab permasalahan “bagaimanakah kualitas dan kapasitas produksi eco-batik Unesa pada skala *pilot*.”

C. Urgensi (Keutamaan) Penelitian

Pencemaran perairan akibat limbah industri, terutama tekstil, sudah tidak dapat dihindarkan. Produk samping industri berupa sisa pencelupan pewarna sintetis berdampak negatif pada lingkungan dan kesehatan. Kondisi ini semakin memperburuk ketersediaan air bersih dan layak minum. Sifat pewarna sintetis yang karsinogenik meningkatkan beban pencemaran. Pada situasi ini, eksplorasi dan pengaplikasian material pewarna alami dengan teknologi yang efektif dan efisien menjadi sangat diperlukan untuk meminimumkan kerusakan di muka bumi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. State of The Art Penelitian

Batik dikenal sebagai teknik pewarnaan yang dilakukan dengan menggunakan malam sebagai penghalang masuknya warna pada motif tertentu. Tahapan pembuatan batik meliputi pembuatan desain motif pada kain, pembatikan atau penutupan sebagian motif menggunakan material *dyes resist* (malam), pewarnaan, dan pelepasan malam atau pelorodan. Meski dikenal sebagai industri yang berkontribusi besar terhadap pendapatan non-migas Indonesia, sejumlah penelitian terdahulu melaporkan tingginya dampak negatif industri tekstil ini terhadap lingkungan. Intensifnya penggunaan air, material *dyes resist* dan pewarna dalam jumlah besar, telah memicu pencemaran lingkungan signifikan di sejumlah Daerah Aliran Sungai (DAS), khususnya di wilayah Pekalongan, Cirebon, Solo dan Yogyakarta, yang merupakan daerah produsen batik terbesar di Indonesia. Oleh karena itu, demi menjamin pemenuhan kebutuhan di masa depan, penting untuk segera diupayakan proses produksi batik yang lebih ramah lingkungan.

Pada MP3EI 2015-2017 telah dilakukan penelitian terkait penggunaan limbah malam yang menghasilkan standar bahan baku dan proses pembatikan “*zero waste management*”. Hasilnya menunjukkan tingginya potensi pemanfaatan kembali limbah malam batik, baik tanpa maupun dengan tambahan bahan peningkat kualitas, seperti gondorukem, paraffin, dan kendal. Optimalisasi pemanfaatan limbah malam tawon pada proses produksi batik diharapkan mampu berkontribusi dalam mewujudkan 3 (tiga) dari 17 *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030, yaitu “*responsible consumption & production*”, “*clean water & sanitation*”, dan “*climate action*”.

Pewarnaan menjadi salah satu tahapan produksi batik yang hasil sampingnya (limbahnya) paling berdampak besar terhadap kerusakan lingkungan perairan. Proses pewarnaan batik di Indonesia mayoritas memanfaatkan pewarna sintetis dengan hasil warna yang kuat dan tegas. Zat warna yang digunakan umumnya senyawa organik berupa senyawa kompleks aromatik yang sukar didegradasi sehingga tingkat pencemaran terhadap lingkungan sangat tinggi. Salah satu jenis pewarna sintetis yang digunakan dalam proses pewarnaan adalah senyawa azo. Senyawa azo mengandung cincin naftalena pada struktur aromatiknya, yang dikenal sangat berbahaya. Selain berdampak pada lingkungan, senyawa azo berdampak langsung terhadap kesehatan. Senyawa azo memiliki toksisitas tinggi dan mampu menginduksi timbulnya gangguan pada fungsi hati, ginjal, dan limpa [21-22]. Seiring dengan

peningkatan kesadaran masyarakat dunia akan bahaya ini, pada beberapa dekade terakhir, pemanfaatan pewarnaan alami untuk tekstil mulai menarik perhatian sebagian peneliti. Pewarna alam menawarkan kelebihan khususnya pada sifatnya yang ramah lingkungan, serta toksisitas dan dampak alerginya yang rendah [23-24].

Pemanfaatan pewarnaan alami semakin menjanjikan banyak potensi ekonomi, seiring dengan digaungkannya *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030. *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030 merupakan keberlanjutan dari *Millenium Development Goals* (MDGs), yang difokuskan pada kemiskinan dan kelaparan, sementara pada SDGs terdapat 17 tujuan yang ditargetkan mencakup aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi [25]. Proses pewarnaan yang lebih ramah lingkungan memegang peranan penting pada ketercapaian SDGs aspek lingkungan, khususnya pada upaya minimalisasi drastisnya perubahan iklim [26].

Meski tersedia banyak sumber dengan kelimpahan tinggi, peneliti terus melakukan eksplorasi untuk ekstraksi pewarna alami baru dengan berbagai kelebihan fungsionalnya. Eksplorasi ini idealnya mencakup uji perilaku pewarnaan dan sifat perlindungan ultraviolet (UV) yang menghadirkan nilai tambah bagi produk tekstil. Brazilin adalah pigmen dalam kulit kayu *Caesalpinia sappan* yang menghadirkan keduanya, kemampuan mewarnai sekaligus sifat perlindungan UV potensial bagi serat tekstil. Secang (*Caesalpinia sappan L.*) adalah tanaman yang di kulit kayu-nya banyak terkandung isolat senyawa fenolik seperti *xanthone*, *coumarin*, *chalcones*, *flavones*, *homoisoflavonoids*, dan brazilin. Kandungan brazilin menyebabkan *Caesalpinia sappan* potensial sebagai pewarna merah alami pada serat [27-28].

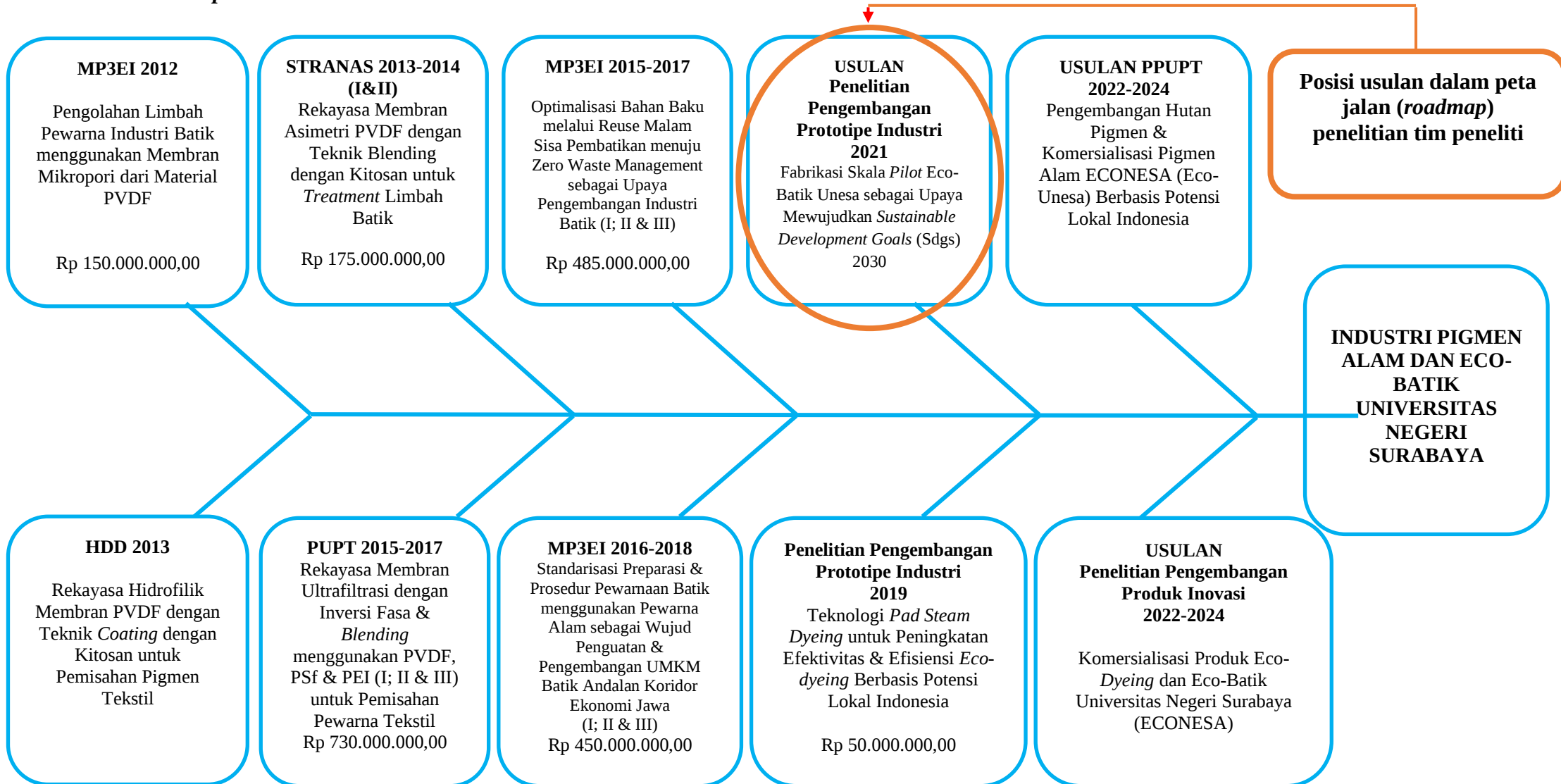
Di tempat yang berbeda, kandungan tanin dan klorofil pada pandan (*Pandanus amaryllifolius*) menghasilkan warna yang cenderung kuning dan kehijauan. Selain tanin dan klorofil, keberadaan antosianin yang merupakan senyawa flavonoid bertanggungjawab terhadap kemunculan warna merah, ungu, dan biru. Selain sebagai zat warna, pandan juga memiliki aktivitas anti-virus dan anti-oksidan [29].

Kandungan tanin pada *Garcinia mangostana* juga menghasilkan warna dengan nuansa kecoklatan. Lebih lanjut, keberadaan kurkumin pada *Curcuma longa* dan tanin pada *Terminalia catappa* menghasilkan warna kuning kemerahan dan kuning kecoklatan. Kurkumin merupakan senyawa polifenol hidrofobik yang memberikan nuansa warna kuning-jingga. Kurkumin menunjukkan adanya tautomerisme keto-enol yang dapat memberikan warna berbeda sesuai pH ekstrak [30]. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan eksplorasi warna beberapa material baru, diantaranya *Clitoria ternatea*, *Lantana camara*, *Carica*

papaya, dan *Musa paradisiaca*. Adanya kandungan antosianin pada *Clitoria ternatea* mampu menghasilkan warna merah hingga ungu. Kandungan antosianin, karotenoid, dan betalain pada bunga *Lantana camara* menyebabkan adanya perubahan warna yang dihasilkan, yaitu kuning, putih, dan ungu. kandungan klorofil pada *Carica papaya* mampu menghasilkan warna kehijauan serta adanya karbon pada *Musa paradisiaca* menginduksi munculnya warna coklat kehitaman. Selain sebagai pewarna, *Carica papaya* juga berperan sebagai bio-mordan dalam preparasi kain. *Carica papaya* juga mempunyai aktifitas anti-bakteri dan anti-oksidan [31].

Melalui Penprinas MP3EI 2016-2018 dan PTUPT 2019, tim peneliti telah melakukan riset optimasi dan standarisasi pewarnaan serat katun menggunakan pigmen alami dari mawar (*Rosa* sp.), kunyit (*Curcuma longa*), manggis (*Garcinia mangostana*), jambu air (*Syzygium aqueum*), daun kersen (*Muntingia calabura* L.), daun mangga (*Mangifera indica*), daun jambu biji (*Psidium Guava*), daun jati (*Tectona grandis*), daun lamtoro (*Leucanea leucocephala*), kulit kayu secang (*Caesalpinia sappan*), serabut kelapa (*Cocos nucifera*), buah mangsi (*Phyllanthus reticulatus* poir), kulit jeruk (*Citrus reticulata*), dan daun pacar air (*Impatiens balsamina*) dengan fokus riset pada pengaruh komposisi pigmen, metode pewarnaan dan jenis fixer terhadap nuansa, intensitas dan ketahanan luntur warna terhadap pencucian, cahaya matahari, gosokan, dan keringat. Meski keseluruhan hasil menunjukkan intensitas dan ketahanan luntur tinggi, penetrasi warna tidak terlalu tinggi telah menghambat perkembangan aplikasinya [19]. Hal ini terutama karena reaksi antara situs selulosa (Sel-O) dan molekul air dengan pewarna selama fiksasi. Mekanisme hidrolisis menyebabkan pewarna kehilangan reaktivitas molekulnya sehingga memicu penurunan level fiksasi [20;32]. *Pad steam dyeing* menjadi teknologi alternatif untuk pewarnaan kain katun karena mampu menekan konsumsi air dan meningkatkan penetrasi pewarna ke serat [33]. Minimalnya penggunaan air dan ketiadaan pemanfaatan sejumlah besar elektrolit anorganik menjadikan teknologi ini efisien air, energi dan *eco-friendly*. Lebih lanjut, melalui Penelitian Pengembangan Prototipe Industri 2019, Tim Peneliti telah melakukan standarisasi teknologi pewarnaan ini dan hasilnya menunjukkan peningkatan efektivitas dan efisiensi pewarnaan secara signifikan.

B. Roadmap Tim Peneliti



Gambar 2.1. Peta jalan (roadmap) penelitian tim peneliti

BAB III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui bagaimanakah kualitas dan kapasitas produksi eco-batik Unesa pada skala *pilot*.

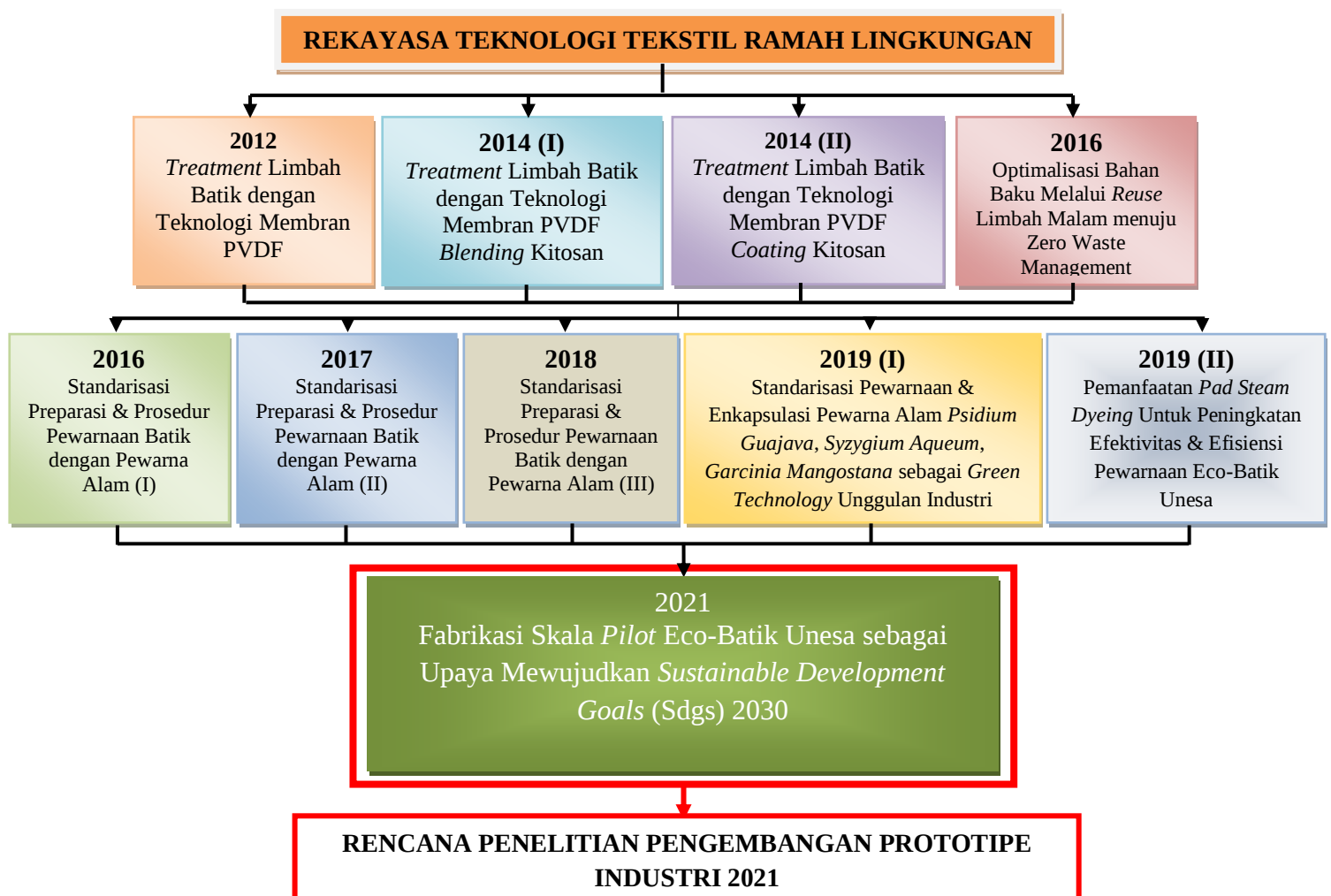
B. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah untuk mendapatkan tingkat kesiapan fabrikasi Eco-batik Unesa, sebagai landasan pelaksanaan fabrikasi skala penuh pada tahapan selanjutnya.

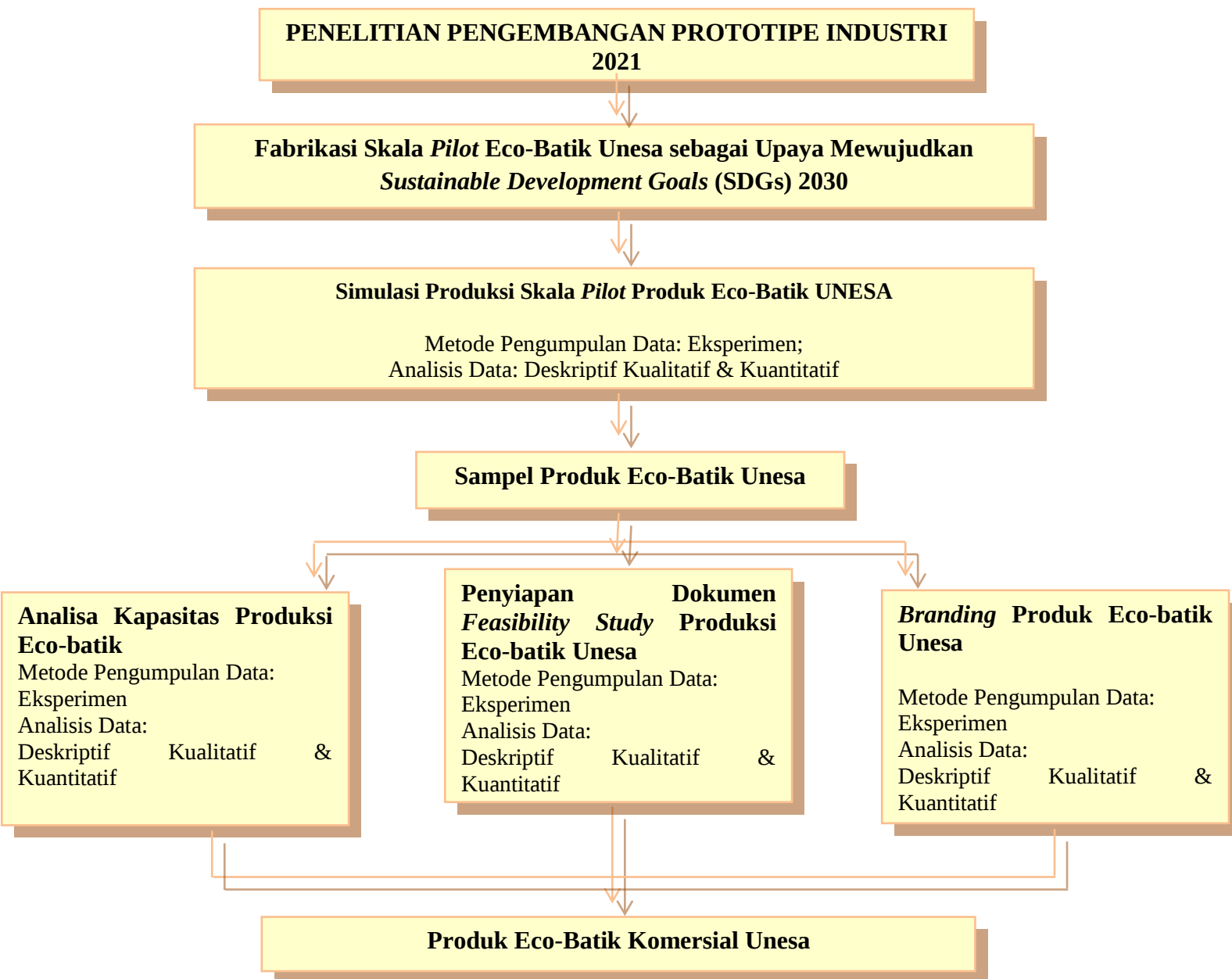
BAB IV METODE PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 1 tahun. Posisi usulan riset pada *roadmap* dan capaian tim peneliti tampak pada gambar 4.1. Rincian selengkapnya mengenai tahapan penelitian, meliputi metode pengumpulan dan analisis data, tampak pada gambar 4.2.



Gambar 4.1. Capaian tim peneliti 2012-2019 dan posisi usulan riset 2021 dalam *roadmap*



Gambar 4.2. Tahapan penelitian tahun 2021

B. Luaran

Pada **Penelitian Tahun 2021** ini, luaran yang diharapkan tercapai meliputi: (1) produk eco-batik Unesa hasil fabrikasi skala *pilot*; (2) HKI jenis paten, mengenai prosedur fabrikasi eco-batik berbasis teknologi *pad steam dyeing*; (3) TTG berupa mesin *pad-steam dyeing* yang siap digunakan untuk fabrikasi eco-batik Unesa skala *pilot*; (4) dokumen *feasibility* (kelayakan) produksi eco-batik Unesa skala *pilot*; dan (5) TKT 8.

