

Peningkatan Kualitas Batik *Eco-Fashion* dengan Pewarna Alami Jalawe (*Terminalia bellirica*) menggunakan Iradiasi Berkas Elektron

Quality Enhancement of Eco-Fashion Batik with Beleric Myrobalan (Terminalia bellirica) Natural Dyes using Electron Beam Irradiation

L. Indrayani^{1*}, M. Triwiswara¹, W. Andriyati², E. Nuraini²

¹ Balai Besar Kerajinan dan Batik - Kementerian Perindustrian
Jl. Kusumanegara 7, Yogyakarta 55166, Indonesia

² Pusat Sains dan Teknologi Akselerator - Badan Tenaga Nuklir Nasional
Jl. Babarsari, Yogyakarta 55281, Indonesia

*E-mail : indrayanililin@gmail.com

ABSTRAK

Istilah *eco-fashion* atau *sustainable fashion* merupakan bagian dari filosofi desain tekstil yang berkembang dengan tujuan menciptakan sistem yang mampu mengurangi dampak negatif kegiatan manusia terhadap lingkungan. Dalam penerapan prinsip *eco-fashion* industri batik harus mengarah pada penerapan prinsip industri hijau dalam proses produksinya. Penggunaan zat warna alami pada industri batik telah banyak dilakukan untuk mengurangi penggunaan zat warna sintesis yang memiliki efek negatif pada lingkungan dan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan kulit kayu jalawe (*Terminalia bellirica*) sebagai zat warna alam (ZWA) pada kain batik dengan menggunakan iradiasi berkas elektron. Metode penelitian yang dilakukan adalah dengan melakukan radiasi pada kain batik menggunakan energi berkas elektron melalui empat variasi waktu iradiasi yang berbeda yaitu 15 detik, 30 detik, 45 detik dan 60 detik dalam proses mordanting pada kain batik untuk dibandingkan dengan menggunakan bahan kimia seperti tawas ($Al_2(SO_4)_3$), kapur (CaO), dan tunjung ($FeSO_4$). Selanjutnya kain batik yang telah diiradiasi, dilakukan pengujian ketahanan warna dan ketahanan luntur warna untuk mengetahui kualitas kain batik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa iradiasi berkas elektron dapat mempengaruhi ketahanan warna kain batik dan peningkatan kualitas kain batik. Semakin besar dosis iradiasi berkas elektron maka nilai ketahanan luntur kain semakin tinggi, nilai tersebut optimum dicapai pada besaran dosis iradiasi selama 45 detik.

Kata kunci: *eco-fashion*, kulit kayu jalawe (*Terminalia bellirica*), iradiasi berkas elektron, kualitas batik, lingkungan

ABSTRACT

The term of *eco-fashion* or *sustainable fashion* is a part of textile design philosophy which is established in order to create human activity system with lower environmental impacts. In its implementation in batik industry, *eco-fashion* follows principles of green industry in batik production processes. Substitution of synthetic dyes by natural dyes has been widely conducted to reduce the negative effects to environment and human health. This study aims to utilize jalawe bark (*Terminalia bellirica*) as natural dyes (ND) on the batik fabric using electron beams irradiation. The research method used is irradiation the batik fabric using electron beam energy through four different irradiation time variations, namely 15 seconds, 30 seconds, 45 seconds and 60 seconds in the mordanting process on batik fabric to be compared with chemicals such as alum ($Al_2(SO_4)_3$), lime (CaO), and arbor ($FeSO_4$). Color shades and fastness properties tests conducted then performed on the irradiated batik to determine the quality. The results show that the electron beam irradiation affects the batik color shades and improve its quality. The color fastness scores were improved as well as increasing of the irradiation doses. The optimum dose was obtained at 45 second of irradiation duration.

Keywords: *eco-fashion*, jalawe bark (*Terminalia bellirica*), electron beam irradiation, batik quality, environment

PENDAHULUAN

Pembangunan sektor industri di Indonesia selain memberi dampak positif bagi negara, juga

memberikan dampak negatif terhadap permasalahan lingkungan terutama pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri serta pemanfaatan sumber daya alam yang tidak

efisien. Dengan semakin terbatasnya sumber daya alam dan menurunnya daya dukung lingkungan akibat pencemaran, pengembangan industri dewasa ini mengarah pada konsep industri hijau (*green industry*) yang ramah lingkungan. Menurut UU Perindustrian No. 3 Tahun 2014, industri hijau adalah industri yang dalam proses produksinya mengutamakan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup serta dapat memberikan manfaat bagi masyarakat.

Dalam mewujudkan industri hijau, industri batik yang merupakan warisan budaya Indonesia harus melakukan perbaikan secara terus menerus. Proses produksi industri batik masih menggunakan beberapa bahan baku impor, seperti kain dan pewarna sintetis. Tantangan ke depan seiring dengan peningkatan industri batik maka harus ada solusi terhadap substitusi bahan impor tersebut. Maka diperlukan beberapa terobosan hasil penelitian yang bisa mengangkat keanekaragaman hayati Indonesia pada industri batik yang akan menjadikan batik *eco-fashion* Indonesia yang berbasis kearifan lokal.

