



Analisis Perbandingan Ketahanan Luntur Warna Terhadap Sinar UV (Lightfastness) Hasil Sablon Konvensional Menggunakan Tinta Rubber, Plastisol, dan Organik Pada Kain Cotton Combed

INFO PENPULIS	INFO ARTIKEL
Fadly Sahriel Rahmanianto Politeknik Negeri Jakarta fadly.sahriel.rahmanianto.tgp22@mhs.wpnj.ac.id Yoga Putra Pratama Politeknik Negeri Jakarta yoga.putra.pratama@grafika.pnj.ac.id Sahiba Sahila Politeknik Negeri Jakarta sahiba.sahila@lecturer.pnj.ac.id	ISSN: 3026-3603 Vol. 4, No. 2 Oktober 2026 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst

© 2026 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Rahmanianto, F. S., Pratama, Y. P., & Sahila, S. (2026). Analisis Perbandingan Ketahanan Luntur Warna Terhadap Sinar UV (Lightfastness) Hasil Sablon Konvensional Menggunakan Tinta Rubber, Plastisol, dan Organik Pada Kain Cotton Combed. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 4 (2), 464-469.

Abstrak

Pemudaran warna akibat paparan sinar matahari merupakan salah satu kendala mutu yang umum dijumpai pada produk sablon tekstil, terutama untuk barang yang penggunaannya banyak bersinggungan dengan cahaya luar ruangan. Studi ini mengevaluasi ketahanan warna (lightfastness) tiga formulasi tinta sablon konvensional, yaitu rubber, plastisol, dan tinta organik berbahan indigovera (*Indigofera tinctoria*), yang dicetak pada kain cotton combed dengan tiga variasi gramasi (20s, 24s, 30s). Pengujian dilakukan dengan menempatkan sampel pada lightfastness chamber bersumber lampu xenon arc, berjarak 10-15 cm dari sampel, suhu ruang uji dijaga pada rentang 30-40°C, dengan durasi penyinaran selama 24 jam mengikuti acuan ISO 105-B02:2014. Perubahan warna diukur melalui selisih koordinat CIELAB (L^* , a^* , b^*) sebelum dan sesudah penyinaran menggunakan spectrodensitometer Techkon, lalu dikuantifikasi sebagai nilai ΔE . Analisis ANOVA dua arah menunjukkan bahwa jenis tinta berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai ΔE ($F = 118,66$; $\text{Sig.} = 0,000$), sementara variasi gramasi kain secara mandiri tidak signifikan ($\text{Sig.} = 0,140$). Hasil uji lanjut Tukey HSD mengungkap bahwa tinta organik indigovera memiliki ketahanan warna terbaik terhadap sinar UV (rata-rata $\Delta E = 3,30$), jauh melampaui tinta rubber ($\Delta E = 10,14$) dan plastisol ($\Delta E = 10,94$), yang keduanya tidak berbeda signifikan satu sama lain ($\text{Sig.} = 0,513$). Temuan ini bertolak belakang dengan asumsi umum bahwa tinta sintetis lebih unggul secara menyeluruh, dan menegaskan potensi tinta berbasis indigovera sebagai alternatif yang lebih tahan terhadap fotodegradasi pada aplikasi produk yang sering terpapar sinar matahari.

Kata kunci: lightfastness, sablon konvensional, tinta rubber, tinta plastisol, tinta organik indigovera, ΔE CIELAB