C. Indikator Capaian Yang Terukur

Indikator capaian keberhasilan penelitian ini adalah diperolehnya produk eco-batik Unesa dengan kualitas warna yang terukur dari spesifikasi: (1) memiliki gradasi warna kemerahan ($L^* \geq 50\%$); (2) memiliki kekuatan warna tinggi ($\geq 90\%$); (3) ketahanan luntur tinggi terhadap cahaya (*staining scale* $\geq 3-4$); (4) ketahanan luntur tinggi terhadap pencucian (*staining scale* $\geq 3-4$); (5) ketahanan luntur tinggi terhadap gosok kering (*staining scale* $\geq 3-4$); (6) ketahanan luntur tinggi terhadap gosok basah (*staining scale* $\geq 3-4$); (7) ketahanan luntur tinggi terhadap keringat asam (*staining scale* $\geq 3-4$); (8) ketahanan luntur tinggi terhadap keringat basa (*staining scale* $\geq 3-4$); (9) ketahanan termal tinggi ($\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$); (10) efisiensi pewarnaan tinggi (127,98%/hari); dan (11) efisiensi pengeringan tinggi (61,32%/hari).

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

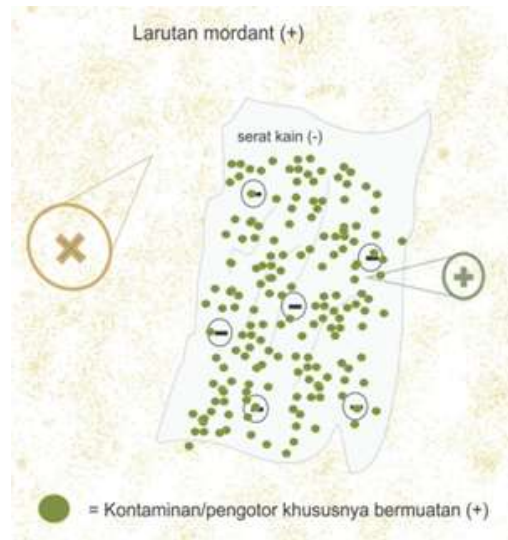
A. Fabrikasi Skala *Pilot-line* Eco-batik Unesa

Untuk mendapatkan gambaran tingkat kesiapan fabrikasi Eco-batik skala penuh, pada penelitian ini telah dilakukan fabrikasi skala *pilot* dengan melibatkan 6 (enam) orang tenaga produksi dan 1 (satu) orang tenaga *branding* produk. Secara spesifik, dari total 6 (enam) orang tenaga produksi, 1 (satu) orang dilibatkan dalam preparasi bahan baku kain, 1 (satu) orang dilibatkan dalam preparasi ekstrak pewarna alam, 2 (dua) orang dilibatkan dalam fabrikasi produk eco-batik dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang, dan sisanya, sebanyak 2 (dua) orang dilibatkan dalam fabrikasi produk eco-batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi.

Fabrikasi Eco-batik Unesa pada skala *pilot* ini meliputi sejumlah tahapan produksi, yaitu: (1) preparasi bahan baku kain mori primisima. Tahapan preparasi terbagi menjadi 2 (dua) sub tahapan, yaitu pencucian dan *mordanting*; (2) penggambaran motif batik; (3) pembatikan atau pengaplikasian *dyes resist* (malam); (4) pembuatan ekstrak pewarna alam; (5) pewarnaan alami. Secara spesifik, pada hasil pembatikan dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang, diaplikasikan pewarnaan alami dengan teknik pencelupan, sedangkan pada tingkat kerumitan sedang-tinggi, diaplikasikan pewarnaan alami dengan teknik lukis (*colet*) menggunakan kuas; dan (6) pe-lorod-an material *dyes resist*.

Pencucian dengan *Turkish Red Oil* (TRO), dilakukan untuk memastikan bahan baku kain dalam kondisi terbebas dari berbagai kontaminan, baik polar maupun non polar, yang berpotensi mengganggu berbagai interaksi yang dibutuhkan, seperti interaksi muatan negative gugus fungsional hidroksida (-OH) serat kain dengan muatan positif logam pada *mordant* maupun interaksi antara muatan negative gugus fungsional hidroksida (-OH) serat kain dengan muatan positif gugus fungsional senyawa pewarna alam. Proses pencucian yang tidak sempurna cenderung menyisakan sejumlah material pengotor tidak larut air yang terdeposisi pada serat kain. Hal ini memunculkan dampak negatif, dimana keberadaan material ini berpotensi menghalangi interaksi di antara gugus fungsional hidroksida pada serat kain dengan senyawa perantara pewarnaan (*mordant*) yang bermuatan positif. Semakin kecil kuantitas *mordant* yang berinteraksi dengan serat kain, semakin kecil pula kuantitas senyawa pewarna, khususnya anionik, yang dapat berinteraksi dengan muatan positif *mordant*. Demikian pula sebaliknya. Pada gambar 5.1 tampak ilustrasi yang menggambarkan

terhalangnya interaksi fisik yang terjadi di antara serat kain bermuatan negatif dengan *mordant* bermuatan positif yang diinduksi oleh gaya elektrostatis, oleh keberadaan pengotor hidrofobik.



Gambar 5.1. Ilustrasi fungsi inhibisi pengotor pada reaksi serat kain dengan mordant

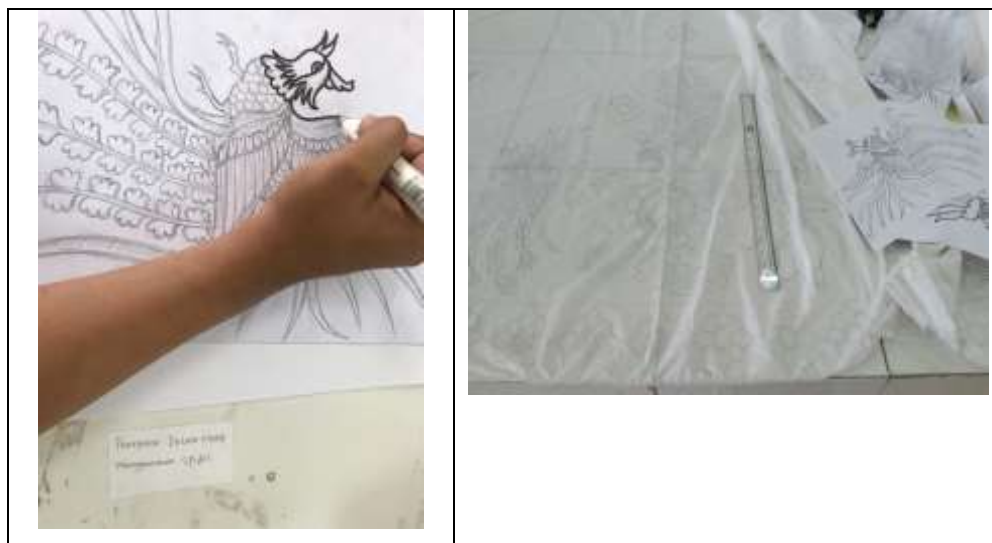
Sementara *mordanting* menggunakan tawas, dibutuhkan untuk menyediakan senyawa perantara yang dapat memfasilitasi terjadinya interaksi di antara serat kain dan sejumlah besar senyawa pewarna alam, yang umumnya sama-sama bermuatan negative. *Mordant* adalah senyawa kimia yang mengandung logam dengan valensi dua atau lebih. Keberadaan *mordant* dibutuhkan untuk rekayasa warna terutama ketika digunakan pewarna alami. Pelaksanaan tahapan *mordanting* dengan *mordant* berbeda umumnya menghasilkan nuansa warna berbeda meski jenis pewarna dan tipe pewarnaan yang diaplikasikan sama.

Hasil analisa kapasitas preparasi menunjukkan perolehan 50 lembar kain terpreparasi dalam kurun waktu 1 bulan. Dengan mengasumsikan waktu kerja per hari yang mencapai 8 jam dan total waktu yang dibutuhkan untuk preparasi yang selama 370 menit untuk TRO dan 1.450 menit untuk *mordanting*, maka masing-masing tenaga kerja mampu menghasilkan 2 lembar kain terpreparasi per hari. Pada Gambar 5.2 tampak kegiatan preparasi bahan baku kain.



Gambar 5.2. Kegiatan: (a) pencucian bahan kain menggunakan TRO; dan (b) *mordanting* menggunakan tawas

Setelah preparasi, tahapan fabrikasi dilanjutkan dengan penggambaran pola/motif pada kain hasil preparasi menggunakan metode menjiplak. Berdasarkan tingkat kerumitan motif yang digambar pada kain, waktu penyelesaian kegiatan pada tahapan ini memakan waktu yang bervariasi. Dengan 2 (dua) orang tenaga kerja, penggambaran motif batik dengan tingkat kerumitan rendah-sedang, per bulan dapat dihasilkan 15 lembar kain, sedangkan untuk penggambaran motif batik dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi, per bulan dapat dihasilkan 7 lembar kain. Pada Gambar 5.3 tampak kegiatan penggambaran bahan baku kain yang telah terpreparasi.





Gambar 5.3. Kegiatan penggambaran motif dengan tingkat kerumitan rendah-sedang



Gambar 5.4. Kegiatan penggambaran motif dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi

Setelah motif tergambar di kain, tahapan produksi eco-batik dilanjutkan dengan pematikan. Secara definitif, pematikan merupakan tindakan pengaplikasian material *dyes resist* untuk menghindarkan pewarnaan pada motif-motif tertentu pada kain. Sifat material *dyes resist* atau penghalang warna yang cenderung hidrofobik akan menghambat masuknya pewarna alam yang larut air pada serat kain. Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pematikan per lembar kain, telah diobservasi pematikan, baik dengan tingkat kerumitan rendah-sedang maupun sedang-tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa pematikan motif batik dengan tingkat kerumitan rendah-sedang membutuhkan waktu selama 15 jam, sementara penggambaran motif dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi membutuhkan waktu selama 30 jam. Pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6, masing-masing tampak dokumentasi tahapan pematikan eco-batik dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang dan sedang-tinggi.





Gambar 5.5. Pembatikan klawong dan nembok pada bahan baku kain dengan warna dasar kuning berbasis ekstrak pewarna alam kunyit (tingkat kerumitan motif rendah-sedang)





Gambar 5.6. Pembatikan klowong dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi pada bahan baku kain

Pewarnaan menjadi tahapan selanjutnya dalam produksi eco-batik. Teknik pewarnaan pada tahapan ini sangat dipengaruhi oleh tingkat kerumitan motif. Pada hasil pembatikan dengan tingkat kerumitan rendah-sedang, diberlakukan teknik pewarnaan pencelupan, sedangkan pada motif dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi, diaplikasikan teknik pewarnaan colet yang dikombinasikan dengan teknik lukis. Lebih lanjut, tingkat kerumitan motif juga mempengaruhi preparasi ekstrak pewarna alam yang akan digunakan. Seperti misalnya pada pewarnaan motif batik dengan tingkat kerumitan rendah-sedang, pewarna alam dipreparasi menggunakan metode ekstraksi sederhana menggunakan panas tinggi hingga didapatkan setengah volume awal. Berbeda dengan ini, untuk produksi eco-batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi, pewarna alam yang akan digunakan dipreparasi dengan teknik maserasi dan evaporasi. Secara spesifik, maserasi didefinisikan sebagai metode ekstraksi dengan proses perendaman bahan dengan pelarut yang sesuai dengan senyawa aktif yang akan diambil dengan pemanasan rendah atau tanpa adanya proses pemanasan, sedangkan evaporasi adalah suatu proses penguapan air yang berawal dari permukaan bentangan air atau juga dari bahan padat yang mengandung air. Pada persiapan pewarnaan dengan teknik colet, evaporasi dilakukan pada suhu relatif rendah (40 °C) yang dijaga konstan hingga didapatkan ekstrak *viscous* dari larutan pewarna alam bersangkutan. Lebih lanjut, sebagaimana pada beberapa tahapan sebelumnya, untuk menghitung kapasitas pewarnaan, baik dengan teknik celup ataupun colet/Lukis, telah dianalisa dihitung waktu yang dibutuhkan untuk pewarnaan celup maupun colet. Hasilnya menunjukkan bahwa teknik

pewarnaan dengan pencelupan membutuhkan waktu selama 480 menit/kain (2 variasi warna dengan 7 (tujuh) kali pencelupan), sedangkan teknik pewarnaan dengan colet/lukis membutuhkan waktu selama 960 menit/kain (5 variasi warna). Pada Gambar 5.7 tampak tahapan pewarnaan pada eco-batik dengan tingkat kerumitan rendah-sedang, sementara pada Gambar 5.8 tampak tahapan pewarnaan pada eco-batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi.





Gambar 5.7. Pewarnaan alami berbasis ekstrak pewarna alam kunyit (tingkat kerumitan motif rendah-sedang) dengan metode pencelupan





Gambar 5.8. Pewarnaan alami batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi dengan metode colet/lukis

Pada tahapan akhir, untuk mendapatkan kualitas dan ketahanan luntur warna alami yang tinggi, dilakukan fiksasi menggunakan 3 (tiga) material, yaitu tunjung, tawas dan kapur. Fiksasi merupakan proses pencelupan yang bertujuan untuk mengunci zat warna yang masuk ke dalam serat agar **warna** yang dihasilkan tidak mudah pudar atau luntur. Fiksasi dilakukan dengan menambahkan bahan yang mengandung kompleks logam. Secara spesifik, tunjung mengandung logam Fe (besi), tawas mengandung logam Al (aluminium), sedangkan kapur mengandung logam Ca (kalsium). Pada pewarnaan alami, pemilihan jenis fixer sangat berpengaruh terhadap tampilan final warna. Penggunaan fixer tunjung umumnya memicu peningkatan ketahanan warna, sementara penggunaan fixer tawas dan kapur umumnya tidak memicu perubahan signifikan pada warna alami. Lebih lanjut, waktu fiksasi sudah termasuk dalam analisa waktu pewarnaan alami yang telah dibahas sebelumnya. Pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.10 tampak tahapan fiksasi, masing-masing untuk motif dengan tingkat kerumitan rendah-sedang dan sedang-tinggi.







Gambar 5.9. Fiksasi pewarnaan alami berbasis ekstrak pewarna alam kunyit (tingkat kerumitan motif rendah-sedang) menggunakan tawas dan tunjung





Gambar 5.10. Fiksasi pewarnaan alami berbasis pewarna alam klaras-metanol, kulit kayu secang-aquades, bunga telang-aquades, dan daun papaya-etanol (tingkat kerumitan motif sedang-tinggi) menggunakan tawas

Berdasarkan analisa waktu yang dibutuhkan untuk masing-masing tahapan produksi dan dengan memperhitungkan kesiapan komponen produksi batik secara keseluruhan, didapatkan kapasitas produksi eco-batik Unesa per bulan, yang mencapai 15 lembar kain terbatik dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang dan 7 lembar kain terbatik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi. Pada Tabel 5.1 tampak data yang digunakan untuk analisa kapasitas produksi eco-batik Unesa.

Tabel 5.1. Perhitungan Waktu Pembuatan Batik pada Masing-masing Tahapan Produksi

No	Tahapan	Waktu Operasional (menit)	Waktu Operasional (menit x @ 8 jam x @ 28 hari)	Kapasitas Produksi	Keterangan
1	Preparasi kain	1604	13440	50,27	TRO (370 menit) & mordanting (1450 menit)
2	Penggambaran motif dengan tingkat kerumitan rendah-sedang	240		56	4 jam/lembar
3	Penggambaran motif dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi	480		28	8 jam/lembar
4	Pembatikan motif dengan tingkat kerumitan rendah-sedang	900		14,9	Pembatikan klowong (5 jam) & pembatikan nembok (5 jam)
5	Pembatikan motif	1800		7,46	Pembatikan

	dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi				klowong (10 jam) & pembatikan nembok (20 jam)
6	Pembuatan pewarna alami	2000		6,72	Masing-masing pembuatan pewarna alami (panci 50L) membutuhkan waktu selama 1800 menit, dengan diawali preparasi (penimbangan dan penghancuran) selama 200 menit
7	Pewarnaan alami	480		149,33	4 jam untuk 1 (satu) pewarna – 7 kali pencelupan
8	Pelorodan	90		149,33	(60 menit pelorodan dalam panci 50L (7 (tujuh) kain) & 30 menit perendaman dalam pengharum)

Selain kapasitas produksi, pada tahapan kegiatan ini juga telah dianalisa biaya operasional untuk produksi eco-batik Unesa. Hasilnya menunjukkan biaya operasional sebesar Rp 314.600,00/lembar kain eco-batik dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang dan Rp 619.700,00/lembar kain eco-batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi. Biaya operasional ini meliputi biaya bahan, jasa produksi dan *branding*. Pada Tabel 5.2, Tabel 5.3 dan Tabel 5.4, masing-masing tampak detail biaya bahan, jasa produksi dan *branding* serta total biaya produksi eco-batik Unesa.

Tabel 5.2. Rincian Biaya Bahan Produksi Eco-batik Unesa

No	Tahapan	Bahan	Kuantitas	Biaya (Rp)
1	Preparasi kain	Kain	2 m	48888,88
		TRO	77,4 g	1470,60
		Tawas	61,92 g	495,36
		Abu Soda	15,48 g	154,80
		Air	15 L	3947,36
		Gas (1 jam)	0,0625	208,33
2	Pembatikan	Malam batik	1 kg	56000,00
		Gas	10 jam	4166,67
3	Pembuatan pewarna alami	Daun mangga	1 kg	15000
		Kulit manggis	1 kg	35000
		Tawas	400 g	3200
		Tunjung	400 g	12000
		Air	6 L	4210,52
		Gas	32 jam	13333,33
4	Pelorodan	Air	10 L	2631,57
		Gas	1 jam	416,67

Total (Rp)	231124,11
-------------------	------------------

Tabel 5.3. Rincian Biaya Produksi & *Branding* Eco-batik Unesa

No	Tahapan	Jasa/Bulan	Kapasitas Produksi/Bulan	Biaya Jasa/kain (L=2m) (Rp)
1	Preparasi kain + pewarna alami	600000	50	12000,00
2	Pembatikan dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang	750000	15	50000,00
3	Pembatikan dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi	630000	7	90000,00
4	<i>Branding</i>	600000 (28 hari)		21428,57
Catatan:				
1. Biaya jasa produksi & <i>branding</i> untuk tingkat kerumitan motif rendah-sedang Rp 83428,57				
2. Biaya jasa produksi & <i>branding</i> untuk tingkat kerumitan motif rendah-sedang Rp 123428,57				

Tabel 5.4. Total Biaya Produksi Eco-batik Unesa

No	Komponen Biaya Operasional	Biaya Operasional (Rp)	
		Tingkat Kerumitan Motif Rendah-Sedang	Tingkat Kerumitan Motif Sedang-Tinggi
1	Bahan	231124,11	496248,22
2	Jasa produksi & <i>branding</i>	83428,57	123428,57
Total (Rp)		314552,68	619676,79

B. Dokumen *Feasibility Study* Fabrikasi Eco-batik Unesa

Dalam dunia manajemen proyek, *feasibility study* menjadi tolak ukur yang sangat penting. Studi ini diperlukan setiap tim untuk menilai kelayakan proyek serta semua SDM dan logistik yang telah dipersiapkan. Tak hanya itu, melalui *feasibility study* juga dapat dianalisis angka *return on investment* yang akan diraih oleh perusahaan atau pihak penyelenggara. Secara definitif, *feasibility study* adalah teknik analisis yang digunakan untuk menilai kualitas dari factor-faktor sebuah proyek. Studi ini dilakukan di masa awal-awal proyek dan merupakan bagian dari tahap desain utama selama masa perencanaan. Bagi sebuah perusahaan, *feasibility study* dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan dan kelemahan proyek yang diusulkan secara obyektif.

Hasil analisis *feasibility study* dapat membantu untuk mengidentifikasi dan menilai peluang dan ancaman yang ada di lingkungan alam, sumber daya yang dibutuhkan, dan prospek keberhasilan. Maka dari itu, faktor-faktor utama dalam proses analisisnya termasuk pertimbangan ekonomi, teknis, hukum, dan penjadwalan.

1. Analisa Manajemen

Pada Tabel 5.5 tampak hasil analisa kelayakan manajemen.