Istilah *eco-fashion* atau yang sering disebut *sustainable fashion* merupakan *fashion* yang memperhitungkan faktor lingkungan serta kesehatan konsumen dan pekerja dalam proses produksinya [1]. Salah satu penerapan konsep *eco-fashion* adalah penggunaan bahan alami, bahan yang dapat didaur ulang (*recycleable*), bahan yang bertahan lama dan tidak mudah rusak. *Eco-fashion* juga meminimalisir penggunaan sumber daya alam dan jumlah limbah yang dihasilkan.

Untuk memenuhi permintaan pasar, proses produksi batik sebagian besar masih menggunakan Zat Warna Sintetis (ZWS) yang dapat diproduksi masal secara cepat dan memiliki warna yang beraneka ragam. Akan tetapi ZWS kemudian diketahui menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan mengakibatkan alergi, bersifat toksik, karsinogen serta gangguan kesehatan lainnya [2].

Dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan dan kelestarian lingkungan, Zat Warna Alam (ZWA) yang ramah lingkungan dan bersifat non toksik kembali diminati dan meningkat penggunaannya [3]. ZWA merupakan zat warna yang berasal dari ekstraksi sumber daya alam [4], [5].

Diperkirakan terdapat lebih dari 500 jenis tanaman yang dapat menghasilkan zat warna [6]. ZWA tidak menimbulkan iritasi sehingga aman bagi kulit sensitif serta tidak menyebabkan pencemaran lingkungan [7]. Zat warna alami telah direkomendasikan sebagai pewarna yang ramah baik bagi lingkungan maupun kesehatan karena kandungan komponen alaminya mempunyai nilai beban pencemaran yang relatif rendah, mudah terdegradasi secara biologis dan tidak beracun [8]. Bersama dengan meningkatnya kesadaran publik akan dampak suatu produk *eco-fashion* minat pasar terhadap produk berbasis bahan alami termasuk ZWA yang ramah lingkungan juga mengalami peningkatan popularitas [9].

Jalawe (*Terminalia bellirica*) adalah salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan untuk ZWA pada kain batik. Berdasarkan taksonominya Jalawe diklasifikasikan ke dalam Kingdom Plantae, Divisi Magnoliophyta, Kelas Magnoliosida, Ordo Myrtales, Famili Combretaceae, Genus Terminalia dan Species Terminalia bellirica (Gaertn) Roxb [10]. Jalawe merupakan pohon yang tingginya mencapai 50 m. Di Jawa tumbuhan ini tersebar dibawah ketinggian 300 mdpl. Tumbuhan ini banyak ditemukan di dalam hutan jati di daerah Jawa Timur dan Jawa Tengah. Bagian dari jalawe yang menghasilkan warna yang berasal bagian kulit buah dan kayunya. Bagian dari jalawe yang menghasilkan warna adalah pada bagian kulit buah dan kayunya. ZWA ini menghasilkan warna coklat yang paling banyak diminati pada batik karena intensitas warnanya yang kuat, mudah didapat, tidak menimbulkan bau tidak sedap serta ekonomis [11]. Pengambilan unsur zat warna pada jalawe dengan cara diekstrak dengan air, yang mana hasil larutannya dipergunakan untuk pencelupan batik [12].

Pada proses pewarnaan batik menggunakan zat warna alam, digunakan mordan sebagai bahan pembantu yang menyebabkan terjadinya reaksi antara zat warna dan bahan yang diwarnai serta mengikat warna agar tidak mudah luntur [13], [14]. Warna akhir, kecemerlangan dan ketahanan luntur warna batik tidak hanya tergantung pada pewarna itu sendiri tetapi juga ditentukan oleh berbagai konsentrasi dan manipulasi dari mordan [15]. Ada 3 macam jenis mordan yang sering digunakan dalam pewarnaan kain batik, yaitu kapur, tawas dan tunjung. Proses mordanting berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan karena dalam prosesnya masih

menggunakan zat kimia yang mengandung garam logam berat seperti besi di dalam tunjung (FeSO_4) dan aluminium di dalam tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

Untuk mengurangi permasalahan lingkungan tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan proses mordanting menggunakan aplikasi teknologi nuklir dengan iradiasi berkas elektron. Hasil proses mordanting selanjutnya dibandingkan dengan metode mordanting menggunakan zat kimia pada proses batik pada umumnya. Diharapkan metode mordanting dengan aplikasi teknologi nuklir berpotensi sebagai substitusi dari metode aplikasi zat kimia untuk mengurangi banyaknya kandungan zat kimia pada limbah batik. Selain itu, metode ini memakai bahan kimia dan panas yang sangat sedikit, baik jenis maupun kadarnya, karena sudah terwakili oleh sumber radiasi elektron tersebut. Penggunaan iradiasi berkas elektron dari Mesin Berkas Elektron (MBE) bersifat ramah lingkungan, karena prosesnya tidak menghasilkan limbah baik limbah cair, padat maupun emisi udara dari gas beracun sehingga tidak berpotensi mencemari lingkungan sekaligus menggantikan fungsi logam berat sebagai bahan *mordanting* pada proses pewarnaan batik dengan ZWA [18].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan iradiasi berkas elektron terhadap kain batik dengan pewarnaan ZWA jalawe dan aplikasi pewarnaan pada kain batik dengan beberapa variasi bahan tiga jenis mordan yaitu kapur, tawas dan tunjung. Dengan penelitian ini diharapkan iradiasi berkas elektron dapat menghasilkan batik yang ramah lingkungan sesuai prinsip *eco-fashion* dengan ketahanan warna dan ketahanan luntur yang memenuhi SNI batik.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Pada penelitian ini digunakan kain katun primissima sebagai media batik. ZWA yang digunakan adalah ekstrak kulit kayu jalawe yang diperoleh dengan merebus 1 kg kulit kayu jalawe di dalam 8 liter air (perbandingan 1:8). Bahan pembawa warna dan air dimasukkan ke dalam panci ekstraksi dan dipanaskan hingga mendidih sampai air rebusan tersisa setengahnya (50% dari volume air awal) [14]. Mordan yang digunakan yaitu kapur (CaO), tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), dan tunjung (FeSO_4). Semua bahan diperoleh dari pemasok bahan dan peralatan batik di Yogyakarta.