Abstract

Color fading due to sunlight exposure is one of the common quality issues found in textile screen-printing products, especially in items frequently exposed to outdoor light. This study evaluates the color fastness (lightfastness) of three conventional screen-printing ink formulations, namely rubber ink, plastisol ink, and organic ink made from *Indigofera tinctoria* (indigovera), printed on cotton combed fabric with three weight variations (20s, 24s, and 30s). Testing was conducted by placing the samples in a lightfastness chamber equipped with a xenon arc lamp, positioned 10–15 cm from the samples. The chamber temperature was maintained within a range of 30–40°C, with an exposure duration of 24 hours following the ISO 105-B02:2014 standard. Color changes were measured based on differences in CIELAB coordinates (L^* , a^* , b^*) before and after exposure using a Techkon spectrodensitometer, then quantified as ΔE values. Two-way ANOVA analysis showed that ink type had a highly significant effect on ΔE values ($F = 118.66$; $\text{Sig.} = 0.000$), while fabric weight variation alone was not significant ($\text{Sig.} = 0.140$). The Tukey HSD post hoc test revealed that organic indigovera ink had the best UV light resistance (average $\Delta E = 3.30$), significantly outperforming rubber ink ($\Delta E = 10.14$) and plastisol ink ($\Delta E = 10.94$), both of which did not differ significantly from each other ($\text{Sig.} = 0.513$). These findings challenge the common assumption that synthetic inks are universally superior and highlight the potential of indigovera-based ink as a more photodegradation-resistant alternative for products frequently exposed to sunlight.

Keywords: lightfastness, conventional screen printing, rubber ink, plastisol ink, organic indigovera ink, ΔE CIELAB.

A. Pendahuluan

Sablon konvensional (screen printing) masih menjadi metode pencetakan tekstil yang banyak diandalkan industri kecil hingga besar karena fleksibilitasnya, biaya produksi yang relatif terjangkau, dan kemampuannya menghasilkan warna yang pekat. Rainert et al. (2024) dalam kajian komprehensifnya menegaskan bahwa meskipun memiliki kompleksitas teknis yang tinggi, teknik sablon tetap menjadi metode cetak tekstil paling dominan secara global karena kemampuannya mengaplikasikan warna pada berbagai jenis substrat kain, dengan tingkat ketahanan luntur dan definisi warna yang sulit ditandingi oleh teknik cetak lainnya. Namun, keberhasilan hasil cetak sangat ditentukan oleh kesesuaian antara jenis tinta yang digunakan dengan karakteristik struktur dan komposisi kain yang menjadi substrat pencetakan. Salah satu indikator mutu yang menentukan daya jual produk sablon, terutama untuk kaos berbahan cotton combed, adalah seberapa lama warna cetakan dapat bertahan ketika produk digunakan dalam kondisi nyata, termasuk paparan sinar matahari yang berkepanjangan. Konsumen kerap mengeluhkan warna sablon yang memudar setelah produk dipakai dan dijemur berulang kali, sebuah gejala yang dalam istilah teknis dikenal sebagai rendahnya lightfastness.

Di pasaran, formulasi tinta sablon yang paling umum digunakan adalah tinta rubber dan tinta plastisol, keduanya berbasis bahan sintesis dengan mekanisme pengeringan dan struktur kimia yang berbeda. Tinta rubber bersifat water-based dengan binder akrilik yang berikatan langsung dengan serat selulosa kain, sedangkan tinta plastisol membentuk lapisan film PVC yang melapisi permukaan kain melalui proses curing bersuhu tinggi. Di luar dua opsi konvensional tersebut, muncul kebutuhan akan alternatif tinta yang lebih ramah lingkungan, salah satunya tinta berbahan pigmen alami indigovera (*Indigofera tinctoria*), tanaman penghasil senyawa indigotin yang telah lama dipakai sebagai pewarna tekstil tradisional.

Persoalannya, performa lightfastness ketiga jenis tinta tersebut pada kain cotton combed belum banyak dibandingkan secara langsung dan terukur dalam satu rancangan pengujian yang setara. Sebagian besar kajian terdahulu cenderung mengevaluasi ketahanan cuci (washfastness) atau berfokus pada satu jenis tinta saja, sehingga belum memberi gambaran komparatif yang jelas mengenai jenis tinta mana yang paling tahan terhadap radiasi UV. Kesenjangan inilah yang melatarbelakangi studi ini, dengan tujuan mengevaluasi secara empiris pengaruh jenis tinta dan gramasi kain terhadap besarnya perubahan warna (ΔE) pasca-penyinaran UV, sekaligus menguji signifikansi statistik dari perbedaan tersebut melalui analisis varians dua arah.