Tabel 5.5. Analisa Kelayakan Manajemen

Ketersediaan tenaga kerja	:	Produk ini ditunjang dari segi sumber daya alam dengan pemodelan sebagai berikut. 1. 2 orang tenaga preparasi; 2. 2 orang tenaga penggambar pola, pembatikan, & pewarnaan dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang; 3. 2 orang tenaga penggambar pola, pembatikan, & pewarnaan dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi; 4. 1 orang tenaga <i>branding</i>; 5. 2 orang urusan pemasaran; dan 6. 1 orang urusan administrasi.
Manajemen kekayaan intelektual	:	Produk eco-batik Unesa ditunjang berbagai paten terkait malam batik modifikasi dan pewarna alami tekstil yang terdaftar pada Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, meliputi: 1. Paten Pembuatan Pewarna Alami Batik dari Material Limbah Kulit Jeruk dan Aplikasinya dalam Pewarnaan Kain Katun (tahun 2016-no. P00201606111); 2. Paten Malam Batik Modifikasi (Malam Tawon, Limbah Malam, Gondorukem, Kendal) dan Metode Pembuatannya (tahun 2016-no. P00201606112); 3. Paten Pembuatan Pewarna Alami Batik dari Material Limbah Kulit Manggis dan Aplikasinya dalam Pewarnaan Kain Katun (tahun 2016-no. P00201606113); 4. Paten Pembuatan Pewarna Alami Berbasis Air dan Metode Pengaplikasiannya (tahun 2018-no. P00201810035); dan 5. Paten Pewarnaan dan Enkapsulasi Pewarna Alam Psidium Guajava, Syzygium Aqueum, Garcinia Mangostana sebagai Green Technology Unggulan Industri Tekstil (tahun 2020-no. P00202008955).
Manajemen risiko	:	Produk ini memiliki beberapa risiko dari segi persiapan, produksi, dan pemasaran. Risiko tersebut dijelaskan dan diselesaikan sebagai berikut. 1. Dari sisi produksi, kondisi alam, seperti terjadinya musim kemarau jangka panjang, sangat mempengaruhi kontinuitas ketersediaan bahan baku. Risiko ini dapat dikelola melalui penyimpanan material bahan baku dalam kondisi kering ketika jumlahnya melimpah serta upaya pembudidayaan di wilayah hutan kampus Unesa. 2. Dari sisi produksi, keberadaan sejumlah kompetitor, baik yang memproduksi batik pewarna sintetis maupun alam, yang terlebih dahulu masuk pasar tentu akan sangat mempengaruhi penerimaan pasar terhadap produk eco-batik Unesa. Risiko ini dikelola

		dengan melakukan eksplorasi dan standarisasi prosedur ekstraksi dan aplikasi, sehingga produk eco-batik yang diproduksi kaya variasi warna dan memiliki intensitas dan ketahanan luntur warna yang tinggi. Selain itu, untuk menghindari kejenuhan pasar akan motif batik monoton, produk eco-batik unesa diproduksi dengan motif kontemporer.
Kapasitas dan kemampuan manajemen	:	1. Sumber daya manusia yang terlibat dalam produksi terdiri dari bidang keahlian kimia, seni rupa, dan desain komunikasi visual Unesa; 2. Sumber daya keuangan yang menyokong kegiatan produksi adalah pendanaan dari kampus (Unesa); 3. Sumber daya material bahan baku yang mendukung produksi didapatkan dari pembudidayaan komoditas pewarna alam di wilayah hutan kampus Unesa; 4. Sumber daya teknologi yang mendukung produksi eco-batik Unesa adalah teknologi <i>pad steam dyeing</i>. 5. Sumber daya metode yang mendukung produksi eco-batik Unesa meliputi metode produksi bersih batik <i>eco-friendly</i> berbasis pewarna alam yang telah teruji melalui sejumlah besar riset yang dilakukan oleh SDM Unesa; 6. Sumber daya market yang ditargetkan industri eco-batik unesa meliputi market internal, yaitu seluruh akademisi di lingkungan Unesa, serta market eksternal, yaitu masyarakat umum, serta sejumlah universitas, sekolah dan Dinas Pemerintahan yang memiliki hubungan kerjasama dengan Unesa.
Kesesuaian struktur organisasi	:	Eco-batik Unesa menjadi salah satu Unit Usaha Jasa dan Industri (UJI), yang dalam struktur organisasi berada di bawah naungan Wakil Rektor II (bidang keuangan) Unesa.
Kesesuaian legalitas terkait dan hibah	:	Eco-batik Unesa didirikan sebagai salah satu unit usaha Unesa yang dibentuk dari hasil riset selama bertahun-tahun. Dengan demikian, produksinya dijalankan secara legal sebagai suatu Unit Usaha Jasa dan Industri (UJI) di bawah naungan Wakil Rektor II (bidang keuangan) Unesa.

2. Analisa Ekonomi/Finansial

Analisa aspek ekonomi memberikan gambaran mengenai prediksi daya saing produk eco-batik terhadap produk sejenis di pasaran. Terkait hal tersebut, telah dilakukan evaluasi waktu dan proses produksi, serta perincian harga batik ditinjau dari kebutuhan bahan baku, bahan bakar serta jasa pembatikan dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang serta sedang-tinggi.

Tabel 5.6. Waktu Produksi Eco-batik Unesa

No.	Tahapan	Waktu Operasional (Menit)		Estimasi Waktu Pengerjaan (28 hari @ 8 jam @ 60 menit)	Kapasitas Produksi		Keterangan
		Kerumitan Rendah-Sedang	Kerumitan Sedang-Tinggi		Kerumitan Rendah-Sedang	Kerumitan Sedang-Tinggi	
(a) Preparasi Kain							
		1.604	1.604	13.440	50	50	Jumlah Kain yang telah dipreparasi: 1) TRO: 6 Jam 2) Mordanting: 24 Jam
(b) Penggambaran Motif							
		240	480	13.440	56	28	Penggambaran motif dilakukan pada kain sepanjang 2 m menggunakan pensil 2B
(c) Pematikan Motif							
		900	1800	13.440	15	7	Pematikan motif dilakukan menggunakan malam
(d) Pembuatan Pewarna Alami							
		2.000	1.410	13.440	7	9	Pembuatan pewarna alami dilakukan dengan dua metode yaitu: 1) Pemasakan ½ volume: dihasilkan 7 jenis pewarna (25L) untuk pematikan tingkat kerumitan rendah-sedang 2) Evaporasi atau penguapan pelarut: dihasilkan 9 jenis pewarna (200 g) untuk pematikan tingkat kerumitan sedang-tinggi
(e) Pewarnaan Alami							
		480	960	13.440	28	14	Pengaplikasian pewarna alami pada kain dilakukan dengan dua metode yaitu:

						1) Pencelupan: dihasilkan 28 kali jenis pewarna yang akan diaplikasikan pada kain menggunakan metode celup pewarna-fixer 2) Colet/Lukis: dihasilkan 14 jenis pewarna yang akan diaplikasikan pada kain menggunakan metode colet
(f) Pelorodan						
	90	90	13.440	149	149	Pada tahapan ini dilakukan pelepasan malam pada batik dan pemberian pewangi pada kain.
Jumlah Total Kain Yang Dihasilkan				15	7	

Dari tabel di atas, untuk pembuatan batik dengan tahapan preparasi kain dan pembuatan komponen pewarna alami (2 tenaga kerja); penggambaran dan pembatikan motif batik tingkat kerumitan rendah-sedang (2 tenaga kerja); penggambaran dan pembatikan motif batik tingkat kerumitan sedang-tinggi (2 tenaga kerja) dihasilkan 15 kain batik dengan tingkat kerumitan rendah-sedang dan 7 kain batik dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi selama estimasi waktu pengerjaan 28 hari (8 jam).

Tabel 5.7. Kebutuhan Bahan Baku dan Bahan Bakar Produksi Eco-batik Unesa

No	Bahan	Jumlah		Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)	
		Tingkat Kerumitan Rendah-Sedang	Tingkat Kerumitan Sedang-Tinggi		Tingkat Kerumitan Rendah-Sedang	Tingkat Kerumitan Rendah-Sedang
(a) Preparasi Kain						
	Kain	2 m	2m	24.445/m	48.889	48.889
	TRO	77,4 g	77,4 g	19.000/kg	1.471	1.471
	Tawas	61,92 g	61,92 g	8.000/Kg	495	495
	Abu Soda	15,48 g	15,48 g	10.000/Kg	3.947	3.947

	Air	15 L	15L	5.000/19 L	3.947	3.947
	Gas	1 jam	1 jam	20.000/48 Jam	208	208
Jumlah					55.165	55.165
(b) Pembuatan Pewarna Alami						
	Daun Mangga	1 Kg	200 g	15.000/Kg	15.000	3.000
	Kulit Manggis	1 Kg	-	35.000/Kg	35.000	-
	Kunyit	2 Kg	200 g	15.000/Kg	30.000	3.000
	Telang	-	600 g	300.000/Kg	-	180.000
	Secang	-	400 g	30.000/Kg	-	12.000
	Klaras	-	200 g	10.000/Kg	-	2.000
	Daun Papaya	-	1 Kg	15.000/Kg	-	15.000
	Tawas	400 g	100 g	8.000/Kg	3.200	800
	Tunjung	400 g	100 g	15.000/Kg	6.000	1.500
	Air	6 L	30 L	5.000/19 L	1.579	7.895
	Gas	32 jam	-	20.000/48 Jam	1.334	-
	Listrik	-	68 Jam (121,6 kWH)	1.500/kWH	-	182.400
	Jumlah				112.744	405.295
(c) Pembatikan						
	Malam	1 Kg	1 Kg	56.000/Kg	56.000	56.000
	Gas	10 Jam	10 Jam	20.000/48 Jam	4.167	4.167
Jumlah					60.167	60.167
(d) Pelorodan						
	Air	10 L	10 L	5.000/19L	2.631	2.631
	Gas	1 Jam	1 Jam	20.000/48 Jam	416	416
Jumlah					3.047	3.047
Jumlah/total keseluruhan					231.124	523.674

Sebagaimana tampak pada Tabel 5.7, kebutuhan bahan baku dan bahan bakar pada produksi eco-batik dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi mencapai 2 (dua) kali lipat motif batik dengan tingkat kerumitan rendah-sedang. Hal tersebut dipicu oleh lebih variatifnya

warna yang digunakan dan perbedaan metode pembuatan pewarna, yaitu teknik penguapan pelarut (evaporasi) yang membutuhkan listrik selama proses operasi.

Tabel 5.8. Biaya Jasa Produksi Eco-batik Unesa

No	Tahapan	Jasa Per Bulan (Rp)	Jumlah Kain Yang Dihasilkan Per Bulan	Jasa Per Kain (Lebar Kain= 2m) (Rp)
1	Preparasi kain + Pewarna Alami	600.000	50	12.000
2	Pembatikan Motif Rendah-Sedang	750.000	15	50.000
3	Pembatikan Motif Sedang-Tinggi	630.000	7	90.000
4	Branding	600.000	28 Hari	21.500

Sebagaimana tampak pada Tabel 5.8, produksi eco-batik dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang membutuhkan biaya jasa sebesar Rp. 83.500,00, sedangkan untuk tingkat kerumitan motif sedang-tinggi membutuhkan biaya jasa sebesar Rp. 123.500,00. Harga tersebut didasarkan dari perhitungan gaji pokok setiap pekerja selama satu bulan terhadap kain yang dihasilkan selama proses preparasi dengan tujuh tenaga kerja.

Tabel 5.9. Biaya Bahan Baku, Bahan Bakar dan Jasa pada Produksi Eco-batik Unesa

No	Tahapan	Harga (Rp)	
		Tingkat Kerumitan Motif Rendah-Sedang	Tingkat Kerumitan Motif Sedang-Tinggi
1	Bahan	231.124	523.674
2	Jasa	83.500	123.500
Total		314.624	647.174

Berdasarkan data pada Tabel 5.9, didapatkan bahwa total biaya bahan baku, bahan bakar serta jasa dalam produksi eco-batik Unesa dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang membutuhkan biaya produksi sebesar Rp 314.624,00, sedangkan pada eco-batik dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi, dibutuhkan biaya produksi sebesar Rp 647.174,00. Jika kemudian laba yang dibebankan adalah sebesar 30%, eco-batik Unesa dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang memiliki harga jual sebesar **Rp. 409.011,00** sedangkan eco-batik Unesa dengan tingkat kerumitan sedang-tinggi memiliki harga jual sebesar **Rp. 841.326,00**.

Selain perhitungan biaya produksi dan harga jual, pada kegiatan ini juga telah dilakukan analisa *Break Event Point* (BEP), yang menjelaskan analisa modal bisnis yang dikeluarkan sehingga memberikan keuntungan pada periode tertentu. Analisa BEP tersebut

dapat diartikan juga sebagai kondisi dimana biaya operasional yang digunakan untuk memproduksi barang sama dengan jumlah pendapatan yang diterima. Perhitungan BEP didasarkan pada biaya tetap usaha, biaya variabel per unit, dan harga jual per unit produk. Biaya tetap usaha meliputi biaya sewa bangunan, pajak, asuransi usaha dan biaya penyusutan, sementara biaya variabel meliputi biaya bahan baku, gaji pegawai dan biaya tambahan lainnya. Harga BEP dapat dihitung berdasarkan dua satuan yaitu satuan unit dan satuan rupiah.

$$\text{BEP Satuan Unit} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Harga Jual Per Unit} - \text{Biaya Variabel Per Unit}}$$

$$\text{BEP Satuan Rupiah} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{(1 - (\text{Biaya Variabel Per Unit} / \text{Harga Jual Per Unit}))}$$

Tabel 5.10. Analisa Break Event Point Eco-batik Unesa

No.	Rincian Kebutuhan	Biaya (Rp)	
		Motif Rendah – Sedang	Motif Sedang – Tinggi
1.	Biaya Tetap	750.000	750.000
2.	Harga Jual Per Unit	425.549	776.608
3.	Biaya Variabel Per Unit	354.624	647.174

Berdasarkan uraian data pada Tabel 5.10, diketahui bahwa proses produksi Eco-batik Unesa menghasilkan 2 (dua) jenis batik yaitu batik dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang, yang menunjukkan BEP 11 unit atau sebesar Rp. 4.411.765,00, dan batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi, yang menunjukkan BEP 6 unit atau Rp. 4.573.171,00.

Analisa keuntungan dan kelayakan usaha

Analisa keuntungan didapatkan pada rencana laporan laba/rugi yaitu Rp 12.891.869. Adapun kelayakan usaha dapat ditentukan dengan perhitungan *cash flow*. Hal tersebut dijelaskan pada Tabel 5.11. Sebagaimana tampak pada Tabel 5.11, kelayakan usaha Eco-batik Unesa ke depannya sangat baik karena *cash flow* bernilai surplus sebesar Rp 12.891.869.

Tabel 5.11. Cash Flow Eco-batik Unesa

<i>Cash Inflows</i>	
- Pendapatan dari konsumen	Rp. 12.024.447
<i>Total Cash Inflow: A</i>	Rp. 12.024.447
<i>Cash Outflows</i>	

- Pembelian persediaan	Rp. 7.132.578
<i>Total Cash Inflow: B</i>	Rp. 7.132.578
<i>Cash Summaries</i>	
- <i>Net inflow: A-B</i>	Rp. 4.891.869
- Modal usaha	Rp. 8.000.000
<i>Gross Closing Balance</i>	Rp 12.891.869

Berdasarkan uraian data pada Tabel 5.11, dapat disimpulkan bahwa proses produksi Eco-batik Unesa menghasilkan 2 (dua) jenis batik yaitu batik dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang dengan metode pewarnaan dengan pencelupan, yang dijual dengan harga **Rp. 409.011,00**. Dengan spesifikasi yang sama, harga eco-batik Unesa masih lebih ekonomis dibandingkan dengan harga batik pewarna alam di pasaran, yang berkisar sebesar **Rp. 750.000 (sumber: IG Batik Piliyan)**. Sementara itu untuk batik dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi, yang diproduksi menggunakan metode pewarnaan colet/lukis, harga jual sebesar **Rp. 841.326,00** berada jauh di bawah harga batik dengan spesifikasi sama, salah satunya **Batik Bayusumilir** yang memasarkan produk batik colet/lukisnya dengan harga **Rp. 7.500.000 (sumber: IG Batik Bayusumilir)**. Keunggulan eco-batik Unesa semakin signifikan, mengingat produk Batik Bayusumilir diproduksi dengan pewarna sintetis.

3. Analisa Lingkungan

Indonesia merupakan salah satu negara yang tengah mengalami perkembangan pesat dalam industri tekstil. Industri tekstil dan pakaian jadi merupakan sektor manufaktur yang mencatatkan pertumbuhan paling tinggi sebesar 15,08% pada triwulan III tahun 2019. Selain itu, industri tekstil di Indonesia juga diprediksi semakin kompetitif di kancah internasional karena berdaya saing tinggi. Dunia tekstil berkaitan erat dengan pewarna serat dan kainnya. Pewarna merupakan salah satu komponen pewarna tekstil yang telah digunakan secara luas.

Penggunaan utama pewarna dalam dunia perindustrian adalah untuk mewarnai serat. Berdasarkan sumbernya, pewarna tekstil dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu alam dan sintetis. Pewarna alam berasal dari senyawa organik yang dapat diekstraksi dari tumbuh-tumbuhan seperti bunga telang, secang, daun pandan, dan daun manga, sedangkan pewarna sintetis didapatkan dari proses sintesa di laboratorium. Industri tekstil di Indonesia masih seringkali bergantung pada pewarna sintetis untuk mewarnai produk-produknya. Kondisi ini semakin diperburuk karena minimumnya upaya pengelolaan limbah yang baik. Banyak

industri tekstil yang membuang limbah pewarnanya ke lingkungan perairan, seperti sungai. Pewarna sintetis yang paling umum digunakan adalah pewarna azo. Pewarna ini bersifat karsinogenik, toksik, sukar diuraikan, ber-pH tinggi, asam kuat, dan katalis dari logam berat.

Pada beberapa dekade terakhir ini, limbah pewarna sintetis telah memicu peningkatan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang menurunkan kualitas air, mengganggu kesetimbangan ekosistem air yang berdampak pada kepunahan massal makhluk hidup air, mengganggu tumbuhan untuk melakukan fotosintesis, dan menghambat pertumbuhan tanaman. Pewarna sintetis bersifat sukar larut, bio-akumulatif, toksik, mutagenik, dan karsinogenik. Sifat racun dan *non-biodegradable* menimbulkan ancaman serius bagi kesuburan tanah, produksi tanaman, dan kesehatan manusia. Sifat pewarna tekstil sintetis yang sukar larut ini disebabkan berat molekul yang tinggi dan strukturnya sangat kompleks dimana hal ini juga menimbulkan sifat racun walaupun dalam konsentrasi tinggi atau rendah.

Untuk menanggulangi efek buruk pewarna sintetis, penggunaan pewarna alami ramah lingkungan menjadi kebutuhan yang mendesak. Pewarna alami untuk keperluan tekstil memiliki beberapa keunggulan diantaranya mudah didapatkan karena berasal dari bahan-bahan *renewable source*, pengaplikasiannya menampilkan warna yang natural, aman digunakan, tidak menimbulkan reaksi kimia berbahaya bagi lingkungan karena berasal dari alam sehingga mudah untuk terdegradasi. Selain itu, rentang spektrum warna absorbansinya mencapai 400-800 nm sehingga variasi warna yang dihasilkan lebih banyak. Oleh karena itu, pewarna tekstil alami dapat menjadi salah satu solusi untuk menangani masalah pencemaran yang disebabkan oleh limbah pewarna tekstil lainnya dan membuat lingkungan tetap lestari. Dengan demikian, produksi eco-batik Unesa tidak hanya mendatangkan keuntungan secara ekonomi bagi Unesa, namun juga sebagai bentuk kepedulian Unesa terhadap kelestarian lingkungan hidup sekitar.

4. Analisa Kesehatan

Timbulnya gerakan “*back to nature*”, kekhawatiran akan pencemaran oleh zat yang terkandung pada pewarna sintetis yang bersifat karsinogenik dan adanya keinginan untuk menghasilkan produk yang unik dan ramah lingkungan, semakin mendorong bangkitnya penggunaan pewarna alam pada batik saat ini, salah satunya pada proses produksi eco-batik Unesa. Pewarna alam diperoleh dari hasil ekstraksi dari daun, batang, kulit, bunga, buah, dan akar tumbuhan atau lebih dikenal dengan pigmen warna. Berbagai pigmen warna yang terdapat pada daun klaras, daun pacar air, daun mangga, daun jambu air, kulit kayu secang,

kulit manggis, serabut kelapa, kunyit dan telang telah diaplikasikan dalam produksi Eco-batik Unesa.

Kulit kayu secang atau kulit kayu sappan (*Caesalpinia sappan linn.*) mengandung pigmen brazilein yang dapat menghasilkan warna merah hingga kecoklatan. Brazilein pada secang menunjukkan sifat fungsionalitas yang luar biasa terhadap aktivitas antibakteri, aktivitas antioksidan karena memiliki gugus cathecol dan antifarmakologis sehingga berpotensi digunakan sebagai alternatif pewarna batik yang ramah lingkungan. Brazilein pada secang juga memiliki stabilitas tinggi dan toksisitas rendah.

Daun klaras (*Musa acuminata*) atau secara spesifik dikenal dengan daun pisang kering, berdasarkan penelitian menunjukkan nilai absorbansi tanin sebesar 0,67% yang memberikan warna kecoklatan. Tanin pada daun klaras memiliki kestabilan terhadap panas. Selain itu, tanin menunjukkan sifat fungsionalitas anti karsinogenik, anti mutagenik, dan antioksidan yang berperan dalam melindungi kerusakan oksidatif seluler, serta memiliki sifat anti mikroba dari senyawa asam tanat yang terdapat pada tanin.

Daun pacar air (*Impatiens balsamina L.*) menunjukkan adanya kandungan pigmen antosianin yang bertanggung jawab dalam memberikan warna jingga, merah, ungu, dan biru. Antosianin pada daun pacar air memiliki sifat mudah larut dalam air, sehingga memberikan peranan penting yang berdampak positif bagi lingkungan. Berdasarkan riset Wang et al. (2013), antosianin yang tersebar pada air limbah pengalengan kacang hitam mampu menyerap dan mencegah sinar matahari untuk masuk ke dalam air, yang mana sinar matahari akan menghambat pertumbuhan bakteri tertentu yang mampu mendegradasi kotoran di dalam air dan memperlambat fotosintesis pada tanaman perairan. Susunan ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur antosianin, membuat antosianin mampu berperan sebagai penghancur dan penangkal radikal bebas alami atau yang lebih dikenal sebagai antioksidan. Selain itu, antosianin pada daun pacar air memberikan sifat anti-inflamasi, anti-kanker, anti-mutagenik, anti-fungi dan anti mikroba yang tinggi.

Daun mangga (*Mangifera indica L.*) menunjukkan adanya pigmen klorofil a dan klorofil b serta antosianin yang bertanggung jawab dalam memberikan warna kuning, jingga, merah, dan ungu. Pigmen klorofil dan antosianin memberikan peranan penting sebagai penghancur dan penangkal radikal bebas yang secara umum dikenal dengan aktivitas antioksidan. Selain itu, klorofil dan antosianin memberikan sifat anti-inflamasi, anti-kanker, anti-mutagenik, anti-fungi dan anti mikroba yang tinggi.