Proses iradiasi sampel dilakukan menggunakan Mesin Berkas Elektron (MBE) milik PSTA - BATAN Yogyakarta dengan spesifikasi tipe Quartz 12512/3 A-Dz 393, tegangan 600 V Canberra 3002, preAmp 100V Ortec 311, penganalisis Salur Ganda (*Multi Channel Analyzer / MCA*) 7010.

Metode penelitian

Kain katun dengan ukuran 50×50 cm dibatik dengan proses cap dan dilakukan proses pencelupan dalam larutan ekstrak ZWA sebanyak dua kali celupan dan dikeringkan dengan cara diangin-anginkan. Proses fiksasi dilakukan dengan memasukkan kain ke dalam larutan kapur, tawas dan tunjung. Kain dicuci hingga bersih kemudian dilakukan pelepasan malam. Kain dicuci kembali dan dikeringkan, sehingga diperoleh kain batik warna alam.

Sampel kain batik warna alam diiradiasi menggunakan MBE dengan energi elektron 300 keV dan arus berkas 600 μA yang tetap serta variasi waktu 15, 30, 45, dan 60 detik sehingga didapatkan dosis yang diinginkan yaitu berturut-turut sebesar 34,08; 62,32; 69,5 dan 94,4 kGy. Proses iradiasi dilakukan pada kain batik dengan variasi 3 jenis mordan yaitu kapur (CaO), tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan tunjung (FeSO_4) dengan konsentrasi berturut-turut 50; 70 dan 30 g/L. Di samping itu dilakukan pula pewarnaan tanpa menggunakan iradiasi sebagai blanko. Adapun kode sampel untuk variasi perlakuan di atas disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kode sampel dengan variasi mordan dan waktu iradiasi

Kode sampel	Jenis mordan	Waktu iradiasi (detik)	Dosis iradiasi (kGy)
A0		0 (blanko)	0
A1	Tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)	15	34,08
A2		30	62,32
A3		45	69,50
A4		60	94,40
B0		0 (blanko)	0
B1	Tunjung (FeSO_4)	15	34,08
B2		30	62,32
B3		45	69,50
B4		60	94,40
C0		0 (blanko)	0
C1	Kapur (CaO)	15	34,08
C2		30	62,32
C3		45	69,50
C4		60	94,40

Setelah diiradiasi, ketahanan luntur warna diuji di Laboratorium Pengujian BBKB Yogyakarta. Pengujian ketahanan luntur warna menggunakan metode uji berdasarkan SNI ISO 105-C06:2010 [16], Tekstil - Cara uji tahan luntur warna – Bagian C06 Tahan luntur warna terhadap pencucian rumah tangga dan komersial; SNI/ISO 105 - X12:2012 [17], Uji ketahanan luntur warna terhadap pencucian dimaksudkan untuk mengukur tingkat kelunturan warna suatu ketika mendapat perlakuan berupa pencucian. Pengujian dilakukan dengan mencuci kain pada temperatur 40°C, sedangkan uji ketahanan luntur warna terhadap penodaan kain bertujuan untuk menilai penodaan warna pada kain putih yang digunakan pada pengujian ketahanan luntur warna, dengan menentukan tingkat perbedaan warna dari tingkat terendah sampai tingkat tertinggi.

Cara uji tahan luntur tekstil. Metode pengujian ketahanan luntur warna terhadap sinar matahari dilakukan dengan paparan sinar matahari selama 6 jam pada waktu sinar matahari efektif yaitu pukul 09.00 – 15.00 WIB. Pembacaan hasil pengujian berupa skala abu-abu untuk penodaan warna dan perubahan warna dengan skala 1 sampai dengan 5 di mana nilai 5 (baik sekali), nilai 4 (baik), nilai 3 (cukup), nilai 2 (sedang) dan nilai 1 (kurang).

Pengujian uji beda warna dan ketuaan warna sampel dilakukan di Laboratorium Evaluasi Tekstil, Jurusan Kimia Tekstil, Fakultas Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta. Pengujian ketuaan warna menggunakan spektrofotometer dengan mengukur reflektansi (R) pada panjang gelombang tertentu, sehingga diambil nilai terendah pada panjang gelombang maksimum. Nilai R kemudian dikonversikan menjadi nilai ketuaan warna (K/S) berdasarkan persamaan Kubelka-Munk sebagai berikut [19]:

$$K/S = \frac{(1 - R)^2}{2R} - \frac{(1 - R_0)^2}{2R_0}$$

Keterangan:

K = Koefisien penyerapan cahaya

S = Koefisien penghamburan cahaya

R = Reflektansi sampel

R₀ = Reflektansi blangko

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian ketuaan warna kain

Dari penelitian ini diperoleh hasil uji ketuaan warna dengan data panjang gelombang dan R (%) untuk masing-masing kode sampel yang disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji ketuaan warna (R%)