Hasil studi ini diharapkan dapat memberi rujukan praktis bagi pelaku industri sablon dalam menentukan jenis tinta yang paling sesuai untuk produk yang akan sering terpapar sinar

matahari, sekaligus memperkuat basis data ilmiah mengenai potensi tinta organik berbahan indigofera sebagai opsi yang lebih berkelanjutan dibandingkan tinta sintetis konvensional.

B. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental komparatif dengan rancangan faktorial dua faktor, yaitu jenis tinta (rubber, plastisol, organik indigofera) dan gramasi kain cotton combed (20s, 24s, 30s). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh total 27 satuan pengamatan untuk pengujian lightfastness.

1. Bahan dan Persiapan Sampel

Kain yang digunakan adalah cotton combed dengan tiga variasi gramasi (20s, 24s, 30s), dicetak menggunakan teknik sablon manual (screen printing) dengan tiga formulasi tinta yang dibandingkan. Tinta rubber dan plastisol merupakan tinta sablon konvensional yang umum digunakan di industri, sedangkan tinta organik diformulasikan dari ekstrak indigofera (*Indigofera tinctoria*) yang mengandung pigmen indigotin dan indirubin. Pada tinta rubber dan plastisol, pengukuran warna dilakukan pada empat saluran cetak (Cyan, Magenta, Yellow, Black), sementara tinta organik hanya menghasilkan satu saluran warna (Navy) sesuai karakteristik pigmen alaminya.

2. Prosedur Pengujian *Lightfastness*

Sebelum pengujian, nilai warna baseline setiap sampel diukur menggunakan spectrodensitometer Techkon dengan kondisi pengukuran standar berupa sumber cahaya (illuminant) D65 dan sudut pengamatan (observer angle) 10°. Pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda di setiap sampel, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai koordinat L*, a*, dan b* yang representatif.

Pengujian ketahanan warna terhadap sinar UV mengacu pada standar ISO 105-B02:2014. Sampel ditempatkan di dalam lightfastness chamber dengan sumber penyinaran berupa lampu xenon arc, pada jarak 10 hingga 15 cm dari sumber lampu untuk menjaga konsistensi intensitas penyinaran antarsampel. Sampel diposisikan tegak lurus terhadap sumber cahaya dan dipapar selama 24 jam secara kontinu. Suhu ruang chamber dipertahankan pada rentang 30 hingga 40°C sepanjang durasi pengujian untuk meminimalkan pengaruh variabel lingkungan di luar faktor radiasi UV itu sendiri.

Setelah periode penyinaran berakhir, nilai warna CIELAB pada setiap sampel diukur kembali menggunakan instrumen dan prosedur yang identik dengan pengukuran baseline. Selisih warna antara kondisi sebelum dan sesudah penyinaran dihitung sebagai nilai ΔE menggunakan persamaan jarak geometris pada ruang warna CIELAB sebagai berikut:

$$\Delta E = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$

di mana ΔL^* , Δa^* , dan Δb^* masing-masing merupakan selisih nilai kecerahan, sumbu merah-hijau, dan sumbu biru-kuning antara kondisi sebelum dan sesudah penyinaran (Gauche et al., 2022). Semakin kecil nilai ΔE yang dihasilkan, semakin baik ketahanan warna tinta terhadap paparan sinar UV.

3. Analisis Data

Data ΔE yang diperoleh dianalisis menggunakan uji ANOVA dua arah untuk menguji pengaruh faktor jenis tinta, faktor gramasi kain, serta interaksi keduanya terhadap besarnya perubahan warna, dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Sebelum pengujian ANOVA, dilakukan uji prasyarat berupa uji normalitas (Shapiro-Wilk) terhadap residual model dan uji homogenitas varians (Levene's test) untuk menentukan jenis uji lanjut (post-hoc) yang sesuai. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan, dilanjutkan dengan uji post-hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) untuk mengidentifikasi pasangan kelompok yang berbeda secara spesifik.