Sama halnya dengan daun mangga, daun jambu air (*Syzygium aqueum*) juga mengandung pigmen klorofil dan karotenoid yang bertanggung jawab memberikan warna

hijau hingga kekuningan, serta pigmen antosianin yang bertanggung jawab memberikan warna jingga, merah, biru hingga ungu. Ketiga pigmen tersebut memiliki fungsi sebagai antioksidan alami, anti-karsinogenik, anti-inflamasi, dan anti-mikroba.

Kulit buah manggis (*Garcinia mangostana*) mengandung pigmen antosianin yang berperan penting dalam memberikan warna merah, jingga, ungu, biru, dan kuning. Kulit buah manggis juga mengandung flavan-3,4-diols yang tergolong senyawa tanin berupa pigmen berwarna kuning hingga coklat. Hasil isolasi kulit manggis menunjukkan adanya efek biologis seperti antioksidan, antimikroba dan aktivitas anti-inflamasi yang tinggi.

Sabut kelapa (*Cocos nucifera*) dilaporkan memiliki kandungan pigmen tanin di dalamnya yang bertanggung jawab dalam memberikan warna kecoklatan. Selain itu, adanya pigmen tanin pada sabut kelapa menunjukkan sifat fungsionalitas yang luar biasa diantaranya adalah aktivitas antioksidan, anti-inflamasi dan antimikroba.

Kunyit (*Curcuma longa* L.) merupakan pewarna alami yang mengandung pigmen betaxanthin dan kurkumin yang menghasilkan warna jingga kekuningan. Oleh karena itu, kunyit dilaporkan memiliki sifat fungsionalitas yang meliputi antioksidan, anti-inflamasi, hipoglikemik, efek komopreventif dan antimikroba.

Bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) diketahui memiliki kandungan antosianin yang tinggi. Antosianin merupakan zat warna alami dari golongan flavonoid yang bertanggung jawab terhadap warna merah, ungu dan biru pada buah, sayuran, biji gandum dan bunga, tidak berbau dan hampir tidak berasa. Selain itu, bunga telang juga dilaporkan memiliki kandungan pigmen klorofil yang bertanggung jawab memberikan warna hijau kebiruan. Kedua pigmen yang terkandung dalam bunga telang menunjukkan fungsi yang luar biasa yaitu sebagai antioksidan alami, anti-karsinogenik, anti-inflamasi, dan anti-mikroba.

Berdasarkan berbagai jenis pigmen alami yang terdapat pada beberapa sumber bahan alam yang digunakan dalam produksi eco-batik Unesa, secara umum didapatkan sifat fungsional antioksidan dan antimikroba. Hal tersebut menunjukkan potensial aplikasi pigmen alam dalam produksi batik ramah lingkungan dan bermanfaat bagi kesehatan. Pengaplikasian pigmen alam yang mengandung antioksidan pada kain batik, dapat melindungi sel-sel tubuh dari efek negatif radikal bebas yang dapat menyebabkan timbulnya berbagai penyakit dan dapat berperan sebagai fotoprotektif terhadap kerusakan kulit akibat paparan sinar UV. Radikal bebas dapat terbentuk dari paparan lingkungan seperti asap rokok, asap kendaraan, paparan radiasi, zat beracun yang terdapat di lingkungan dan logam berat. Selain itu, adanya aktivitas antimikroba yang terkandung pada pigmen alami yang terdapat pada kain batik, dapat mencegah tumbuhnya bakteri yang dapat menyebabkan timbulnya iritasi pada kulit dan

bau badan ketika berkeringat akibat aktivitas baik di dalam maupun luar ruangan. Hal ini menunjukkan bahwa produk eco-batik Unesa memiliki potensial besar untuk dikembangkan sebagai produk batik ramah lingkungan yang juga aman dan berdampak positif bagi kesehatan.

5. Analisa Sosial

Pada Tabel 5.12 tampak hasil analisa aspek social pada proses produksi eco-batik Unesa.

Tabel 5.12. Analisa Aspek Sosial Produksi Eco-batik Unesa

Peluang lapangan kerja	:	Pandemi COVID-19 berdampak segala aspek dalam pekerjaan. Salah satu dampaknya adalah bertambahnya tingkat pengangguran di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) 2021, jumlah pengangguran di Indonesia mengalami peningkatan sangat signifikan pada 2020-2021. Tercatat peningkatan pengangguran sebesar 26,26% dari 6,93 juta orang menjadi 8,75 juta orang pada tahun 2021. Terkait hal ini, batik menjadi salah satu warisan budaya dengan nilai ekonomis dan komersial tinggi, yang mampu membuka banyak peluang kerja baru bagi para pengangguran.
Peluang pelatihan dan pengembangan	:	Sebagaimana proses produksi batik pada umumnya, produksi eco-batik Unesa memiliki tingkat kesulitan rendah. Kondisi ini memberikan kemudahan bagi masyarakat, khususnya para pengangguran untuk belajar dan menjadi terampil. Dengan demikian, pendirian usaha eco-batik Unesa dapat membuka peluang pelatihan dan pengembangan secara masif di masyarakat.
Peluang daya tarik wisatawan	:	Batik yang memuat identitas budaya lokal dengan karakteristik unik, baik pada motif maupun sapuan warnanya, serta kualitas yang baik, memiliki daya tarik tinggi di mata wisatawan lokal maupun mancanegara. Hal inilah yang berusaha diakomodasi dalam setiap tahapan proses produksi eco-batik Unesa, melalui penggunaan motif kontemporer hingga material alami dan teknologi pewarnaan yang tidak hanya mampu menghasilkan kualitas dan ketahanan luntur warna yang tinggi, namun juga bersifat non-toksik dan <i>eco-friendly</i> .
Peluang komersialisasi	:	Dengan kekuatan pada kualitas dan ketahanan luntur warna yang tinggi, sifat <i>eco-friendly</i> , non-toksik, non-karsinogenik, dan berbagai sifat fungsional yang menguntungkan dari segi kesehatan pemakai serta harga

	jual yang kompetitif, peluang komersialisasi eco-batik Unesa sangatlah tinggi.
--	--

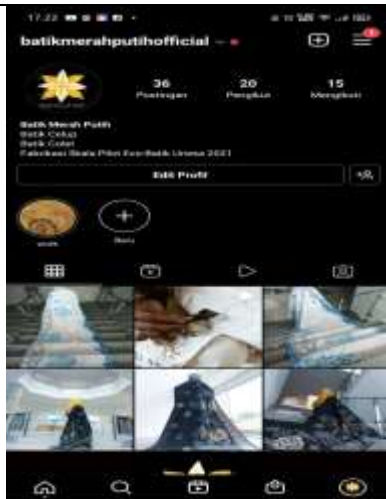
C. *Branding* Produk Eco-batik Unesa

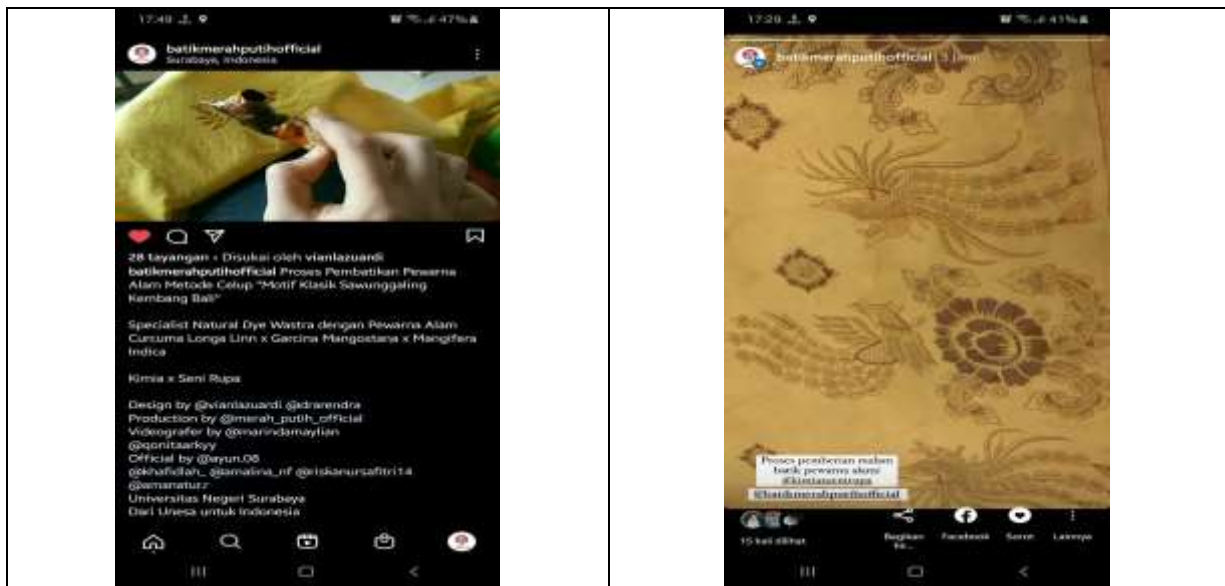
Istilah *branding* berasal dari kata “brand” yang berarti merek. Secara definitif, *branding* merupakan pencitraan yang dilakukan agar suatu produk dapat menarik dan melekat di benak konsumen. *Branding* juga dapat diartikan sebagai bentuk komunikasi perusahaan dengan konsumen yang menjadi sasaran.

Tujuan utama *branding* adalah untuk mengenalkan “brand” perusahaan. Selain itu, *branding* juga bertujuan membangun citra positif dan reputasi perusahaan agar selalu bagus di mata konsumen. Pencitraan ini dapat membangun kepercayaan konsumen terhadap perusahaan. *Branding* dapat dilihat dari nama, logo, dan slogan perusahaan yang melekat di benak konsumen, sehingga konsumen cenderung selalu kembali lagi ke produk yang dipasarkan perusahaan bersangkutan. *Branding* umumnya dilakukan oleh perusahaan baru yang namanya belum terlalu dikenal masyarakat. Tujuannya tidak lain adalah untuk mengenalkan produk perusahaan dan mendapatkan konsumen sebanyak mungkin. Jika perusahaan memiliki suatu “brand” yang bagus, perusahaan akan mudah untuk melakukan penjualan produk. Jadi, perusahaan bisa mendapatkan banyak keunggulan. Salah satunya adalah mendapat banyak pendapatan.

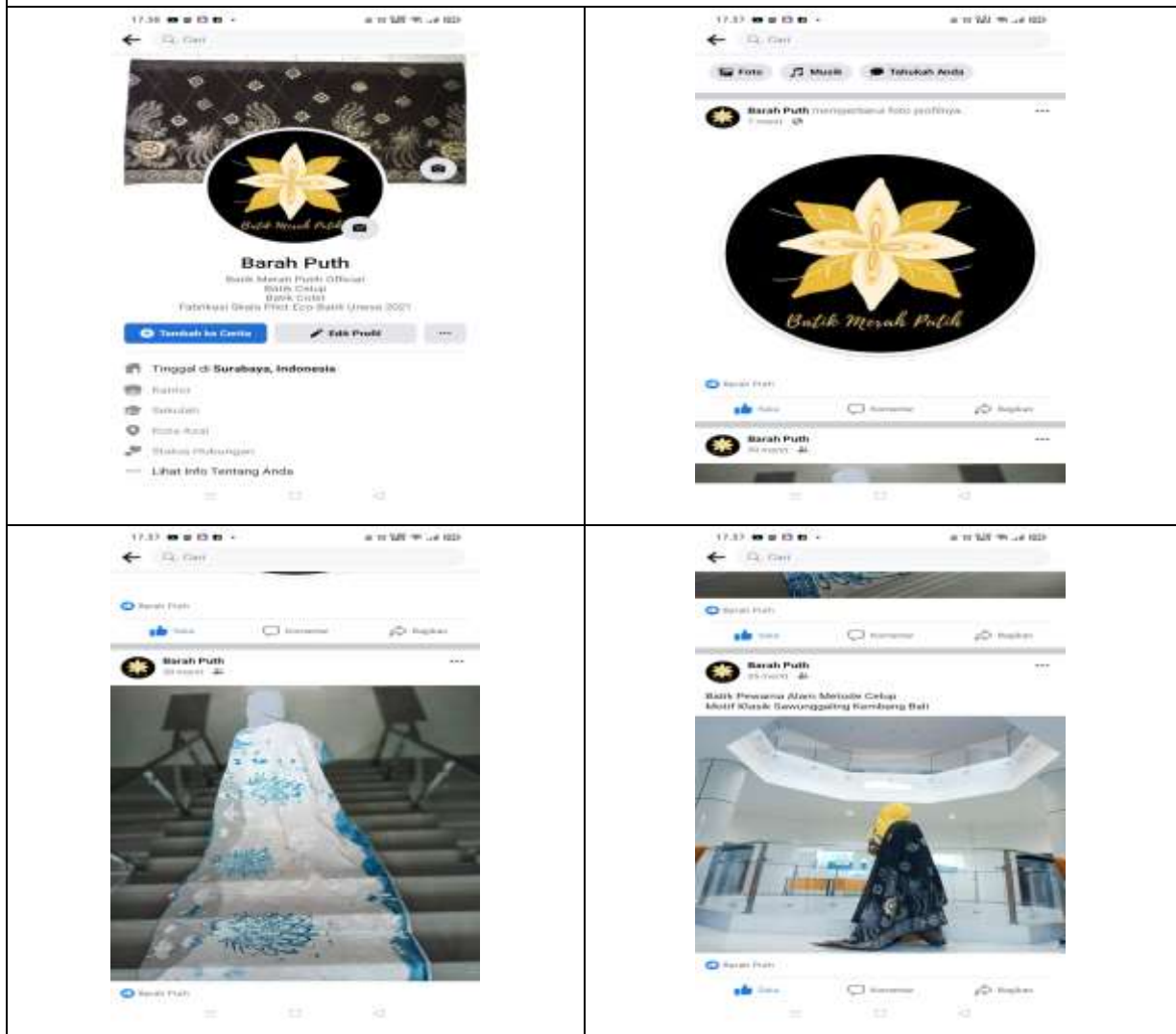
Terkait hal tersebut, pada tahapan kegiatan ini telah dilakukan upaya *branding* eco-batik Unesa via media social Instagram dan facebook. Pada Gambar 5.11, tampak sejumlah upaya pengenalan produk eco-batik Unesa via Instagram dan facebook. Lebih lanjut, *branding* produk eco-batik Unesa dilakukan dengan menampilkan simbol “Bunga Mangrove” yang disisipkan sebagai satu kesatuan harmoni motif yang ditampilkan.

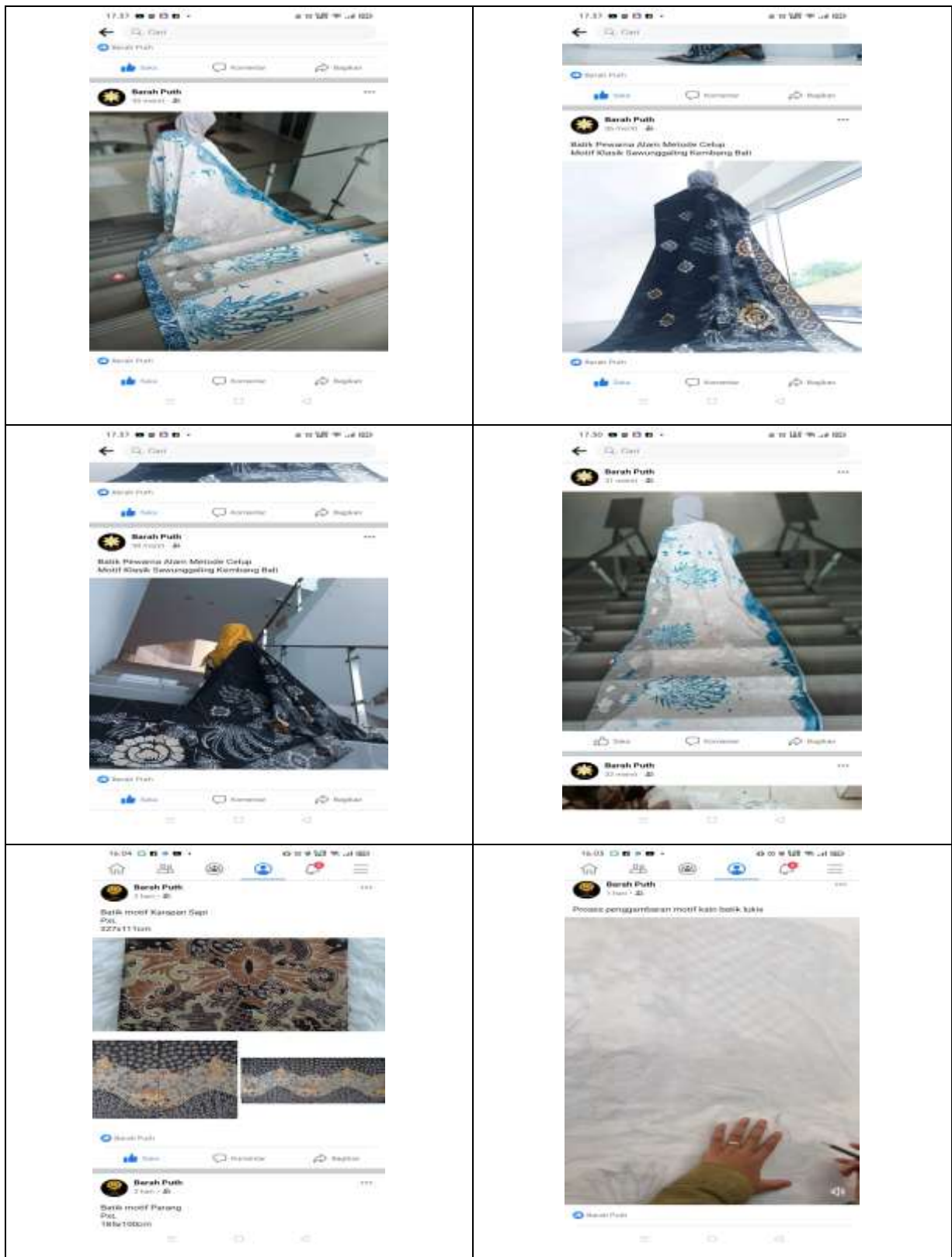
INSTAGRAM

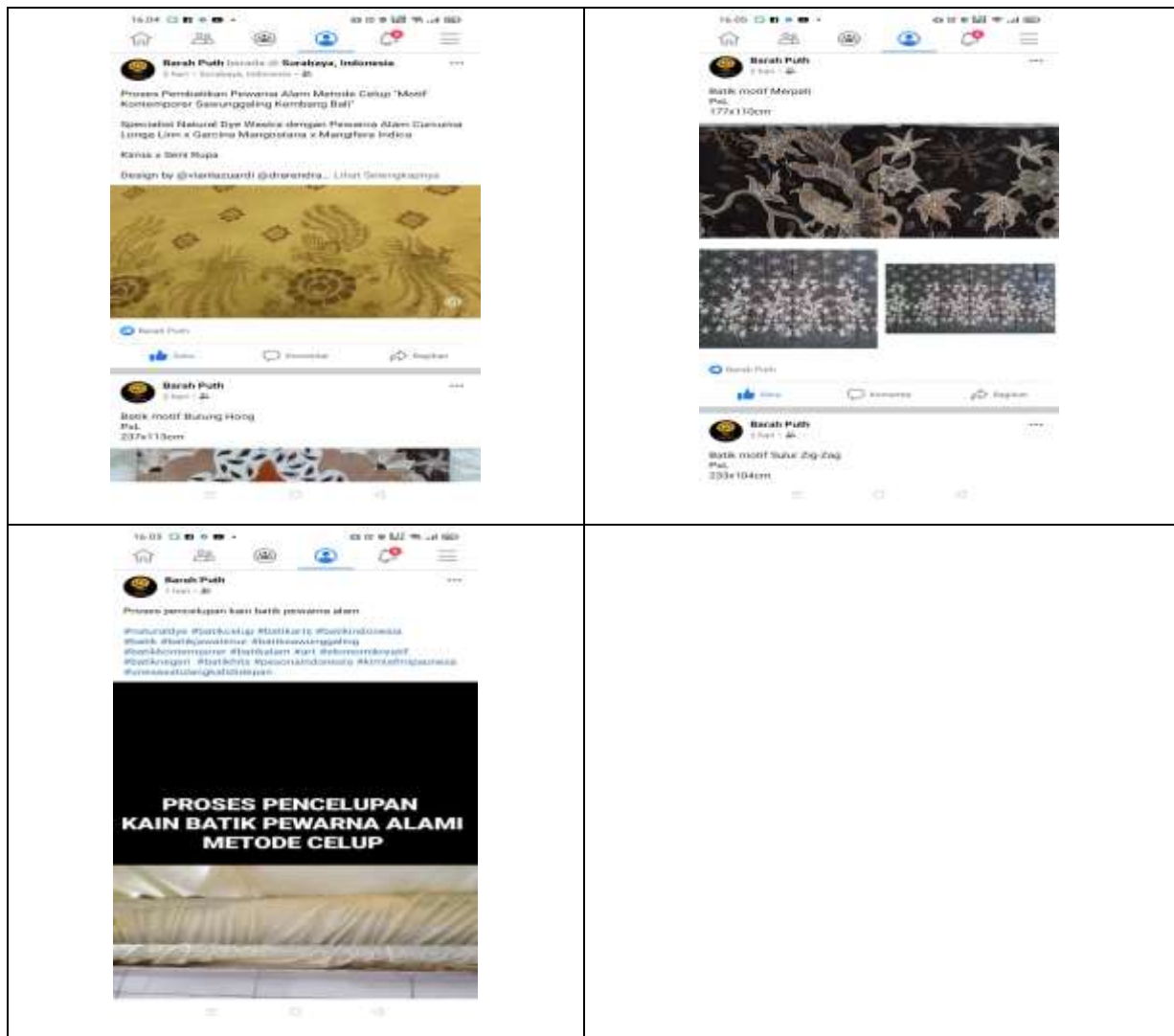




FACEBOOK







Gambar 5.11.Branding eco-batik Unesa melalui media social Instagram dan Facebook

BAB VI

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Hingga bulan ke-8, pelaksanaan penelitian **Fabrikasi Skala *Pilot* Eco-Batik Unesa** sebagai Upaya Mewujudkan *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030 telah mencapai 100%.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu bahwa :

1. Kapasitas produksi eco-batik unesa dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang dapat mencapai 15 lembar kain/bulan, sedangkan dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi dapat mencapai 7 lembar kain/bulan.
2. Biaya produksi eco-batik unesa dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang mencapai Rp 314.600,00/lembar, sedangkan dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi mencapai Rp 619.700,00/lembar kain.
3. Harga jual produk eco-batik unesa dengan tingkat kerumitan motif rendah-sedang mencapai Rp 450.000,00/lembar, sedangkan dengan tingkat kerumitan motif sedang-tinggi mencapai Rp 850.000,00/lembar kain.
4. Dokumen *feasibility study* yang meliputi analisa dari aspek manajemen dan sosial, ekonomi (finansial), lingkungan dan kesehatan, menunjukkan potensi komersialisasi produk eco-batik Unesa yang cukup tinggi.
5. *Branding* produk eco-batik Unesa dilakukan melalui penggunaan simbol “Bunga Mangrove” yang disisipkan sebagai satu kesatuan harmoni motif. Lebih lanjut, *branding* dilakukan dengan memanfaatkan fungsi media social instagram dan facebook.