Bahan Mordan	Kode sampel	Panjang Gelombang (nm)	R (%)
Tanpa iradiasi	Blanko	412,00	102,38
Tawas Al ₂ (SO ₄) ₃	A1	543,50	50,10
	A2	572,50	48,62
	A3	588,50	47,44
	A4	601,00	52,58
Tunjung (FeSO ₄)	B1	404,50	42,61
	B2	409,00	52,20
	B3	555,00	62,56
	B4	595,00	67,79
Kapur (CaO)	C1	514,50	4,06
	C2	539,50	4,13
	C3	562,00	6,86
	C4	583,00	11,81

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil uji ketuaan warna menghasilkan panjang gelombang yang berbeda untuk masing-masing bahan mordan. Nilai panjang gelombang untuk kain batik dengan perlakuan mordan berbeda juga menghasilkan nilai R pada tawas tidak beraturan, sementara panjang gelombang meningkat secara kontinyu karena tiap jenis mordan memberi efek warna yang berbeda, dimana tiap-tiap warna memiliki nilai panjang gelombang tertentu. Semakin besar tua warna batik maka nilai panjang gelombangnya semakin rendah. Pada perlakuan iradiasi berkas elektron dengan waktu yang sama menghasilkan nilai panjang gelombang yang berbeda. Panjang gelombang paling rendah adalah pada kain batik yang menggunakan mordan tunjung yaitu 404,50 nm dan paling tinggi dengan mordan tawas yaitu 601 nm. Ditinjau dari besaran dosis iradiasi berkas elektron pada masing-masing penggunaan mordan, kain dengan mordan tunjung mempunyai ketuaan warna yang lebih tinggi dibandingkan dengan mordan tawas dan kapur. Semakin besar dosis berkas elektron yang dikenakan ke sampel maka akan didapatkan nilai panjang gelombang yang semakin besar pula. Nilai panjang gelombang untuk mordan tawas dari hasil uji ketuaan warna berkisar antara 543,50 nm-601,00 nm, mordan tunjung antara 404,50 nm-

595,00 dan mordan kapur 514,50 nm – 583,00 nm. Tabel 2 juga memperlihatkan bahwa dibandingkan blanko (kode sampel A0, B0, C0) mordan yang dipakai memiliki nilai panjang gelombang paling rendah.

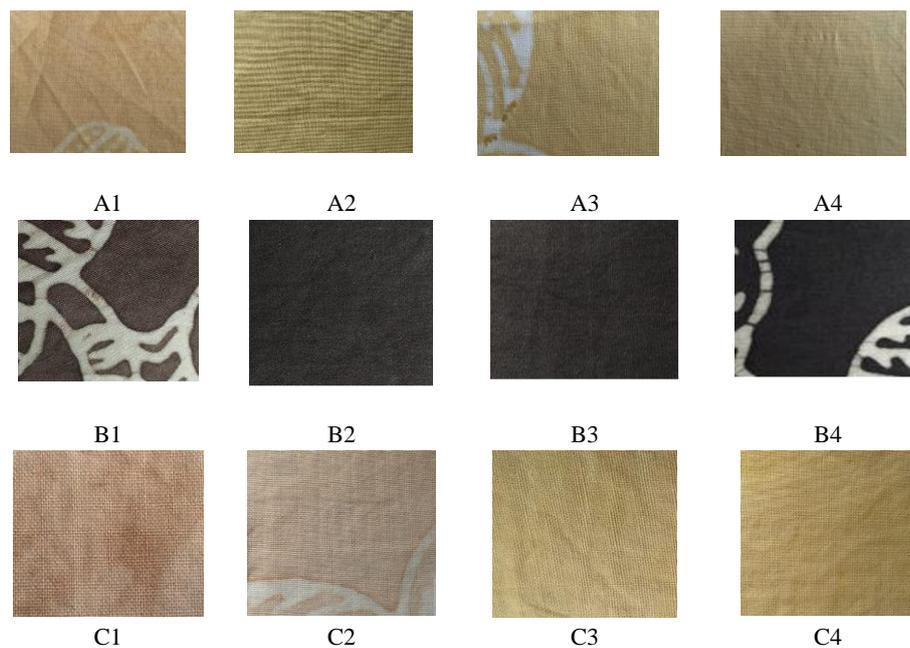
Penampakan visual hasil pewarnaan disajikan pada Gambar 1. Arah warna yang dihasilkan adalah kecoklatan sampai coklat kemerahan dengan ketuaan warna yang berbeda-beda. Kain batik dengan mordan tunjung mempunyai ketuaan warna paling tinggi, diikuti tawas dan kapur yang mempunyai ketuaan warna paling rendah. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa sampel dengan mordan tawas mengarah pada warna kuning menuju coklat tua cerah. Tingkat ketuaan warna dari A1 sampai A4 memperlihatkan warna yang ke arah semakin gelap. Hal ini menunjukkan bahwa besaran dosis iradiasi yang semakin tinggi akan meningkatkan ketuaan warna. Besarnya dosis iradiasi juga mengakibatkan peningkatan warna pada iradiasi kain *polypropylene* [20], katun dan poliester [21]. Iradiasi berkas elektron membentuk ikatan tak jenuh dan radikal-radikal bebas pada permukaan kain sehingga semakin banyak warna yang dapat terserap pada kain [22].