B. Saran

Berdasarkan hasil dari kegiatan yang telah dilaksanakan, dapat dirumuskan saran sebagai berikut:

Perlu dilakukan pewarnaan alami batik dengan variasi nuansa warna lainnya. Dengan demikian, ke depannya, semakin banyak alternatif paduan warna yang tersedia pada produk eco-batik Unesa. Ketercapaian target pengembangan ini diharapkan mampu memperluas segmen pasar produk eco-batik Unesa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hong, H., Kang, J.H. 2019. The impact of moral philosophy and moral intensity on purchase behavior toward sustainable textile and apparel products. *Fashoin and Textiles*. 6(16): 1-22.
- [2] World Commission on Environment and Development. 1987. *Our common future*. New York: Oxford University Press.
- [3] Muthu, S.S. 2014. *Assessing the environmental impact of textiles and the clothing supply chain*. Waltham, MA: Elsevier.
- [4] Repon, M.R., Islam, M.T., Al Mamun, M.A. 2017. Ecological risk assessment and health safety speculation during color fastness properties enhancement of natural dyed cotton through metallic mordants. *Fashion and Textiles*. 4(24): 1-17.
- [5] Yang, N., Ha-Brookshire, J.E. 2019. Truly sustainable or not? An exploratory assessment of sustainability capability of textile and apparel corporations in China from the moral responsibility perspective. *Fashion and Textiles*. 6(15): 1-16.
- [6] <https://www.abc.net.au/news/science/2018-04-03/fashion-environmental-impact-of-your-favourite-textiles/9382382?nw=0>
- [7] Jabar, J.M., Ogunmokun, A.I., Taleat, T.A.A. 2020. Color and fastness properties of mordanted *Bridelia ferruginea* B dyed cellulosic fabric. *Fashion and Textiles*. 7(1): 1-13.
- [8] Bhuiyan, M.A.R., Islam, A., Islam, S., Nahar, K. 2017. Improving dyeability and antibacterial activity of *Lawsonia inermis* L. on jute fabrics by chitosan pretreatment. *Textile and Clothing Suatainability*. 3(1): 1-10.
- [9] Dissanayake, D.G.K., Parera, S., Wanniarachchi, T. 2017. Sustainable and ethical manufacturing: a case study from handloom industry. *Textiles and Clothing Sustainability* 3(2): 1-10.
- [10] <https://industri.kontan.co.id/news/ekspor-batik-indonesia-mampu-tembus-us-215-juta>.
- [11] Vinuth, M., Naik, H.S.B., Mahadevaswamy, M.M., Prabhakara, M.C. 2017. Environmentally benign Fe(III)-montmorillonite for rapid adsorption on methylene blue dye in aqueous medium under ambient conditions. *Fashion and Textiles*. 4(8): 1-15.
- [12] Tayade, P.B. and Adivarekar, R.V. 2014. Extraction of Indigo dye from *Couroupita guianensis* and its application on cotton fabric. *Fashion and Textiles*. 1(16): 1-16.
- [13] Kusumawati, N., Santoso, A.B., Sianita, M.M., Muslim, S. 2017. Extraction, characterization, and application of natural dyes from the fresh mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) peel. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 7(3): 878-884.
- [14] Kusumawati, N., Santoso, A.B., Wijiastuti, A. 2018. Development of textile natural dyeing using hybrid dyes from mango leaves and turmeric. In *Proc. Seminar Nasional Kimia – National Seminar on Chemistry (SNK 2018)*. p. 50-55.
- [15] Kusumawati, N., Samik, Kistyanto, A. 2019. Quality improvement of ABBS hand writing batik production through standardization of natural dyeing using water guava and mango leaves. In *Proc. Seminar Nasional Kimia – National Seminar on Chemistry (SNK 2019)*. p. 29-32.
- [16] Kusumawati, N., Kistyanto, A., Samik. 2019. Exploration of natural dyes by using a combination of *Caesalpinia sappan* and *Leucaena leucocephala* L. leaves. In *Proc. Seminar Nasional Kimia – National Seminar on Chemistry (SNK 2019)*. p. 33-37.
- [17] Kusumawati, N., Samik, Muslim, S. 2019. Extraction and application of natural dyes from brazilwood and water guava leaves. In *Proc. Seminar Nasional Kimia – National Seminar on Chemistry (SNK 2019)*. p. 38-42.

- [18]Samik, Santoso, A.B., Kusumawati, N. 2019. Diversification of “NAJWA” hijab staining using tie-dye method based on natural dyes. *In Proc. Seminar Nasional Kimia – National Seminar on Chemistry (SNK 2019)*. p. 74-78.
- [19]Islam, S., Wani, S.A., Mohammad, F. 2018. Imparting functionality viz color, antioxidant and antibacterial properties to develop multifunctional wool with *Tectona grandis* leaves extract using reflectance spectroscopy. *Int. J. Biol. Macromol.* 109: 907–913.
- [20]Pisitsak, P., Tungsombatvisit, N., Singhanu, K. 2018. Utilization of waste protein from Antarctic krill oil production and natural dye to impart durable UV-properties to cotton textiles. *J. Clean. Prod.* 174: 1215–1223.
- [21]Pisareva, A.S.and Tikhomirova. 2019. Sorption of Synthetic Anionic Amaranth Dye from an Aqueous Solution on Hydrophobized Silica and Alumina. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. 93(2): 420-423.
- [22]Smirnov, E.V. 2009. *Food Dyes*. Russian: Professi St. Petersburg.
- [23]Swamy, V.N., Gowda, K.N., Sudhakar, R. 2016. Natural Dye Extracted from *Vitex negundo* as a Potential Alternative to Synthetic Dyes for Dyeing of Silk. *Journal of The Institution of Engineers (India) Series E*. 97(1): 31-38.
- [24]Pawar, A.B., More, S.P., Adivarekar, R.V. 2018. Dyeing of Polyester and Nylon with Semi-synthetic Azo Dye by Chemical Modification of Natural Source Areca Nut. *Natural Products and Bioprospecting* 8: 23-29.
- [25]Arora, N.K., Mishra, I. 2019. United Nations Sustainable Development Goals 2030 and environmental sustainability: race against time. *Environmental Sustainability* 2: 339-342.
- [26]Nurunnabi, M., Esquer, J., Munguia, N., Zepeda, D., Perez, R., Velazquez, L. 2020. Reaching the sustainable development goals 2030: energy efficiency as an approach to corporate social responsibility (CSR). *GeoJournal*. 85: 363 – 374.
- [27]Parvinzadeh Gashti, M. 2013. A novel method for colouration of cotton using clay nano-adsorbent treatment. *Pigment & Resin Technology* 42: 175-185.
- [28]Kusumawati, N., Kistyanto, A., Samik. 2019. Exploration of natural dyes by using a combination of *Caesalpinia sappan* and *Leucaena leucocephala* L. leaves. *Atlantis Highlights in Chemistry and Pharmaceutical Sciences* 1: 33-37.
- [29]Kora, A.J. 2019. Leaves as dining plates, food wraps and food packing material: Importance of renewable resources in Indian culture. *Bulletin of the National Research Centre*. 43(205): 1-15.
- [30]Giachet, F.T., Vineis, C., Ramirez, D.O.S., Carletto, R.A., Varesano, A., Mazzuchetti, G. 2017. Reversible and Washing Resistant Textile-Based Optical pH Sensors by Dyeing Fabrics with Curcuma. *Fibers and Polymers* 18(4): 720-730.
- [31]Rani, N., Jajpura, L., Butola, B.S. 2020. Ecological Dyeing of Protein Fabrics with *Carica papaya* L. Leaf Natural Extract in the Presence of Bio-mordants as an Alternative Copartner to Metal Mordants. *Journal of The Institution of Engineers (India) Series E*. 101(1): 19-31.
- [32]Xu, Y., Burton, S., Kim, C., Sismour, E. 2016. Phenolic compounds, antioxidant, and antibacterial properties of pomace extracts from four Virginia-grown grape varieties. *J Food Sci Nutr* 4(1): 125-133.
- [33]Xia, L., Wang, A., Zhang, C., Liu, Y., Guo, H., Ding, C., Wang, Y., Xu, W. 2018. Environmentally friendly dyeing of cotton in an ethanol–water mixture with excellent exhaustion. *Green Chem.* 20(19): 4473-4483.

LAMPRAN 1

LUARAN PUBLIKASI ILMIAH

IJASEIT, STATUS 'PUBLISHED'

Development of Eco-friendly Dyeing Process Based on *Caesalpinia sappan* L. Bark, *Cocos nucifera* Fiber and *Leucaena leucocephala* Leaves

N. Kusumawati^{a,*}, M.M. Sianita^a, A.B. Santosa^b, Supari Muslim^b, A.R. Sella Auliya^c

^aDepartement of Chemistry, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang, Surabaya, 60231, Indonesia

^bDepartement of Electrical Engineering, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang, Surabaya, 60231, Indonesia

^cDepartement of Chemistry, Airlangga University, Mulyorejo, Surabaya, 60115, Indonesia

Corresponding author: *nkusumawati82@yahoo.com

Abstract—Natural dyes have begun to regain attention due to biodegradable nature and low negative impact on human health and the environment. Besides, the continuous development of color shades variants from several natural sources of newly available abundant natural dyes and their ability to produce high color intensity and high wash fastness has become a major consideration of their use in textile dyeing. This study has evaluated the potential utilization of *Caesalpinia sappan* L. bark, *Cocos nucifera* fiber, and *Leucaena leucocephala* leaf as a single and combination natural dye material. In particular, the extracts of these natural dye materials are used to dye the cotton fibers by involving mordanting stages using alum and fixation using iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide compounds. The quality of the resulting dyeing was evaluated by the intensity of the color and wash fastness against wet washing. The dyeing results showed the appearance of varied shades of color with the dominance of the typical reddish color of *Caesalpinia sappan* L. While the results of the analysis using Diffuse Reflectance Ultraviolet (DRUV) and the wash fastness using the staining scale method showed high color dyeing with the color intensity in the range 53.55% - 94.34% with wash fastness in the staining scale range 2 (less) - 4 (good). Specifically, in contrast to the behavior of dye AB, the AC staining scale increases with increasing dye C added (up to 50%) and decreases when dye C added increases to 75% (dye AC3).

Keywords— Textile; natural dyes; *Caesalpinia sappan* L.; *Cocos nucifera*; *Leucaena leucocephala*.

Manuscript received 5 Oct. 2020; revised 27 Nov. 2020; accepted 3 Feb. 2021. Date of publication 31 Oct. 2021.
LIASEIT is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



1. INTRODUCTION

Over the past few years, many industries, particularly the textile industry, have been heavily criticized for their role in polluting the environment [1], [2]. This is directly related to the textile industry's use of large amounts of synthetic dyes [3]–[5]. Several synthetic dyes facts that are considered more economical have superior fastness properties, varied color shades, and greater reproducibility has become the main background of the dominance of the synthetic dyes used in various industries [6]–[8]. However, dyeing using a large number of synthetic dyes is known to have the potential to produce a toxic waste that negatively affects the aquatic ecosystem and has mutagenic, carcinogenic, and toxicological properties in human health [9]–[13]. In the increasing phenomenon of environmental destruction and deterioration of the world's public health quality, environmentally friendly non-toxic natural dyes reappear as a choice of 'Green

Chemistry' as a substituent/complement of synthetic dyes to some extent [14]. In recent years, large-scale research [15]–[17] has been undertaken globally to explore the natural dye preparation procedures from a variety of sources, both plants, animals, and minerals as well as optimizing its utilization by suppressing its limitations on textile fiber dyeing.

Nowadays natural dyes primarily derived from plants; because of its abundant availability, biocompatibility, low toxicity, green approaches, and eco-friendly properties have gained worldwide popularity for use in textiles [18]–[21]. Natural dyes can be obtained from the extraction of certain parts of the specific plant [22]–[28], such as roots, rhizomes, seeds, bark, leaves, flowers, or fruit. Many plant parts such as *secang* (*Caesalpinia sappan* L.) bark, coconut (*Cocos nucifera*) fibers, and *lantoro* (*Leucaena leucocephala*) leaf can be used as a source of natural dyes [29]–[33].

Water-soluble *braziline* flavonoids are the main source of red dye on *Caesalpinia Sappan* Linn. or *Sappanwood* (family

Leguminosae) [34]–[36]. The extract has been used extensively as a natural dye, especially in the textile industry due to its low toxicity and low cost [37]–[39]. *Sappanwood* extracts in addition to functioning as a natural red dye, also show great benefits as antibacterial agents [38], [40]–[42], antioxidants [38], [43]–[45], and pharmacological activity [46]. Also, *braziline* is easily oxidized by light to form a very red *brazilein* [35], [38]. Characterization with UV-Vis spectroscopy and μ -spectrofluorimetry revealed that in its acid form, *brazilein* chromophores provide maximum absorption, excitation, and emission respectively at wavelengths of 446, 475 and 536 nm and 540, 548 and 560 nm when deprotonated. When complexed with Al^{3+} the wavelength values are changed to 510, 520, and 585 nm, respectively.

Cocos nucifera or coconut fiber has fiber with a strong structure that is not easy to rot or moldy and durable [45], [47]. Indonesia is the biggest coconut-producing country in the world [48]. But unfortunately, coco fiber processing has not been done optimally, where every year only 15% of the total abundance of processed coconut husk, while the rest will be left to accumulate as waste that will eventually dry up and then burned [49]. This condition is unfortunate, considering coconut husk is part of the coconut husk that can be used as a natural dye because of the flavonoid type water-soluble tannin content. This dye will give off a reddish-brown color and gradation depending on the type of mordant and fixer compound used [50]. Characterization with UV-Vis spectroscopy revealed that *Cocos nucifera* fiber extract provides maximum absorption at wavelengths of 385.41 nm and 380.79 nm when complexed with Al^{3+} .

Leucaena leucocephala, commonly called *petai china*, is a kind of shrub from the Fabaceae family (Leguminosae, legumes). *Leucaena leucocephala* is a plant that is easy to find in the tropics, such as Indonesia. Similarly, with coconut husk, *Leucaena leucocephala* leaf material has not been used as much of the fruit that is widely used as a raw material of traditional Indonesian food. This material contains many phenolic compounds in high concentrations, especially types of *tannins* and *mimosine*, making it a potential natural dye material. As with most tannins, tannin chromophores in *Leucaena leucocephala* leaf will also produce a reddish-brown color and a gradation, according to the type of mordant and fixer applied [51], [52]. Characterization with UV-Vis spectroscopy revealed that *Leucaena leucocephala* leaf extract provides maximum absorption at wavelengths of 417.84 nm and 387.50 nm when complexed with Al^{3+} .

Dyeing using natural dyes is generally accompanied by several problems such as narrow shade range and lower fastness. The utilization of mordant compounds is one effort that can be done to overcome these problems. In addition to increasing the affinity between the dye compound and the fabric fibers, the application of mordant may cause hue changes of a number of specific dyes. Application of different mordant types to the same dye compound can darken, brighten, or alter the final color significantly [53], [54]. The colorimetric properties of the dyeing results including lightness (L^*), redness-yellowness (a^*), blueness-greenness (b^*), chroma (c^*), hue (h^*) and color strength (K/S) are strongly influenced by the chemical properties, both mordant and fiber compounds and the forming ability of metal

complexes with dyes and fibers [55]. Mordanting is generally capable of improving dye performance by producing a wide spectrum of shades on a variety of natural fibers as well as synthetic fibers with increased color intensity and fastness [56], [57].

One of the colored fabric qualities can be seen from the fastness. Besides mordanting optimization, fixation is another way that can be done to improve fastness through the color locking process on fiber. Fixation is generally done by adding metal complex materials, such as iron (II) sulfate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), aluminum sulfate, or alum [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$] and calcium oxide (CaO). However, the application of the fixation process in the final stages after dyeing also has the potential to darken, brighten, or alter the color significantly as it does with mordanting. This is triggered by the presence of several chromophores in the fixer compound used, which will lead to the appearance of a specific hue when the absorption of light occurs [58]–[61].

The current research focuses on producing dyed fabrics using red pigments from *sappanwood* extract and reddish-brown producing pigments from *Cocos nucifera* fiber and *Leucaena leucocephala* leaf extract separately and as a combination dye. This study is the first report on the dyeing carried out by combining the *braziline* and tannin compounds, the two dominant pigments in the three raw materials used. To find out the effect of both pigments' combination on the quality of cotton dyeing, the color production is done through the use of composition 75%/25%; 50%/50%; and 25%/75% both for a combination of *sappanwood* bark extract with *Cocos nucifera* fiber and *Leucaena leucocephala* leaf extract. Meanwhile, the color production using a 100% composition in *sappanwood* bark, *Cocos nucifera* fiber, and *Leucaena leucocephala* leaf extract was applied as a comparative color needed to determine the extension of the color spectrum resulting from the pigment combination process. Besides, achieving optimum color strength and creating a wide colors spectrum is done by forming bridge compounds between cotton and pigment using mordant alum, which has aluminum as a central atom with a three-valence positive charge application color-locking using 3 types of fixer compounds. Furthermore, the interaction between fabric fibers, mordant alum, combinations of pigments, and fixer compounds, which have not been previously reported, have been investigated. An analysis of the effect from three different fixer compound uses was also performed to determine the suitability of interactions between pigment combinations with fixers in generating color spectrum expansion and increased strength and fastness.

II. MATERIAL AND METHOD

A. Washing Process

Cotton fibers to be dyed must go through a washing process to remove contaminants attached. Thus, the appeal of mordant alum to fabric fibers increases. The following procedure does the washing of cotton fibers. The 2.57-gram cotton fiber is immersed in a 2 gram/liter Turkey Red Oil (TRO, Dunia Kimia, Indonesia) solution for 6 h. Furthermore, three times were rinsing using distilled water to remove the mordant residue that does not interact with cotton fibers. The cotton fiber washing procedure was ended by drying the cotton fibers in the open air for 24 hours [3], [11].

B. Mordanting Process

After going through the washing stage, the cotton fiber preparation process continues with the mordanting using aluminum sulfate ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, Brataco Chemistry, Indonesia) and soda ash (Na_2CO_3 , Water, Indonesia). The mordant solution is made by dissolving 8 grams of alum and 2 grams of soda ash in 1 liter of distilled water. The stirring process using a magnetic stirrer was applied to ensure the homogeneity of the solution. The solution is then heated to boiling, and into it is added 2.57 grams of cotton fiber. The process of heating process continued for 1 hour. To optimize the interaction that occurred with alum mordant, cotton fibers were left submerged in a mordant solution for 24 hours. In the next step, cotton fibers are rinsed (not squeezed) three times and then dried and ironed. Ironing of cotton fibers is done to get a uniform fiber orientation. After that, the cotton fibers are ready to be dyed using natural dyes [3], [11].

C. Dyeing Process

After going through the washing and mordanting, cotton fibers are ready to be dyed using water extract of *Sappanwood* bark (Dwi Jaya, Indonesia), *Cocos nucifera* fiber (Berkah, Indonesia), and *Leucaena leucocephala* leaf (Bengawan Solo riverbanks, Indonesia). Table 1 shows the operational conditions for the dyeing [11], while Table 2 shows the natural dyes extract compositions.

TABLE I
THE OPERATIONAL CONDITIONS FOR DYEING PROCESS

	Condition
Material to liquor	1/35 (gram/mL)
Temperature	Room temperature
The weight of cotton fiber	0.85 gram
Dyeing time	50 minutes

TABLE II
THE NATURAL DYES EXTRACT COMPOSITIONS

	Compositions (wt.%)		
	<i>Sappanwood</i>	<i>Cocos nucifera</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
A	100	0	0
B	0	100	0
C	0	0	100
AB1	75	25	0
AB2	50	50	0
AB3	25	75	0
AC1	75	0	25
AC2	50	0	50
AC3	25	0	75

D. Fixation Process

To improve the fastness of natural dyes, after going through the staining stage, the cotton fibers must go through fixation using three types of fixers, including iron (II) sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Nusa Indah Megah, Indonesia), alum, and calcium oxide (CaO , Mitra Water, Indonesia). The fixer solution was prepared by dissolving 50 grams of each fixer material in 1 liter of distilled water. The solution was allowed to age for 24 hours and then from the solution was taken a transparent solution. The fixation process is carried out by immersing the cotton fibers in the fixer solution for 10 minutes. To determine the resulting color difference, a fixation of 0.85 grams of cotton fibers was performed in 30

mL of iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide solution respectively. In the next step, each cotton fiber is rinsed three times using distilled water and then dried in the open-air [11].