Sampel dengan mordan tunjung mengarah pada warna gelap dari coklat tua menuju hitam. Terlihat juga perubahan warna dari B1 sampai B4 semakin menuju ke warna hitam. Sama dengan

pada mordan tawas, semakin besar dosis iradiasi maka akan semakin meningkatkan ketuaan warna. Hal ini disebabkan oleh reaksi tanin dan logam pada mordan yang digunakan pada proses penambahan mordan. Tanin merupakan senyawa polifenol yang memberikan warna hijau kehitaman dengan penambahan logam Fe [23]. Hal ini terlihat juga pada kain batik yang dimordan dengan tunjung yang merupakan garam $FeSO_4$ menghasilkan nuansa warna ke arah gelap.

Penggunaan mordan kapur menghasilkan warna coklat menuju coklat kemerahan. Gambar 1 juga menunjukkan hal yang sama, yakni semakin besar dosis iradiasi semakin tinggi pula ketuaan warna, dimana kode sampel C1 menuju C4 menunjukkan warna yang semakin tua. Hal ini, sesuai dengan salah satu fungsi dari larutan mordan pada pewarnaan tekstil yang menggunakan pewarna alam yaitu untuk meningkatkan ketuaan atau intensitas warna [24]. Hasil tersebut juga menjelaskan bahwa semakin besar dosis iradiasi maka akan semakin banyak partikel dalam ZWA yang terikat di dalam serat kain. Elektron yang dihasilkan dari Mesin Berkas Elektron (MBE) berperan dalam proses ikatan silang (*cross-linking*) yang mengikat ZWA ke dalam kain. Adanya proses *cross-linking* inilah yang memperkuat ikatan antar serat dan warna sehingga berpengaruh pada peningkatan ketuaan warna [25].

1



Gambar 1. Hasil pewarnaan sampel dengan variasi mordan dan waktu iradiasi

2

Pengujian ketahanan luntur kain terhadap pencucian 40 °C

Sampel batik dengan warna alam jalawe yang telah diradiasi diuji ketahanan lunturnya terhadap pencucian, terang hari dan gosokan.

Hasil uji ketahanan luntur kain terhadap pencucian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai hasil uji kelunturan warna terhadap pencucian 40 °C

No	Sampel	Ketahanan luntur warna terhadap pencucian sabun		Ketahanan luntur warna terhadap penodaan kain putih	
		Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
1	A0	3	cukup	4	baik
2	A1	4	baik	4-5	sangat baik
3	A2	4	baik	4-5	sangat baik
4	A3	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
5	A4	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
6	B0	4	baik	4	baik
8	B1	4	baik	4-5	sangat baik
9	B2	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
10	B3	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
11	B4	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
12	C0	3	cukup	4	baik
13	C1	3	baik	4	baik
14	C2	3	cukup	4	baik
15	C3	3-4	cukup baik	4-5	baik
16	C4	3	cukup	4	baik

Tabel 3 menunjukkan bahwa pencelupan kain katun dengan ZWA jalawe dengan mordan tawas menghasilkan nilai 4 dengan kategori baik untuk kode sampel A1 dan A2, sedangkan untuk kode sampel A3 dan A4 memiliki nilai 4-5 yang artinya termasuk kategori sangat baik. Hal ini menjelaskan bahwa pada waktu iradiasi berkas elektron selama 45 detik dan 60 detik menghasilkan kualitas yang lebih baik dibandingkan waktu iradiasi 15 detik dan 30 detik. Apabila dibandingkan dengan blanko A0 yang memiliki nilai 3 dengan kategori cukup, hasil uji kelunturan terhadap pencucian warna

menunjukkan bahwa semakin besar dosis berkas elektron (semakin lama waktu iradiasi) maka akan mempengaruhi kualitas kain batik.

Perlakuan dengan mordan tunjung juga menunjukkan hal yang hampir sama dengan mordan tawas. Kode sampel B1 menunjukkan nilai 4 dengan kategori baik sedangkan B2 sampai dengan B4 menunjukkan nilai 4-5 dengan kategori “sangat baik”. Penggunaan tunjung dan tawas yang mengandung logam memperkuat ikatan antara pewarna dan serat kain melalui pembentukan kompleks logam dan pewarna. Ketahanan luntur yang sangat baik ini juga dipengaruhi adanya cincin benzena dalam pewarna yang membentuk ikatan kovalen yang kuat dan sulit terputus meskipun kain terpapar oleh pencucian, pemanasan dan cahaya [26]. Apabila dilihat kode sampel B0 (blanko) dan B1 memiliki nilai yang sama, ini dapat diartikan bahwa pengaruh waktu iradiasi berkas elektron selama 15 detik tidak berpengaruh terhadap kualitas kain akan tetapi waktu iradiasi di atas 15 detik menghasilkan peningkatan kualitas kain.