E. Characterization

To determine the pigment characteristic in the water extract from *Sappanwood* bark, *Cocos nucifera* fiber, and *Leucaena leucocephala* leaf, wavelength analysis was done with maximum electromagnetic wave absorption Pharmaspec UV-1700 UV-Visible Spectrophotometer. The maximum wavelength region (λ_{max}) will show the dominant pigment contained in the water dye extract of each raw material. Each dye's Cielab coordinates (L^* , a^* , b^*) were directly measured using a spectrophotocolorimeter (Tintometer, Lovibond PFX 195 V 3.2, Amesbury, UK). In this coordinate system, the L^* value is a measure of lightness, ranging from 0 (black) to 100 (white); the a^* value ranges from -100 (greenness) to +100 (redness) and the b^* value ranges from -100 (blueness) to +100 (yellowness). Besides, at this stage, cotton fiber also analyzed the intensity and fastness to determine the quality of the colors resulting from the combination of pigment and three different fixer compounds. Color intensity analysis was performed using Shimadzu Diffuse Reflectance Ultraviolet (DRUV) UV-2401-PC Spectrophotometer, while the fastness analysis was performed using the staining scale method. The higher color intensity will generally result in lower reflection percentages in the analysis results using DRUV.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Dyes Extract Characterization

A, B, and C dyes, each prepared as cotton fiber pigments by extracting dyes from *Sappanwood* bark, *Cocos nucifera* fiber, and *Leucaena leucocephala* leaf. Consequently, A dyes exhibit characteristic properties of the red-pink color of *brazilein* flavonoids, which appear as red chromophores as oxidized forms of *brazilin* from *Sappanwood* bark (Fig. 1a). The red-pink color with maximum wavelength at 538.57 nm, as shown in Fig. 3a, is red (a^*) higher than 19.00 (Table 1). Meanwhile, B and C dyes exhibited characteristic properties with a typical reddish-brown tannin flavonoid, as shown in Fig. 1b and Fig. 1c. However, compared to *Cocos nucifera* extract, *Leucaena leucocephala* extract showed a darker color. Also, the occurrence of reddish-brown *Cocos nucifera* showed redness in color (a^*) for 12.16. The redness in color values is lower than *Leucaena leucocephala*, which has a a^* value of 17.40.

The UV-Vis spectrum of the AB1 dye extract shows the maximum absorption at the wavelength 538.34 nm with a bathochromic shift (0.23 nm) of the A dye wavelength. Theoretically, adding 25% tannins of the B dye has led to the increasing quantity of chromophores and auxochrome in the AB1 dye. However, what should be noted is that the increase in tannin levels in AB dye will occur along with a decrease in *brazilein* levels and based on the results of the analysis it is suspected that there is a close relationship between the molecular size and the success of the fiber in binding dye molecules. The larger the size of the dye molecule is predicted to increase the barriers to fabric fibers to maximize the binding of the dye molecules. As shown in Fig. 2 (a), the molecular structure of *brazilein* has 2 types of chromophores

(C=C and C=O) and 2 types of auxochrome, ie -OH and C-O. Meanwhile, in Fig. 2 (b) it appears that although it has the same chromophore and auxochrome properties, the tannin molecular structure exhibits the higher quantity of the corresponding chromophores and auxochrome. The quantity of chromophores and auxochromes increases with increasing tannin levels to 50% and 75%, as found in AB2 and AB3 dyes, respectively. The increase in the number of chromophores and auxochromes is predicted to be capable of inducing an increase in the number of electronic transitions, especially those involving the non-bonding orbital ($n \rightarrow \pi^*$) and $n \rightarrow \sigma^*$ anti-bonding (σ^*), which leads to a shift maximum wavelength and shades of color that appear. However, the higher effect of space difficulties that arise along with the increase in tannin content, which reaches its peak in the composition of the AB2 dye has triggered conditions where the bond formed between the fabric fibers and dyes molecules becomes minimum to produce a brighter color accompanied by lower redness (a^*) and yellowness (b^*). The opposite phenomenon was detected when tannins dominated the AB3 dye extract. Increased tannins accompanied by decreased levels of *brazilein* appear to produce brighter shades, but with increasing levels of redness and yellowish. Thus, it can be reported that comparable levels of *brazilein* and tannins in the AB dye extract will produce a mutually nullifying effect. Slightly different from the conditions caused by the addition of tannins from *Cocos nucifera* extract, the addition of tannins from the *Leucaena leucocephala* extract, as seen in the AC1-AC3 dye composition, shows a lower magnification (0.02 nm) shift of the A dye wavelength. The condition is predicted to be triggered by mimosine pigment, which produces a complementary effect with tannins in the dye. This complementary effect is getting stronger because of the smaller molecular size of mimosine, which reduces the effect of space difficulties, which can inhibit the binding of dye molecules by fabric fibers. The presence of mimosine, with the molecular structure as shown in Fig. 2 (c), in AC1-AC3 extract has enriched the auxochrome variety of AC1-AC3 dyes, wherein the molecular structure of mimosine has N-H chromophores absent in AB1-AB3 dyes. This is the cause of the difference in bathochromic shifts that occur in AC1-AC3 dyes when compared to AB1-AB3 dyes. The condition also shows that in addition to increasing orbital quantities, the presence of mimosine has enriched the number of chromophores and the quantity and variety of auxochromes involved in the electronic transition of AC1-AC3 dyes when adsorbing light energy. These conditions make mimosine as one inducer of a larger bathochromic shift in AC1-AC3 dyes. This condition is following the color look of the extract is getting closer to the typical brown tannin.



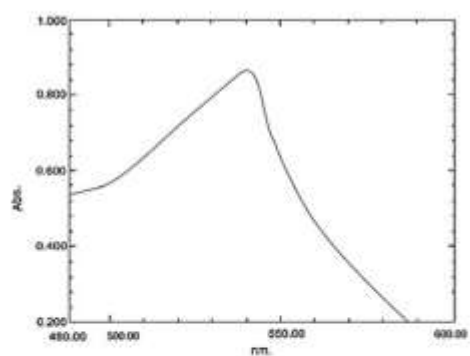
Fig. 1 Scheme of (a) *Sappanwood bark*; (b) *Cocos nucifera* fiber; (c) *Leucaena leucocephala* extract



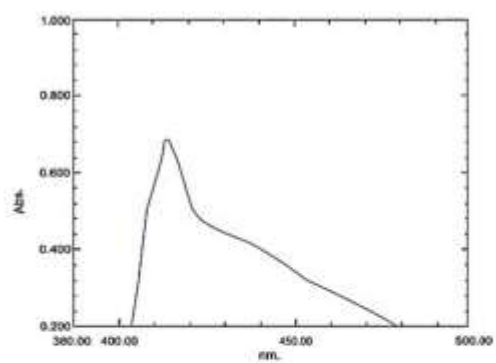
Fig. 2 Scheme of (a) *brazilein*; (b) *tannin*; (c) *mimosine* molecular structure

B. UV-Visible Spectra

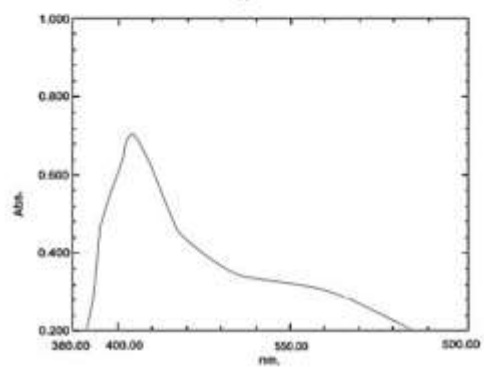
The UV-Vis spectrum of *Sappanwood bark* (A) dye extract showed λ_{max} at 538.57 nm. These results confirm the presence of *brazilein* pigment in the *Sappanwood bark* extract. These results correspond to λ_{max} data of *brazilein* flavonoids at 540 nm reported by the ref. [28]. Meanwhile, the UV-Vis spectrum analysis results of *Cocos Nucifera* fiber and *Leucaena leucocephala* leaf extract showed the maximum absorption at 384.41 nm and 417.84 nm. The difference in maximum wavelength between *Cocos Nucifera* fiber and *Leucaena leucocephala* leaf extract has strengthened the prediction of the presence of mimosine pigment as a complement of tannin in C dye extract. Fig. 3 shows the UV-Vis spectra of the A, B, C, AB1-AB3, and AC1-AC3 dye extracts.



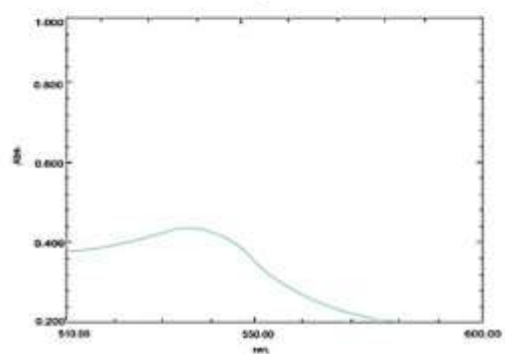
A



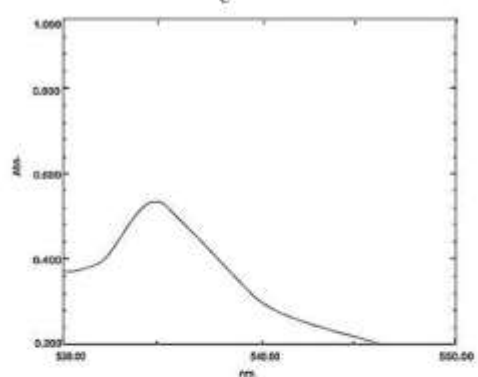
B



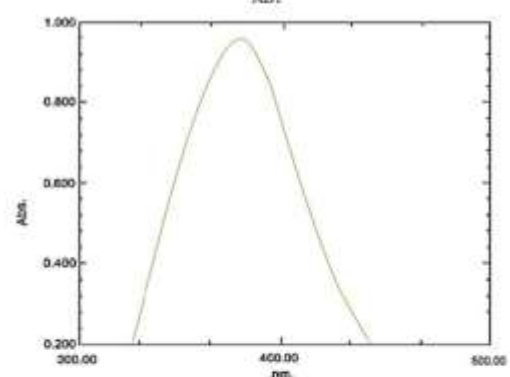
C



AB1



AB2



AB3

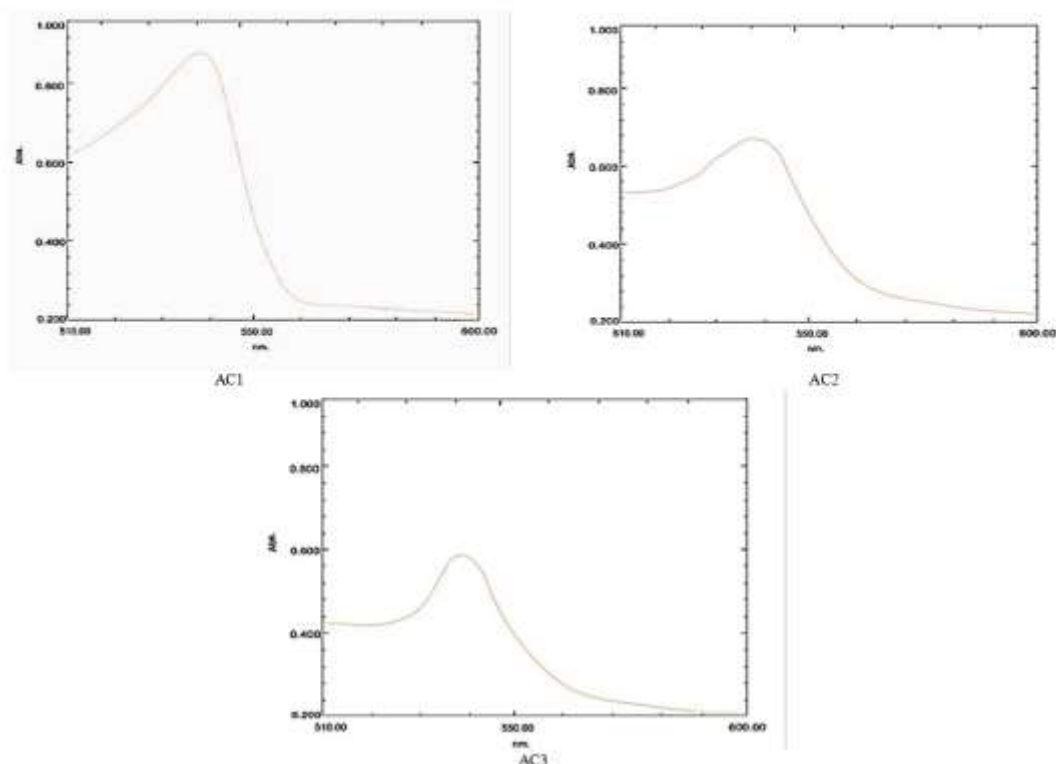


Fig. 3 UV-Visible spectra of dyes

Table 3 shows the colorimetric parameters of different compositions of dyes extract. The colorimetric analysis results showed that elevated levels of tannin pigment from *Cocos nucifera* fiber extract on AB1-AB3 dyes had resulted in a decrease in the brightness value from 47.34 in A dye, being respectively of 41.35 in AB1. It is closely related to the bathochromic events or maximum absorption shifts to higher wavelength regions triggered by an increase in the number of chromophores and auxochrome occurring as a result of tannin pigment added from *Cocos nucifera* to then synergize with *brazilein* pigment from *Sappanwood* bark extract. The same trigger has induced an increase in redness and yellowness value along with an increase in tannin content from *Cocos nucifera* fiber extract into *Sappanwood* bark extract. In general, almost the same phenomenon is detected in AB3 dyeing results. However, balanced levels of *brazilein* and tannin pigments in AB2 dyes have given rise to a mutually nullifying effect that minimizes the number of bonds between fabric fibers with both pigments, which increases the color brightness accompanied by a decrease in redness and yellowness compared to the colors produced by AB1 and AB3 dyes or when one of the pigments dominates. In detail, the results of dyeing using AB2 dye have brightness 49.95 with the a^* and b^* notation values of 24.80 and 9.22, which are 9.90% and 29.18% lower compared to the a^* and b^* color

notation values produced by AB1 dyes; and 20.89% and 54.56% lower than AB3 dyes.

TABLE III
COLORIMETRIC PARAMETER OF DIFFERENT DYES COMPOSITIONS

	CieLab Coordinate			
	L*	a*	b*	ΔE^*_{ab}
A	47.34	19.02	6.97	56.25
B	78.42	12.16	28.64	37.68
C	69.00	17.40	37.20	51.27
AB1	41.35	27.26	11.91	65.61
AB2	49.95	24.80	9.22	56.46
AB3	52.57	29.98	14.25	57.75
AC1	52.80	23.67	6.22	53.03
AC2	64.64	29.68	16.69	48.98
AC3	64.06	27.74	15.64	47.89

Note: L* : brightness, a^* : (red = +ve, green = -ve), b^* (yellow = +ve, blue = -ve)

The corresponding conditions were detected in the analysis results of the AC1-AC3 colorimetric parameters. Brightness value (L^*) of AC1-AC3 dye showed an increasing trend along with elevated levels of tannin from *Leucaena leucocephala* leaf extract added to *Sappanwood* bark extract. However, as described in the preceding section, the presence of mimosine pigment as a tannin complement in *Leucaena leucocephala* leaf extract has triggered an increase in the number of chromophores as well as the quantity and diversity of auxochrome which is bonded to the fabric fibers and induces

less significant maximum wavelength shifts in AC1-AC3. However, in contrast to the dyeing phenomenon by AB2, the results of dyeing using AC2 dyes produce an increase in brightness, accompanied by an increase in the a^* and b^* notation values compared to AC1. The decrease in brightness, although not significant, together with a decrease in the notation values of a^* and b^* was only detected after an increase in tannin and mimosine levels in the dye reached the maximum (AC3). The decrease in Cielab coordinate in this condition is thought to be closely related to the minimum presence of brazilein pigment in the AC3 dyes, which has led to a decrease in the resulting redness and yellowness color. More specifically, this is reinforced by the results of the analysis showing the more dominant level of redness of AB3 and the yellowness level of AC3 dyes.

C. Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy

To confirm the presence of red-pink chromophore from brazilein, the FT-IR spectrum showed adsorption at wavenumbers 1635.71 cm^{-1} from C=C aromatic stretching (Fig. 4 and Table 4). Based on these adsorptions, the FT-IR analysis confirmed the presence of chromophores C = C. Meanwhile, the presence of auxochromes -OH in the brazilein structure has been confirmed by the appearance of respective absorption at wavenumbers 3265.86 cm^{-1} . The absorption details arising from the analysis of FT-IR A dyes are shown in Figs. 4 and Table 4.

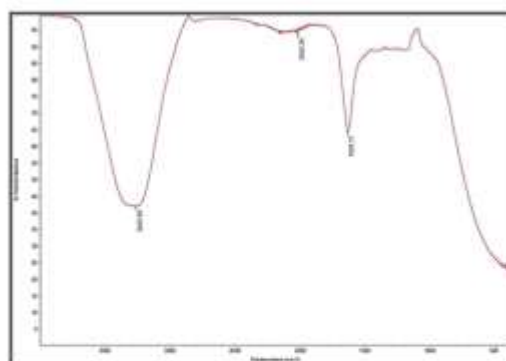
In addition to brazilein, FT-IR analysis was also applied to confirm the presence of reddish-brown chromophore from tannins, both in B and C dyes. Specifically for C dye, the FTIR analysis has been very useful for confirming the predicted presence of mimosine pigments as tannins complement the extracts. The FT-IR result of B dye shows that the absorption does not differ significantly from A dye. The absorption at wavenumber 1636.05 cm^{-1} of C=C aromatic stretching has confirmed the presence of heterocyclic compounds with the

aromatic ring of the tannin molecule. These of FT-IR FTIR result has also confirmed the presence of C=C chromophores of tannin molecules. Meanwhile, the emergence of -OH and -CO auxochromes in tannin molecular structure has been confirmed by peak incidence at wavenumbers 3265.04 cm^{-1} and 2154.48 cm^{-1} . The only characteristic differentiation between brazilein and tannin is a peak that appears at wavenumber 2154.48 cm^{-1} which indicates the presence of C-O functional groups typical of the ester group.

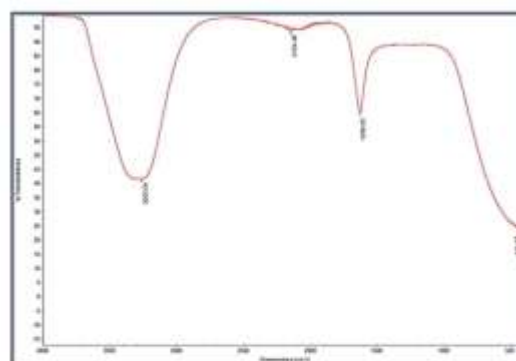
Especially for the results of C dye analysis, the appearance of the peak in wave number 1636.19 cm^{-1} indicates the presence of C=C chromophore and N-H auxochrome. This result further strengthens the results of the DRUV and UV-Vis spectrophotometers analysis which show a lower bathochromic shift to the maximum wavelength of the A dye. The condition has triggered the appearance of C dye that has lower brightness as well as higher redness and yellowness values than the B dye. This is closely related to the similarity of the chromophores and auxochromes quantity between A dye and C dye compared to that of B dye. This has induced the similarity of the electronic transitions occurring in A dye and C dye as compared to the B dye when adsorbing light.

TABLE IV
FT-IR VIBRATION ASSIGNMENT OF DYES

Vibration assignment	Wavenumber (cm^{-1})				
	A	B	C	AB1	AC1
-OH	3265.8	3265.0	3279.5	3269.2	3281.7
	6	4	7	0	3
C=C	1635.7	1636.0	1636.1	1633.2	1635.7
stretch.	1	5	9	7	2
aromatic					
N-H (1° amine)	-	-	1636.1	-	1635.7
			9		2
C-O ester	-	2154.4	2129.9	2147.8	2162.9
		8	7	8	5



A



B

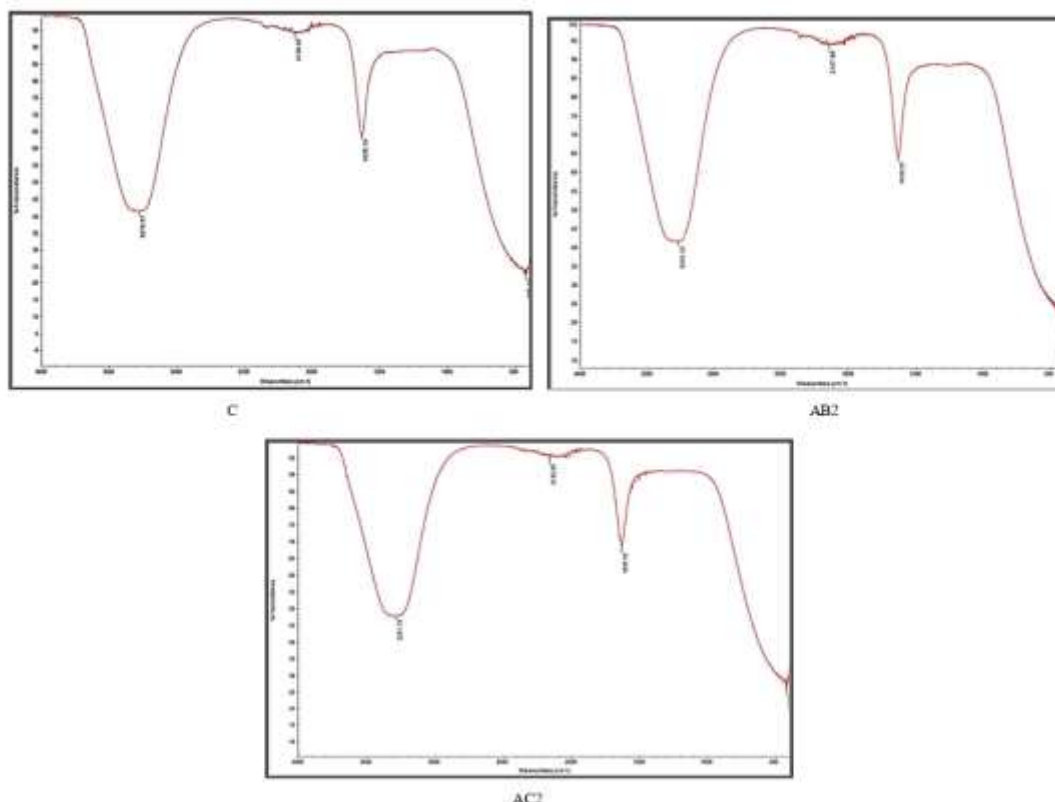


Fig. 4 FT-IR spectra of dyes

D. Diffuse Reflectance Ultraviolet (DRUV)

The effect of the dye composition on the variety of shades, strength, and fastness was studied by varying the B and C dye as the mixture of the A dye which became the main dye in this study (with a ratio of 75/25; 50/50; 25/75) and by using 3 types of fixer compounds to enrich the original shades of the *Sappanwood* bark extract. Fig. 5 and Fig. 6 show the shades and reflectance values of the colors produced by each color combination and type of fixer. In general, higher reflection percentages will result in higher color intensity.