Untuk penggunaan mordan kapur, angka yang ditunjukkan oleh kode sampel C0 sampai C4 menunjukkan nilai yang hampir sama yaitu nilai 3 dengan kategori cukup, dan hanya satu nilai 4 dengan kategori cukup baik yaitu pada kode sampel C3. Hal ini menunjukkan dosis iradiasi berkas elektron tidak berpengaruh terhadap kualitas batik ZWA jalawe dengan mordan kapur. Nilai ketahanan luntur warna terhadap penodaan kain putih pada sampel dengan perlakuan mordan tawas dan tunjung memiliki nilai tertinggi yaitu dengan nilai 4-5 yang berkategori sangat baik, sedangkan untuk mordan kapur memiliki nilai rerata 3 dengan kategori cukup. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sampel dengan perlakuan mordan tawas dan tunjung memiliki hasil tahan luntur yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan mordan kapur. Hal ini membuktikan bahwa zat warna alam tidak tahan terhadap garam yang dipakai dalam pencucian sehingga warna pada kain mudah mengalami kelunturan [27]. Hasil penelitian ini juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Titik Pujilestari [14] dan Anzani, dkk. [28] yang menyatakan bahwa hasil kualitas dari ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan penodaan warna menunjukkan hasil perlakuan menggunakan

mordan tawas memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan mordan kapur.

Dari ketiga jenis mordan yang digunakan terlihat bahwa pada waktu iradiasi 45 detik memberikan hasil uji kelunturan warna yang paling optimal pada kain katun. Hal ini sesuai dengan penelitian Wiwien Andriyanti, dkk. [23] yang menyatakan bahwa pada waktu iradiasi 45 detik terjadi proses *cross-linking* yang optimal antara zat warna alam polimer dengan katun, sedangkan untuk waktu iradiasi 60 detik diduga telah terjadi proses degradasi. Perlakuan dan parameter proses yang sama pada ZWA yang berbeda ternyata memberikan perbedaan hasil pengujian ketahanan luntur warna.

Pengujian ketahanan luntur kain terhadap sinar terang hari

Ketika digunakan biasanya tekstil terkena sinar matahari yang cenderung merusak warna sehingga warna kain akan pudar atau luntur. Dengan demikian pengujian ketahanan luntur terhadap sinar terang hari merupakan parameter penting dalam penentuan kualitas kain batik.

Tabel 4. Ketahanan luntur warna terhadap sinar terang hari

No	Sampel	Ketahanan luntur warna terhadap sinar terang hari	
		Nilai	Kategori
1	A0	3-4	cukup baik
2	A1	3-4	cukup baik
3	A2	3-4	cukup baik
4	A3	4-5	sangat baik
5	A4	4-5	sangat baik
6	B0	3	cukup
8	B1	3	cukup
9	B2	4	baik
10	B3	4-5	sangat baik
11	B4	4-5	sangat baik
12	C0	3	cukup
13	C1	4	baik
14	C2	3-4	cukup baik
15	C3	4	baik
16	C4	4	baik

Berdasarkan data yang ditunjukkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa sampel yang diberi mordan tawas (kode sampel A1 sampai A4) memiliki dua nilai yaitu nilai 3-4 dengan kategori cukup baik untuk sampel A0, A1, dan A2 dan nilai 4-5 dengan kategori sangat baik untuk sampel A3 dan A4. Sedangkan untuk perlakuan mordan tunjung

(kode sampel B1 sampai B4) memiliki nilai yang hampir sama dengan perlakuan pada mordan tawas. Nilai terendah adalah 3 dengan kategori cukup pada kode sampel B0 dan B1 sedangkan nilai tertinggi yaitu 4-5 dengan kategori sangat baik pada kode sampel B3 dan B4. Di antara ketiga mordan, perlakuan dengan mordan kapur memiliki nilai lebih rendah dibanding mordan tawas dan tunjung. Perlakuan mordan kapur (kode sampel C1 sampai C4) memiliki nilai tertinggi 4 dengan kategori baik, dan nilai terendah 3 dengan kategori cukup. Sedangkan blanko (tanpa iradiasi) untuk semua perlakuan mordan memiliki nilai yang sama yaitu nilai 3 dengan kategori cukup. Hal ini menunjukkan bahwa proses iradiasi menghasilkan peningkatan ketahanan luntur terhadap sinar terang hari terutama untuk mordan tawas dan tunjung. Waktu iradiasi optimum adalah 45 detik untuk ketiga jenis mordan, akan tetapi nilai tertinggi rata-rata dari ketiganya didapatkan pada perlakuan mordan tawas.

Supaya zat warna terkunci di dalam serat tekstil maka diperlukan proses fiksasi yang menggunakan logam fiksator. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Dwi Suheryanto & Tri Haryanto [29] yang menyatakan bahwa fungsi fiksator selain untuk menimbulkan warna juga untuk memperkuat ikatan antar serat dan warna sehingga mencegah dehidrasi pigmen warna. Selain itu, penelitian Failisnur dan Sofyan [30] menyatakan bahwa ketahanan luntur warna dapat diperbaiki melalui proses fiksasi dimana setelah zat warna terdifusi ke dalam larutan kemudian terserap (absorpsi) menempel ke permukaan serat, lalu terserap dan terdifusi ke pusat serat tekstil.