Implementation of dyeing ending with the fixation process using three different fixer compounds proved to have enriched the shades produced by the A dye. The physical appearance of the dyeing results in Fig. 5 shows the appearance of dark brown for fixation with iron (II) sulfate and red for both other fixation, alum, and calcium oxide. The combination of the presence of specific chromophores and auxochromes from dyes and fixers used is predicted to induce the appearance of specific colors from the use of each fixer. Fig. 7 appear different types of chromophores in the three fixer types of compounds used. In fixer iron (II), sulfate and alum appear to have S=O chromophore and S-O auxochrome, whereas there is only 1 type of chromophore in the calcium oxide fixer, ie Ca=O. The only difference between fixer iron (II) sulfate and

alum is in the higher quantity of chromophore and auxochromes in the alum fixer.

Different patterns of influence emerged from the application of three different types of fixers to dyeing using B and C dyes. The dyeing results using B dye indicate the appearance of blackish brown, light brown, and dark brown resulting from the use of fixers iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide. Similar to the results, dyeing using C dye denotes the appearance of gray, light yellow, and yellow in color resulting from the use of fixers iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide. Despite having the same pigment content, B and C dyes show the appearance of different shades, though not significantly. This is closely related to the presence of mimosine pigment as a differentiator of pigment content in B and C dyes. Besides, the presence of mimosine pigments in addition to tannins in C dye has induced the appearance of similar colors with higher brightness and yellowness and lower redness values in C dye compared with B dye. This finding is relevant to the results of the colorimetric parameters and DRUV analysis shown in Table 5 - Table 7. More specifically, the DRUV data have shown a lower reflectance percentage of the shades produced by the C dye, both terminated by fixation using iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide.

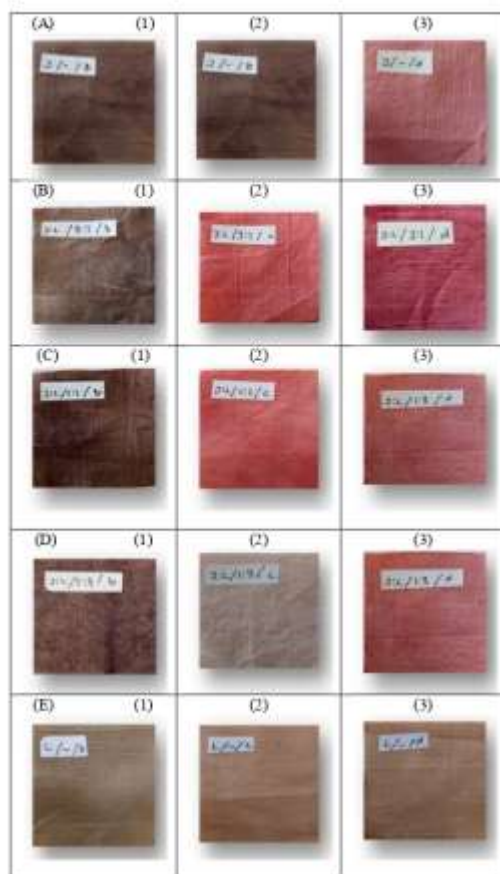


Fig. 5 Physical appearance of: (a) A; (b) AB1; (c) AB2; (d) AB3; (e) B dyes with fixer: (1) iron (II) sulfate, (2) alum, and (3) calcium oxide

When adding more B dye to A dye, each cotton fiber sample gives shades of light brown, light red, and pink colors that fade respectively on the dyeing result fixed with an iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide fixer, as shown in Fig. 5. This condition indicates that the addition of B dye with various compositions has tended to enrich the shades of A dyes produced through the creation of shades gradations predicted due to the interaction competition between brazilain pigments from A dye and tannin pigments from B dye. Increases in B dyes levels in the dye composition will produce shades with a lower brightness for dyeing, which ends with fixation using iron (II) sulfate, while the application of alum and calcium oxide fixers results in increased brightness shades. This finding is relevant to the results of the colorimetric parameters analysis shown in Table 5 and the color reflectance shown in Table 7. Overall, increases in the B dye amount added have been shown to increase the percentage of reflectance from the dye. This condition shows a decrease in color intensity in dyeing with increasing tannin levels.



Fig. 6 Physical Appearance of: (a) A; (b) AC1; (c) AC2; (d) AC3; (e) C Dyes with Fixer: (1) iron (II) sulfate, (2) alum, and (3) calcium oxide

Similar to the results obtained from the combination of A and B dyes, the result of an A and C dyes combination has triggered the appearance of the shades of blackish brown, dark pink, and light pink that fade respectively on the dyeing result fixed with an iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide fixer, as shown in Fig. 6. This condition indicates that the addition of C dye with various compositions has tended to enrich the shades of A dyes, which produce through the creation of shades gradations predicted due to the interaction competition between brazilain pigments from A dye and combination of tannin and mimosine pigments from C dye. Increased levels of C dye used in dyeing give varying results in Cielab coordinate. On the results of dyeing using AC which ends with fixation using iron (II) sulfate detected to give color shades increasing brightness, while the use of alum and calcium oxide fixers, each of which results in the emergence of color shades with stable and decreasing brightness. This finding is relevant to the results of the colorimetric parameters analysis shown in Table 5 and the color reflectance shown in Table 6. In general, increases in the C dye amount added have been shown to increase the percentage of reflectance from the

dye. This condition shows a decrease in color intensity in dyeing with increasing tannin and mimosine levels.

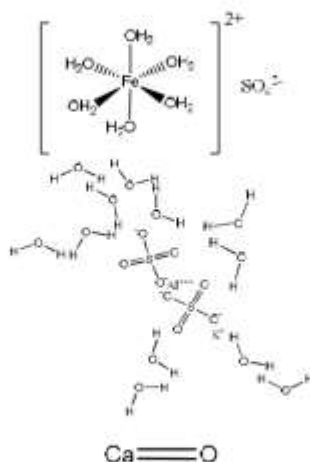


Fig. 7 The molecular structure of the fixer: (a) iron (II) sulfate, (b) alum, and (c) calcium oxide

TABLE V
A COLORIMETRIC PARAMETER OF DIFFERENT DYES COMPOSITIONS AND FIXER

	CieLab Coordinate			
	L*	a*	b*	dE*ab
A – Iron (II) sulfate	53.00	5.92	4.80	53.55
A – Alum	54.49	26.40	12.70	61.87
A – Calcium oxide	67.49	22.43	12.64	61.87
B – Iron (II) sulfate	62.76	6.16	14.90	64.80
B – Alum	74.99	14.50	24.50	80.21
B – Calcium oxide	85.29	9.94	22.47	88.76
C – Iron (II) sulfate	68.76	5.90	19.13	72.62
C – Alum	83.84	1.18	31.80	89.67
C – Calcium oxide	81.09	2.62	41.40	91.08
AB1 – Iron (II) sulfate	43.08	6.79	7.13	44.19
AB1 – Alum	52.74	39.91	20.26	69.18
AB1 – Calcium oxide	44.32	29.90	9.09	54.32
AB2 – Iron (II) sulfate	38.19	7.09	9.25	39.93
AB2 – Alum	56.98	36.36	21.03	70.79
AB2 – Calcium oxide	53.51	23.26	9.92	59.20
AB3 – Iron (II) sulfate	31.28	7.81	8.52	33.35
AB3 – Alum	87.90	12.41	12.20	89.60
AB3 – Calcium oxide	60.65	28.57	15.35	68.78
AC1 – Iron (II) sulfate	56.00	6.83	11.23	57.52
AC1 – Alum	67.58	32.23	17.27	76.83
AC1 – Calcium oxide	67.59	22.11	11.00	71.95
AC2 – Iron (II) sulfate	70.97	6.08	14.39	72.67
AC2 – Alum	67.56	34.75	20.60	78.71
AC2 – Calcium oxide	65.46	23.08	10.17	70.16
AC3 – Iron (II) sulfate	49.90	5.74	7.14	50.74

AC3 – Alum	67.32	33.03	29.48	80.57
AC3 – Calcium oxide	42.09	29.26	8.16	51.91

Note: L* = brightness; a* = (red = +ve, green = -ve); b* = (yellow = +ve, blue = -ve)

TABLE VI
DRUV OF THE DYES WITH DIFFERENT COMPOSITIONS

	Reflectant (%)	Intensity (%)
A	8.31	94.34
B	42.77	59.88
C	26.29	76.36
AB1	11.51	91.14
AB2	15.94	86.71
AB3	12.67	89.98
AC1	28.94	73.71
AC2	28.11	74.54
AC3	37.17	65.48

TABLE VII
THE REFLECTANCE OF DYES WITH DIFFERENT COMPOSITION AND FIXER TYPE

	Reflectant (%)	Intensity (%)
A – Iron (II) sulfate	23.36	79.29
A – Alum	14.94	87.71
A – Calcium oxide	21.76	80.89
B – Iron (II) sulfate	18.01	84.64
B – Alum	36.47	66.18
B – Calcium oxide	33.81	68.84
C – Iron (II) sulfate	16.70	85.95
C – Alum	30.89	71.76
C – Calcium oxide	23.86	78.79
AB1 – Iron (II) sulfate	10.15	92.50
AB1 – Alum	21.79	80.86
AB1 – Calcium oxide	17.77	84.88
AB2 – Iron (II) sulfate	28.13	74.52
AB2 – Alum	30.80	71.85
AB2 – Calcium oxide	31.41	71.24
AB3 – Iron (II) sulfate	23.69	78.96
AB3 – Alum	28.99	73.66
AB3 – Calcium oxide	49.10	53.55
AC1 – Iron (II) sulfate	18.49	84.16
AC1 – Alum	40.35	62.30
AC1 – Calcium oxide	27.09	75.56
AC2 – Iron (II) sulfate	23.72	78.93
AC2 – Alum	24.57	78.08
AC2 – Calcium oxide	21.16	81.49
AC3 – Iron (II) sulfate	21.89	80.76
AC3 – Alum	30.52	72.13
AC3 – Calcium oxide	20.90	81.75

E. Staining Scale

The wash fastness properties of the nine dyes compositions of the focus in this study are illustrated by the staining scale in Table 8(a)-(b). It appears that the original dyes, including A, B, and C dyes, each capable of inducing the appearance of specific shades with staining scale values of each are equal to 2-3 (less); 3 (enough), and 3 (enough). The wash fastness properties of the dyes are important to evaluate to determine the ability of each dye to maintain its existence in the mixture through competition with its companion dye in interacting with the alum mordant, which mediating the interaction between the cotton fibers and the dye.

Compared with B and C dyes, A dye has the lowest wash fastness. In the early stages of adding B dye to A dye (AB1 dye), the dye staining scale value is constantly detected at the value/range 2-3 (less). The constant value of this staining

scale continues to hold up to 50% of the B dye added to the mixture (AB2 dye). The increase in staining scale values begins to appear in the addition of 75% of the B dye into the mixture (AB3 dye). By comparing the staining scale values of A and B dyes as the origin dyes of this combination, it can be seen that tannin pigment (B dye) competitiveness is superior to that of brazilian pigment in A dye.

The pattern of color behavior appears on the dyeing results using a combination of A and B dyes, both of which then ends with fixation using iron (II) sulfate, alum, and calcium oxide. The appearance of shades is strongly influenced by the mutually supportive or mutually exclusive properties between the chromophores and the auxochromes, which are either owned by dyes or fixers. This is evidenced by the same pattern of similarity formed between the AB1 and AB2 dyes terminated by fixation using all three types of fixers used with the result of A dye with the same three fixer types. Similarly, the resultant dye behavior produced by the AB3 dye having similarities to the B dye produced from the same fixer. This finding is in line with the similarity of the three colorimetric parameters (brightness, redness, and yellowness) produced by AB1 and AB2 dyes with A dye and AB3 dye with B dye.

The evaluation result of the C dye addition to the A dye (AC dye) shows that when into the A dye is added a small amount of C dye (AC1 dye), the staining scale value of the dye is constantly detected at the value/range 3 (enough). However, in contrast to the behavior of the AB dye, the staining scale has increased with increasing C dyes added (up to 50%) and has decreased when the C dyes added raise to 75% (AC3 dye). This condition is predicted to occur due to the presence of mimosine pigment as a tannin complement in the C dye. As has been explained previously, the presence of mimosine pigment, one of which has enriched the auxochrome variety, through the presence of the -CN and -NH bonds. The presence of nitrogen atoms with high electronegativity will tend to strengthen the interaction with mordant alum and minimize the potential of staining scale decrease in dyeing results using this type of dye. This suggests a synergistic or mutually reinforcing effect between chromophores and auxochromes, both owned by brazilian as well as tannins and mimosine pigments. This finding is also in line with the physical appearance of AC1, AC2, and AC3 dyes, which still show similarities with the A dye through the emergence of typical gradations of brazilian pigment. This result is reinforced by the similarity of the brightness, redness, and yellowness values, as shown in Table 5, between the dye A with the AC1, AC2, and AC3 dyes.

The better behavior is shown by the wash fastness resulting from AB and AC dyes with iron (II) sulfate as fixers compounds. However, the opposite phenomenon can be observed from wash fastness, which decreases when dyeing ends with fixation using alum and calcium oxide. Thus, the use of three different fixers is not only influential on the shades variation and colorimetric parameters, but also the wash fastness. The wash fastness is influenced by the strength of interaction, either between fabric fibers with mordant alum, mordant alum with specific dye, or dye with each type of fixer used. However, if further investigated, the application of iron (II) sulfate fixer as soon as the dyeing process is completed is detected capable of producing the best wash fastness through the appearance of a specific shade with the highest staining

scale value, ie 4 (good). To provide a more complete illustration of the interactions that occur in the dyeing process using *Sappanwood* bark, *Cocus nucifera* fiber, and *Leucaena leucocephala* leaf extract, in Fig. 8- Fig. 16 appears interaction between cotton fiber, mordant, pigment, and each type of fixer.

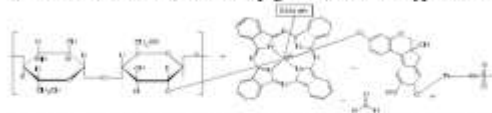


Fig. 8 The interaction of the dyeing process using brazilian pigment with iron (II) sulfate fixer

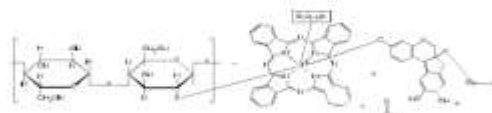


Fig. 9 The interaction of the dyeing process using brazilian pigment with alum fixer



Fig. 10 The interaction of the dyeing process using brazilian pigment with calcium oxide fixer



Fig. 11 The interaction of the dyeing process using tannin pigment with iron (II) sulfate fixer



Fig. 12 The interaction of the dyeing process using tannin pigment with alum fixer



Fig. 13 The interaction of the dyeing process using tannin pigment with calcium oxide fixer

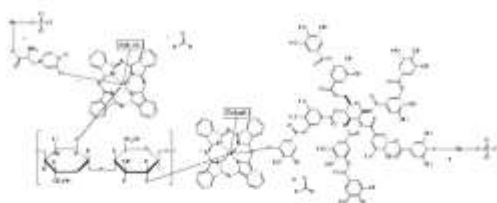


Fig. 14 The interaction of the dyeing process using tannin and mimosine pigment with iron (II) sulfate fixer

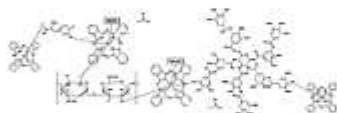


Fig. 15 The interaction of the dyeing process using tannin and mimosine pigment with alum fixer



Fig. 16 The interaction of the dyeing process using tannin and mimosine pigment with calcium oxide fixer

IV. CONCLUSIONS

The cotton dyeing in this study was carried out using natural dyes from an extract of the *Sappanwood* bark, *Cocus Nucifera* fiber, and *Leucaena leucocephala* leaf. It was found that all three had maximum absorption at 540 nm; 384.41 nm; and 417.84 nm; which confirmed the presence of brazilin pigments in the *Sappanwood* bark extract tannins on the extract of *Cocus Nucifera* fiber and *Leucaena leucocephala* leaf. In addition to tannins, mimosine pigment is detected as a tannin companion in *Leucaena leucocephala* leaf extract characterized by detection of wavelength differences wherein extract of *Cocus nucifera* fiber *Leucaena leucocephala* leaf is capable of producing maximum absorption. Increased levels of *Cocus Nucifera* fiber extract in combination with *Sappanwood* bark have resulted in specific results on color percentage reflectance, brightness, redness, and yellowness. This condition is associated with an increase in the type and quantity of chromophores and auxochromes in a combination of brazilin and tannin pigments. It has been the same for dyeing using a combination of brazilin pigment with tannin and mimosine from *Leucaena leucocephala* leaf extract. This condition is associated with the presence of mimosine pigment in addition to tannin in *Leucaena leucocephala* leaf extract, which has improved the quality of interaction, especially with mordant alum to improve the quality of the resulting dyeing. In addition to the dye composition, applying three different fixer types to this dyeing process has enriched the shades and produced specific colorimetric parameters with significantly affected wash fastness.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to the Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Science, Universitas Negeri Surabaya for the provision of facilities used in this work.

REFERENCES

- [1] N. Kusumawati, T. Koshari, and A. B. Santoso, "The influence of washing process using TRO on indigol dyeing quality, leaching percentage, and mechanical strength of muri fabric," *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.*, 2015.
- [2] A. Kozłowski, M. Bardecki, and C. Searcy, "Environmental Impacts in the Fashion Industry," *J. Corp. Citizsh.*, 2014, doi: 10.9774/gleef.4700.2012.sp.00004.
- [3] T. Ross, P. M. S. Silva, L. F. De Moura, M. C. Amijo, J. O. Brito, and H. S. Freeman, "Waste from eucalyptus wood steaming as a natural dye source for textile fibers," *J. Clean. Prod.*, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.12.109.
- [4] R. Rame, "Potential of Catalytic Ozonation in Treatment of Industrial Textile Wastewater in Indonesia: Review," *J. Res. Teknol. Pencegah. Pencemaran Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–11, 2020, doi: 10.21771/jrtpgs.2020.v11.nol.p1-11.
- [5] R. Janme and R. Siddique, "Biodegradation of synthetic dyes of textile effluent by microorganisms: an environmentally and economically sustainable approach," *Eur. J. Microbiol. Immunol.*, 2019, doi: 10.1556/1886.2019.00018.
- [6] S. Islam, "Advance Research in Textile Engineering Reviewing the Sustainability of Natural Dyes," *Adv. Res. Text. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, 2020.
- [7] L. Ammanuel, "Dye Extraction and Cotton Dyeing from Peach Leaf," *Curr. Trends. Fish. Technol. Text. Eng.*, 2019, doi: 10.19080/ctfte.2019.05.555661.
- [8] N. Kusumawati, A. B. Santoso, M. M. Sianita, and S. Muslim, "Extraction, characterization, and application of natural dyes from the fresh mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) peel," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, 2017, doi: 10.18517/ijaset.7.3.1014.
- [9] M. Yusuf, M. Shahid, M. I. Khan, S. A. Khan, M. A. Khan, and F. Mohammad, "Dyeing studies with henna and madder: A research on effect of tin (II) chloride mordant," *J. Saudi Chem. Soc.*, 2015, doi: 10.1016/j.jscs.2011.12.020.
- [10] N. Kusumawati, Samik, A. B. Santoso, and S. Muslim, "New natural dyes development: Caesalpinia Sappan L.-Curcuma Longa blended dyes," *Risayan J. Chem.*, 2020, doi: 10.31788/RJC.2020.1325410.
- [11] B. Lellis, C. Z. Fivaro-Polonio, J. A. Pamphile, and J. C. Polonio, "Effects of textile dyes on health and the environment and bioremediation potential of living organisms," *Biotechnol. Res. Innov.*, 2019, doi: 10.1016/j.biores.2019.09.001.
- [12] M. Izumi et al., "Pollution, Toxicity and Carcinogenicity of Organic Dyes and their Catalytic Bio-Remediation," *Curr. Pharm. Des.*, 2019, doi: 10.2174/1381612825666191021142026.
- [13] M. Bernad et al., "Textile finishing dyes and their impact on aquatic environ," *Helvion*, 2019, doi: 10.1016/j.helvion.2019.e02711.
- [14] A. K. Roy Choudhury, "Green chemistry and the textile industry," *Text. Prog.*, 2013, doi: 10.1080/00405167.2013.807601.
- [15] S. M. Geelani, S. Ara, N. A. Mir, S. J. A. Bhat, and P. K. Mishra, "Dyeing and fastness properties of *Quercus robur* with natural mordants on natural fibre," *Text. Cloth. Sustain.*, 2017, doi: 10.1186/s40689-016-0019-0.
- [16] M. Shabbir, S. U. Islam, M. N. Bukhari, L. J. Rather, M. A. Khan, and F. Mohammad, "Application of *Terminalia chebula* natural dye on wool fiber—evaluation of color and fastness properties," *Text. Cloth. Sustain.*, 2017, doi: 10.1186/s40689-016-0011-8.
- [17] N. Puwatannasri, M. Nakparhom, B. Somboon, N. Nannamol, N. Rungkrangkarn, and R. Mongkhornratana, "Silk fabric dyeing with natural dye from mangrove bark (*Rhizophora apiculata* Blume) extract," *Ind. Crops Prod.*, 2013, doi: 10.1016/j.indcrop.2013.04.041.
- [18] N. Kusumawati, S. Samik, A. Budi Santoso, and A. Wijastuti, "Development of Textile Natural Dyeing using Hybrid Dyes from Mango Leaves Turmeric," 2018, doi: 10.2991/snk-18.2018.11.
- [19] P. Samanta, "A Review on Application of Natural Dyes on Textile Fabrics and Its Revival Strategy," in *Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments*, 2020.
- [20] A. Mishra and S. Gautam, "Application of Natural Dyes for Herbal Textiles," in *Chemistry and Technology of Natural and Synthetic Dyes and Pigments*, 2020.