Pengujian ketahanan luntur kain terhadap gosokan

Ketahanan luntur warna terhadap gosokan dapat dilihat dari nilai penodaan warna (*staining scale*). Uji ketahanan luntur warna terhadap gosokan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai tahan luntur warna pada kain hasil pewarnaan dengan ZWA jalawe dan dilakukan dengan alat uji *Crockmeter*. Terdapat dua jenis hasil pengujian ketahanan luntur warna terhadap gosokan yaitu secara basah dan kering. Hasil pengujian ketahanan luntur warna terhadap gosokan disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 5 terlihat bahwa pada gosokan secara basah (kapas basah), perlakuan dengan mordan tawas (sampel A1 sampai A4), tunjung (sampel B1

sampai B4) dan kapur (sampel C1 sampai C4) memiliki nilai 4-5 dengan kategori sangat baik, sedangkan blanko (tanpa iradiasi) untuk semua jenis mordan memiliki nilai yang sama yaitu nilai 4 dengan kategori baik. Nilai ketahanan luntur warna terhadap gosokan secara kering, nilai tertinggi didapatkan pada perlakuan mordan tawas yaitu dengan nilai 4-5 berkategori sangat baik pada sampel A3 dan A4. Sedangkan untuk kode sampel A1 dan A2 untuk perlakuan mordan tawas menghasilkan kategori kurang baik dengan nilai 2-3 dan kategori “kurang” dengan nilai 2. Pada kode sampel A1 dan A2 memiliki nilai yang sama dengan A0 (blanko), artinya iradiasi berkas elektron tidak berpengaruh pada kedua sampel tersebut. Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan mordan tunjung dan kapur memiliki nilai yang sama pada uji ketahanan luntur warna terhadap gosokan kering (kapas kering) dengan nilai 4-5 dengan kategori sangat baik. Dari uraian tersebut dapat diketahui bahwa ketahanan luntur warna terhadap gosokan yang paling baik terdapat pada perlakuan mordan tunjung dan kapur tetapi tidak berpengaruh pada aplikasi mordan tawas pada waktu iradiasi 15 detik dan 30 detik. Ketahanan luntur warna terhadap gosokan basah (kapas basah) dan kering (kapas kering) dapat mempengaruhi kualitas kain akan tetapi lama waktu iradiasi yang mempengaruhi besaran dosis tidak berpengaruh secara signifikan karena menunjukkan nilai yang hampir sama.

Tabel 5. Nilai hasil uji kelunturan warna terhadap gosokan

No	Sampel	Penodaan warna (kapas basah)		Penodaan warna (kapas kering)	
		Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
1	A0	4	baik	3	cukup
2	A1	4-5	sangat baik	2-3	kurang baik
3	A2	4-5	sangat baik	2	kurang
4	A3	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
5	A4	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
6	B0	4	baik	4	baik
8	B1	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
9	B2	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
10	B3	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik

11	B4	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
12	C0	4	baik	4	baik
13	C1	4	baik	4-5	sangat baik
14	C2	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
15	C3	4-5	sangat baik	4-5	sangat baik
16	C4	4-5	sangat baik	4-5	sangat Baik

KESIMPULAN

Penggunaan teknologi berkas elektron dapat digunakan untuk peningkatan kualitas batik *eco-fashion*. Pengaruh dosis iradiasi, dalam hal ini waktu iradiasi, mempengaruhi kualitas ketahanan dan ketahanan luntur warna batik. Semakin besar dosis iradiasi berkas elektron maka arah warna kain batik akan semakin gelap. Pada uji ketahanan luntur warna batik didapatkan waktu optimal iradiasi yaitu 45 detik dengan besar nilai hasil pengujian mencapai nilai 4 dengan kategori baik dan nilai 4-5 dengan kategori sangat baik. Semakin besar dosis iradiasi berkas elektron maka nilai ketahanan luntur kain semakin tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada program pembinaan Pusat Unggulan IPTEK (PUI) Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Negara yang mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L.M.C. Ochoa, “Will ‘eco-fashion’ take off? a survey of potential customers of organic cotton clothes in London”, *AD-minister*, no. 16, pp. 118 – 131, 2010.
- [2] B. H. Patel, "*Natural dyes*", vol.1. Woodhead Publishing Limited, 2011.
- [3] P. Samanta, “A review on application of natural dyes on textile fabrics and its revival strategy”, 2020.
- [4] T. L. Dawson, “Biosynthesis and synthesis of natural colours”, *Color. Technol.*, vol. 125, no. 2, pp. 61 – 73, 2009, doi: 10.1111/j.1478-4408.2009.00177.x.