- [21] A. El-Shafiei, S. Shamsawy, F. H. Motawe, and R. Refaie, "Herbal extract as an ecofriendly antimicrobial finishing of cotton fabric," *Egypt. J. Chem.*, 2018, doi: 10.21608/EJCHEM.2018.2621.1209.
- [22] A. Cerempet, E. I. Murejan, N. Cimpoeu, C. Carp-Cicare, and C. Rimbu, "Dyeing and antibacterial properties of aqueous extracts from quince (*Cydonia oblonga*) leaves," *Ind. Crops Prod.*, 2016, doi: 10.1016/j.indcrop.2016.08.018.
- [23] M. M. Kasprzak, A. Erdleben, and J. Ochodki, "Properties and applications of flavonoid metal complexes," *RSC Advances*, 2015, doi: 10.1039/c5ra05069e.
- [24] V. Tangiraj, J. M. Janot, M. Jabir, M. Bechelany, and S. Balme, "Adsorption and photophysical properties of fluorescent dyes over montmorillonite and saponite modified by surfactant," *Chemosphere*, 2017, doi: 10.1016/j.chemosphere.2017.06.126.
- [25] S. Girdharp, J. Sirirak, D. Damurong, R. Daengngern, and S. Chayabutra, "Physico-chemical characterization of natural lake pigments obtained from *Caesalpinia Sappan* Linn. and their composite films for poly(lactic acid)-based packaging materials," *dye. Pigment.*, 2018, doi: 10.1016/j.dyepig.2018.04.043.
- [26] M. Yusuf, M. Shabbir, and F. Mohammad, "Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects," *Natural Products and Bioprospecting*, 2017, doi: 10.1007/s13659-017-0119-9.
- [27] Y. P. Devi, "Traditional Natural Dyes Used for Dyeing Fibre and Fabrics of Manipur," vol. 6, no. January, pp. 202–207, 2019.
- [28] S. Picco *et al.*, "We are InterOpen, the world's leading publisher of Open Access books Built by scientists, for scientists TOP 1 %," *Interch*, no. toomani, p. 13, 2016.
- [29] M. Nidmanuma, I. Batubara, and L. Sundawati, "Medicinal Plants in East Sumatra that Potential as Natural Dyes for Ikat Weaving," *J. Kim. Ind.*, 2019, doi: 10.15408/jkvi.v5i2.9249.
- [30] A. R. Widyastu, A. Lestari, K. Anas, F. Nufal, and K. S. Budisari, "Pengembangan Standarisasi Pewarna Alami Batik Dan Kulit Kayu Secang (*Caesalpinia sappan* L.) dengan Teknik Spektroskopi," *J. Penelit. Sains*, 2017, doi: 10.21831/jps.v22i1.14850.
- [31] A. T. Barat, P. City, and Z. Code, "Utilization of young coconut fibers as textile dyes," pp. 1–8, 2019.
- [32] I. A. Samant and D. K. Gokwad, "Optimization of natural dye extraction from coconut husk," *J. Exp. Biol. Agric. Sci.*, 2020, doi: 10.18006/2020.8(1).54.62.
- [33] B. Taif, R. M. Tajuddin, and S. H. Mohd Som, "Dyeing of Silk Fabric with Extract from *Caesalpinia Sappan*," *PEOPLE Int. J. Soc. Sci.*, 2019, doi: 10.20319/pjss.2019.51.756764.
- [34] N. Kusumawati, S. Samik, and S. Muslim, "Extraction and Application of Natural Dyes from Brazilwood and Water guava leaves," 2020, doi: 10.2991/ank-19.2019.10.
- [35] L. Ngamwongkham, S. Devahastin, N. Chuewchan, and G. S. V. Raghavan, "Color and molecular structure alterations of brazilin extracted from *Caesalpinia sappan* L. under different pH and heating conditions," *Sci. Rep.*, 2020, doi: 10.1038/s41598-020-69189-3.
- [36] P. Adirestha, R. Puspawati, and A. Mardiatillah, "Optimization of extraction from sappan wood and its influence on food bacterial contaminants," *Indones. J. Pharm. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 21–24, 2018.
- [37] S. Gontawee, C. Phongsapajai, and A. Itharat, "Photo-stabilization of Sappanwood Ethanol Extract with Ammonium Alum Chelation," A. G., R. A. J. A., U. R. N. A., and C. Padmalatha, "Toxicological studies of *Caesalpinia sappan* wood derived dye in Wistar albino rats," *Food Sci. Hum. Wellness*, 2017, doi: 10.1016/j.fshw.2016.10.004.
- [38] H. Jiang *et al.*, "Extraction of natural dyes from the stem of *Caulis spatholobi* and their application on wool," *Text. Res. J.*, 2019, doi: 10.1177/0040517519853788.
- [39] A. K. Vardhani, "Caesalpinia sappan L.: REVIEW ARTICLE," *Proc. Int. Conf. Appl. Sci. Heal.*, 2019.
- [40] Inalia Dwi Putri, Mardiah, and Soewarno T. Soekarto, "Utilization of *Caesalpinia Sappan* L. Extraction as A Natural Colorant in Sremp Paste," *Indones. J. Appl. Res.*, 2020, doi: 10.30997/ijar.v1i2.56.
- [41] H. S. Budi, P. Soesilawati, and M. J. Wurasti, "Antibacterial activity of sappan wood (*Caesalpinia sappan* L.) against aggregatibacter actinomycetemcomitans and porphyromonas gingivalis," *Syst. Rev. Pharm.*, 2020, doi: 10.5530/arp.2020.3.43.
- [42] R. Safiri, L. Reniarti, M. Madihah, L. Delia, M. R. A., Syamsunarno, and R. Panigoro, "The Effect of Sappan Wood Extract (*Caesalpinia sappan*), Wheat grass and Vitamin E Treatment on the Liver Structure of Iron overload of Rat (*Rattus norvegicus*)," *KoE Life Sci.*, 2017, doi: 10.18502/kls.v3i6.1159.
- [43] N. A. I. Sakir and J. G. Kim, "The effect of sappan wood extracts in treating diabetes induced in mice," *Makara J. Heal. Res.*, 2019, doi: 10.7454/mkr.v23i2.10375.
- [44] I. Ahmad, A. E. Arifanti, A. S. Sakti, F. C. Saputri, and A. Mun'im, "Simultaneous Natural Deep Eutectic Solvent-Based Ultrasonic-Assisted Extraction of Bioactive Compounds of Cinnamon Bark and Sappan Wood as a Dipeptidyl Peptidase IV Inhibitor," *Molecules*, 2020, doi: 10.3390/molecules25173832.
- [45] H. Seo *et al.*, "In vitro Antitubercular Activity of 3-Deoxysappanochalcone Isolated From the Heartwood of *Caesalpinia sappan* Linn.," *Phyther. Res.*, 2017, doi: 10.1002/ptr.5890.
- [46] M. A. O. Mydin, N. M. Zamzani, and A. N. Abdul Ghani, "Influence of elevated temperatures on compressive and flexural strengths of *Cocos nucifera* Linn. fiber strengthened lightweight fibrecrete," *Rev. la Constr.*, 2020, doi: 10.7764/RDLC.19.1.112-126.
- [47] "Ministry of Trade of The Republic of Indonesia, Indonesian various Coconut product," 2017.
- [48] M. Bolivar-tellera *et al.*, "Second-Generation Bioethanol from Coconut Husk," vol. 2018, 2018.
- [49] S. Sarjana and U. Negeri, "Studi pencelupan kain katun menggunakan ekstrak sabut kelapa dengan fiksator cuka, gula batu dan air kelapa / Ratna Puapita Dewi," p. 10, 2014.
- [50] F. Teknik, U. N. Surabaya, F. Teknik, U. N. Surabaya, and S. B. Barcode, "Pengaruh Frekuensi Celupan Terhadap Hasil Jadi Pewarnaan Batik Nur Tri Anggraini Lutfiyah Hidayah Abstrak Abstract," vol. 03, 2014.
- [51] N. Kusumawati, A. Kristyanto, and S. Samik, "Exploration of Natural Dyes by Using a Combination of *Caesalpinia sappan* and *Leucaena leucocephala* L. Leaves," 2020, doi: 10.2991/ank-19.2019.9.
- [52] A. Mushi *et al.*, "Enlightening the influence of mordant, dyeing technique and photodegradation on the colour hue of textiles dyed with madder - A chromatographic and spectrometric approach," *Microchem. J.*, 2011, doi: 10.1016/j.microc.2010.12.002.
- [53] E. Yi and J. Y. Cho, "Color analysis of natural colorant-dyed fabrics," *Color Res. Appl.*, 2008, doi: 10.1002/col.20390.
- [54] R. C. Tang, H. Tang, and C. Yang, "Adsorption isotherm and mordant dyeing properties of tea polyphenols on wool, silk, and nylon," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2010, doi: 10.1021/ie100052b.
- [55] S. J. Kadolph and K. D. Casselman, "In the bag: Contact natural dyes," *Cloth. Text. Res. J.*, vol. 22, no. 1–2, pp. 15–21, 2004, doi: 10.1177/0887302X0402200103.
- [56] K. N. M. S., and K. A., "Operational conditions optimization on black fabric dyeing technology (case study: Mordanting influence on naphthol color quality and mechanical strength of black fiber)," *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 5, pp. 33–42, 2016.
- [57] R. A. A. N. Kusumawati, L. Mufida, *Pewarna alami untuk tekstil*. Universitas Negeri Surabaya Press, 2018.
- [58] N. Kusumawati, S. Samik, and A. Kristyanto, "Quality Improvement of ABBS Hand Writing Batik Production through Standardization of Natural Dyeing using Water Guava and Mango Leaves," 2020, doi: 10.2991/ank-19.2019.8.
- [59] S. Samik, A. B. Santoso, and N. Kusumawati, "Diversification of 'NAIWA' Hijab Staining using Tie-Dye Method Based on Natural Dyes," 2020, doi: 10.2991/ank-19.2019.18.
- [60] N. Kusumawati, A. B. Santoso, A. Wijastuti, and S. Muslim, "Extraction, optimization, and dyeing standardization using fresh orange citrus peel on cotton fabrics," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, 2020, doi: 10.18517/sjaset.10.3.3430.

LAMPIRAN 2

LUARAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL HKD

PATEN

FORMULIR PERMOHONAN PENDAFTARAN PATEN INDONESIA
APPLICATION FORM OF PATENT REGISTRATION OF INDONESIA

Data Permohonan (Application)			
Nomor Permohonan <i>Number of Application</i>	: P00202110574	Tanggal Permohonan <i>Date of Submission</i>	: 24-Nov-2021
Jenis Permohonan <i>Type of Application</i>	: PATEN	Jumlah Klaim <i>Total Claim</i>	: 4
		Jumlah halaman <i>Total page</i>	: 13
Judul <i>Title</i>	: METODE PEMBUATAN PEWARNA BATIK MODIFIKASI DARI BUNGA TELANG (CLITORIA TERNATEA) DENGAN BERBAGAI VARIASI PH		
Abstrak <i>Abstract</i>	: Invensi ini menjelaskan tentang potensi pemanfaatan bunga Telang, dalam pembuatan pewarna alam sebagai upaya mengurangi limbah pewarna tekstil yang berdampak buruk bagi lingkungan. Pemanfaatan bunga Telang pada invensi ini dilakukan melalui variasi pH 2,25; 3,21; 4,21; 5,25; 6,14; 7,19; 8,20; 9,20; 10,20; dan tanpa pH, yang melibatkan fixer kapur, tawas, dan tunjung. Metode dyeing yang diterapkan dalam pengujian kualitas warna pada kain batik dalam invensi ini adalah dengan menggunakan konsep pewarnaan, pengeringan, dan fiksasi. Hasil uji kualitas produk pewarna batik dari modifikasi bunga Telang menunjukkan daya serap maksimum : (a) pH 2,25 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (b) pH 3,21 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (c) pH 4,21 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (d) pH 5,25 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (e) pH 6,14 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (f) pH 7,19 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (g) pH 8,20 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (h) pH 9,2 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; (i) pH 9,2 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; pH 10,20 dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung; dan (j) tanpa pH dalam fixer kapur, tawas, dan tunjung.		

Permohonan PCT (PCT Application)			
Nomor PCT <i>PCT Number</i>	:	Nomor Publikasi <i>Publication Number</i>	:
Tanggal PCT <i>PCT Date</i>	:	Tanggal Publikasi <i>Publication Date</i>	:

Pemohon (Applicant)		
Name <i>(Name)</i>	Alamat <i>(Address)</i>	Surel/Telp <i>(Email/Phone)</i>
LPPM-Universitas Negeri Surabaya	Gedung Rektorat Kantor LPPM Lantai 6, Kampus Universitas Negeri Surabaya, Lidah Wetan 60213	0319945414 lppm@unesa.ac.id

Penemu (Inventor)			
Nama (Name)	Warganegara (Nationality)	Alamat (Address)	Surel/Telp. (Email/Phone)
Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc.	Indonesia	Kendangsari IV No 25 Surabaya, 60292	nitakusumawati99@gmail.com 081217474996
Dr. Maria Monica Sianita Basukiwardojo, M.Si.	Indonesia	Jl. MH. Thamrin 50 Surabaya	mariamonica@unesa.ac.id 081339339027
Dr. Pirim Setiarso, M.Si.	Indonesia	Desa Ngepeh RT/RW 03/03 Loceret Nganjuk, 64471	pirimsetiarso@unesa.ac.id 081233485871
Samik, S.Si., M.Si.	Indonesia	Dapuan Baru 2/41 RT/RW 03/05 Krembangan Utara Pabean	samik@unesa.ac.id 085731160005
Nur Hayati, S.Si., M.Si.	Indonesia	Katerungan RT. 03 RW.01 No.81 Krian Sidoarjo	nur.hayati@unesa.ac.id 085646191079
AR. Sella Auliya, S.Si., M.Si.	Indonesia	RT.05 RW.03 Deketagung Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan, 62256	ar.sella.auliya-2018@fst.unair.ac.id 085608317470

Data Prioritas (Priority Data)		
Negara (Country)	Nomor (Number)	Tanggal (Date)

Korespondensi (Correspondence)		
Nama (Name)	Alamat (Alamat)	Surel/Telp. (Email/Phone)
LPPM-Universitas Negeri Surabaya	Gedung Rektorat Kantor LPPM Lantai 6, Kampus Universitas Negeri Surabaya, Lidah Wetan 60213	lppm@unesa.ac.id 0319945414

Lampiran (Attachment)
KLAIM
ABSTRAK
SURAT PENGALIHAN HAK ATAS INVENSI
SURAT PERNYATAAN KEPEMILIKAN INVENSI OLEH INVENTOR
DOKUMEN LAINNYA
SURAT PERNYATAAN PELAKU UMK/SURAT PENUNJUKAN PENDIRIAN LEMBAGA
DESKRIPSI

Penemu (Inventor)			
Nama (Name)	Warganegara (Nationality)	Alamat (Address)	Surel/Telp. (Email/Phone)
Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc.	Indonesia	Kendangsari IV No 25 Surabaya, 60292	nitakusumawati99@gmail.com 081217474996
Dr. Maria Monica Sianita Basukiwardojo, M.Si.	Indonesia	Jl. MH. Thamrin 50 Surabaya	mariamonica@unesa.ac.id 081339339027
Dr. Pirim Setiarso, M.Si.	Indonesia	Desa Ngepeh RT/RW 03/03 Loceret Nganjuk, 64471	pirimsetiarso@unesa.ac.id 081233485871
Samik, S.Si., M.Si.	Indonesia	Dapuan Baru 2/41 RT/RW 03/05 Krembangan Utara Pabean	samik@unesa.ac.id 085731160005
Nur Hayati, S.Si., M.Si.	Indonesia	Katerungan RT. 03 RW.01 No.81 Krian Sidoarjo	nur.hayati@unesa.ac.id 085646191079
AR. Sella Auliya, S.Si., M.Si.	Indonesia	RT.05 RW.03 Deketagung Kecamatan Sugio Kabupaten Lamongan, 62256	ar.sella.auliya-2018@fst.unair.ac.id 085608317470

Data Prioritas (Priority Data)		
Negara (Country)	Nomor (Number)	Tanggal (Date)

Korespondensi (Correspondence)		
Nama (Name)	Alamat (Alamat)	Surel/Telp. (Email/Phone)
LPPM-Universitas Negeri Surabaya	Gedung Rektorat Kantor LPPM Lantai 6, Kampus Universitas Negeri Surabaya, Lidah Wetan 60213	lppm@unesa.ac.id 0319945414

Lampiran (Attachment)
KLAIM
ABSTRAK
SURAT PENGALIHAN HAK ATAS INVENSI
SURAT PERNYATAAN KEPEMILIKAN INVENSI OLEH INVENTOR
DOKUMEN LAINNYA
SURAT PERNYATAAN PELAKU UMK/SURAT PENUNJUKAN PENDIRIAN LEMBAGA
DESKRIPSI

Detail Pembayaran (<i>Payment Detail</i>)			
No	Nama Pembayaran	Sudah Bayar	Jumlah Data
1.	Pembayaran Permohonan Paten	☒	-
2.	Pembayaran Kelebihan Deskripsi	☐	-
3.	Pembayaran Kelebihan Klaim	☐	-
4.	Pembayaran Percepatan Pengumuman	☐	-
5.	Pembayaran Pemeriksaan Substantif	☐	-

Jakarta, 24-Nov-2021

Pemohon / Kuasa

Applicant / Representative



Tanda Tangan / Signature

Nama Lengkap / Fullname

LEMBAR PEMBAHASAN

Laporan Akhir Penelitian yang berjudul:

FABRIKASI SKALA *PILOT* ECO-BATIK UNESA SEBAGAI UPAYA MEWUJUDKAN
SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) 2030

Dengan peneliti berikut:

1. Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc
2. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
3. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
4. Samik, S.Si., M.Si
5. Nur Hayati, S.Si., M.Si

Telah dipaparkan pada tanggal 12 Nopember 2021 di LPPM Universitas Negeri Surabaya

Catatan:

Perlu ditambahkan pembahasan teknologi *pad steam dyeing* yang digunakan dalam proses produksi eco-batik Unesa.

Surabaya, 12 Nopember 2021
Reviewer,



Dr. Uttya Azizah, M.Pd
NIP. 196507151991032001

PENGESAHAN DARI PEMBAHAS

Laporan Akhir Penelitian yang berjudul:

FABRIKASI SKALA *PILOT* ECO-BATIK UNESA SEBAGAI UPAYA MEWUJUDKAN
SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) 2030

Dengan peneliti berikut:

1. Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc
2. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
3. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
4. Samik, S.Si., M.Si
5. Nur Hayati, S.Si., M.Si

Sudah direvisi berdasarkan masukan pembahas.

Surabaya, 15 Nopember 2021

Reviewer,



Dr. Utiya Azizah, M.Pd
NIP. 196507151991032001

LEMBAR PEMBAHASAN

Laporan Akhir Penelitian yang berjudul:

FABRIKASI SKALA *PILOT* ECO-BATIK UNESA SEBAGAI UPAYA MEWUJUDKAN
SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) 2030

Dengan peneliti berikut:

1. Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc
2. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
3. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
4. Samik, S.Si., M.Si
5. Nur Hayati, S.Si., M.Si

Telah dipaparkan pada tanggal 12 Nopember 2021 di LPPM Universitas Negeri Surabaya

Catatan:

1. Perhitungan *Break Event Point* (BEP) perlu dibuat lebih terinci lagi.
2. Perlu untuk segera dipersiapkan detail rencana komersialisasi eco-batik unesa, termasuk di dalamnya peninjauan sejumlah daerah binaan di Jawa Timur untuk mendukung proses produksi ini.

Surabaya, 12 Nopember 2021
Reviewer,



Prof. Dr. Marniati, SE., MM
NIP 195707311987122001

PENGESAHAN DARI PEMBAHAS

Laporan Akhir Penelitian yang berjudul:

FABRIKASI SKALA *PILOT* ECO-BATIK UNESA SEBAGAI UPAYA MEWUJUDKAN
SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGs) 2030

Dengan peneliti berikut:

1. Prof. Dr. Nita Kusumawati, M.Sc
2. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
3. Dr. Pirim Setiarso, M.Si
4. Samik, S.Si., M.Si
5. Nur Hayati, S.Si., M.Si

Sudah direvisi berdasarkan masukan pembahas.

Surabaya, 15 Nopember 2021

Reviewer,



Prof. Dr. Marniati, SE., MM
NIP 195707311987122001