- [5] M. Shahid, Shahid-UI-Islam, and F. Mohammad, "Recent advancements in natural dye applications: a review", *J. Clean. Prod.*, vol. 53, pp. 310 – 331, 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.03.031.
- [6] D. Mahanta and S. C. Tiwari, "Natural dye-yielding plants and indigenous knowledge on dye preparation in Arunachal Pradesh, Northeast India", *Curr. Sci.*, vol. 88, no. 9, pp. 1474 – 1480, 2005.
- [7] S. Radhakrishnan, "Roadmap to sustainable textiles and clothing", pp. 41 – 62, 2014, doi: 10.1007/978-981-287-065-0.
- [8] N. Rungruangkitkrai and M. Rattanaphol, "Eco-friendly of textiles dyeing and printing with natural dyes", *RMUTP Int. Conf. Text. Fash.*, Bangkok Thailand, 2012.
- [9] L. Carey, M.C. Cervellon, "Consumers perceptions of green: why and how consumers use eco-fashion and green beauty products", *Crit. Stud. Fash. Beauty*, vol. 2, no. 1&2, pp. 117 – 138, 2011, doi: 10.1386/csfb.2.1-2.117.
- [10] K. Heyne, *Tumbuhan berguna Indonesia*, Jilid II. Jakarta: Badan Litbang Kehutanan, 1987.
- [11] S.H. Hartini, S. Nurmalasari, D.I. Rinawati, "Model pemilihan bahan pewarna alam coklat batik tulis Solo dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP)", *J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, 2014, doi: 10.12777/jati.9.2.77-86.
- [12] Masiswo, A. Haerudin, E. Laela *et al.*, "Optimalisasi pencelupan batik zat warna alam dari ekstrak kulit buah jalawe (*Terminalia bellirica*) dengan metode iring kapur", *Pros. Semin. Nas. Ind. Kerajinan dan Batik 2019*, no. 2715 – 7814, 2019.
- [13] R. Siva, "Status of natural dyes and dye-yielding plants in India", *Curr. Sci.*, vol. 92, no. 7, pp. 916–925, 2007.
- [14] T. Pujilestari, "Pengaruh ekstraksi zat warna alam dan fiksasi terhadap ketahanan luntur warna pada kain batik katun", *Din. Kerajinan dan Batik*, vol. 31, no. 1, pp. 31 – 40, 2014.
- [15] A.K. Samanta, A. Konar, "Dyeing of textiles with natural dyes", in *Natural Dyes*, E. A. Kumbasar, Ed. IntechOpen, 2011.
- [16] SNI ISO 105-C06:2010, "*Tekstil - Cara Uji Tahan Luntur Warna – Bagian C06 Tahan Luntur Warna terhadap Pencucian Rumah Tangga dan Komersial*".
- [17] SNI/ISO 105 - X12:2012, "*Tekstil - Cara uji Tahan Luntur Warna – Bagian C06 Tahan Luntur Warna Terhadap Pencucian Rumah Tangga dan Komersial*".
- [18] S.S. Muthu, M.A. Gardetti, "*Sustainability in the Textile and Apparel Industries: Sustainable textiles, clothing design and repurposing*", Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2020.
- [19] K.A. Suhardjo, S. Barkasih, "Upaya pemanfaatan umbi bawang sabrang (*Eleutherine americana*, MERR) sebagai zat warna alam untuk pencelupan kain selulosa dan poliamida", *J. Selulosa*, vol. 40, no. 2, pp. 85 – 92, 2008.
- [20] J. Payamara, S. Shahidi, M. Ghoranneviss, J. Wiener, and A. Anvari, "Effect of electron irradiation on dye and printability of polypropylene (PP) : a novel method for decoration of PP fabrics", *J. Text. Inst.*, vol. 101, no. 11, pp. 988 – 995, 2010, doi: 10.1080/00405000903083278.
- [21] L.A.W. Abdoua, O.A. Hakeim, M.S. El-Din *et al.*, "Pigment color printing on cotton and polyester fabrics with electron beam irradiation curable formulations," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 111, no. 5, pp. 1892 – 1899, 2008, doi: 10.1002/app.28728.
- [22] E. Abdel-Latif, H.E. Gaffer, "Effect of gamma irradiation on the color properties of synthetic fabrics dyed by arylazo-pyrazolone disperse dyes", *J. Text. Inst.*, vol. 108, no. 5, pp. 653–656, 2017, doi: 10.1080/00405000.2016.1177875.
- [23] S. Sofyan, F. Failisnur, "Gambier (*Uncaria gambir* Roxb) sebagai pewarna alam kain

- batik sutera, katun dan rayon”, *J. Litbang Ind.*, vol. 6, no. 2, pp. 89–98, 2016, doi: 10.24960/JLI.V6I2.1721.
- [24] D. Suheryanto, “Optimalisasi celupan ekstrak daun mangga pada kain batik katun dengan iring kapur”, in *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses 2010*, pp. 1 – 9, 2010.
- [25] W. Andriyanti, D. Darsono, E. Nuraini, L. Indrayani, and M. Triwiswara, “Aplikasi teknologi mesin berkas elektron pada proses pewarnaan batik katun dengan pewarna alami menggunakan metode curing”, *GANENDRA Maj. IPTEK Nukl.*, vol. 23, no. 1, pp. 39, 2020, doi: 10.17146/gnd.2020.23.1.5860.
- [26] F.U. Rehman, S. Adeel, M. Shahid *et al.*, “Dyeing of γ -irradiated cotton with natural flavonoid dye extracted from irradiated onion shells (*Allium cepa*) powder”, *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 92, pp. 71 – 75, 2013, doi: 10.1016/j.radphyschem.2013.07.002.
- [27] Y. W. Ratih, P. Budi, and E. Muryani, “Pengaruh limbah industri batik menggunakan pewarna alami dari Desa Wukirsari terhadap viabilitas bakteri tanah effect of the waste of industrial batik using natural dye from Wukirsari on soil bacteria viability”, vol. XIII, no. 2, pp. 7–13, 2017.
- [28] S.D. Anzani, M.H. Pulungan, W. Wignyanto dkk., “Pewarna alami daun sirsak (*Annona muricata* L.) untuk kain mori primum (kajian: jenis dan konsentrasi fiksasi)”, *Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, vol. 5, no. 3, 2016.
- [29] D. Suheryanto, T. Haryanto, “Pengaruh konsentrasi tawas terhadap ketahanan dan ketahanan luntur warna pada pencelupan kain sutera dengan zat warna gambir”, *Din. Kerajinan dan Batik*, vol. 25, pp. 9–16, 2008.
- [30] Failisnur, Sofyan, “Sifat tahan luntur dan intensitas warna Kain Sutera dengan pewarna alam gambir (*Uncaria gambir* Roxb) pada kondisi pencelupan dan jenis fiksator yang berbeda”, *J. Litbang Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 1 – 8, 2014.