C. Hasil dan Pembahasan

Hasil

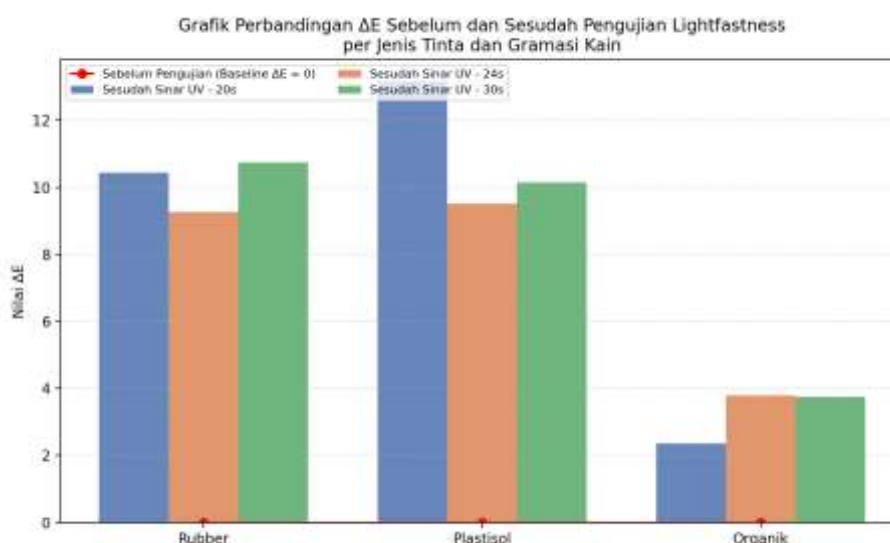
1. Perbandingan Nilai ΔE Antar Jenis Tinta dan Gramasi

Tabel 1 menyajikan rata-rata nilai ΔE hasil pengujian lightfastness untuk setiap kombinasi jenis tinta dan gramasi kain. Data menunjukkan pola yang konsisten: tinta organik indigofera secara keseluruhan mencatatkan nilai ΔE jauh lebih rendah dibandingkan dua tinta sintetis lainnya pada ketiga variasi gramasi.

Tabel 1. Rata-rata Nilai ΔE Lightfastness per Jenis Tinta dan Gramasi Kain

Jenis Tinta	Gramasi	Rata-rata ΔE
Organik	20s	2,36
Organik	24s	3,78
Organik	30s	3,75
Plastisol	20s	13,16
Plastisol	24s	9,51
Plastisol	30s	10,15
Rubber	20s	10,44
Rubber	24s	9,26
Rubber	30s	10,74

Nilai ΔE tinta organik berkisar antara 2,36 hingga 3,78, sedangkan tinta rubber dan plastisol berkisar pada rentang yang jauh lebih tinggi, yaitu 9,26 hingga 13,16. Mengacu pada interpretasi nilai ΔE menurut ISO 12647-2:2004, di mana nilai di atas 3 sudah dapat dipersepsi langsung oleh konsumen awam sebagai perubahan warna yang nyata, maka tinta rubber dan plastisol mengalami perubahan warna yang sangat mencolok setelah 24 jam penyinaran, sementara tinta organik berada pada ambang batas yang relatif masih dapat diterima.

Gambar 1. Grafik Perbandingan ΔE Sebelum dan Sesudah Pengujian Lightfastness per Jenis Tinta dan Gramasi Kain

Gambar 1 memperlihatkan secara visual besarnya kesenjangan antara tinta organik dengan kedua tinta sintesis. Batang ΔE pada tinta organik tampak jauh lebih pendek dan konsisten di ketiga gramasi, sementara tinta plastisol pada gramasi 20s menunjukkan puncak ΔE tertinggi di antara seluruh kombinasi yang diuji, mengindikasikan sensitivitas yang lebih besar terhadap fotodegradasi pada kombinasi tersebut. Pola batang yang relatif rata pada masing-masing kelompok tinta turut mengindikasikan bahwa gramasi kain bukan faktor yang banyak menentukan besarnya perubahan warna dibandingkan jenis tinta itu sendiri.

2. Hasil Analisis ANOVA Dua Arah

Tabel 2 menyajikan hasil uji ANOVA dua arah untuk menguji pengaruh jenis tinta, gramasi kain, dan interaksi keduanya terhadap nilai ΔE lightfastness.

Tabel 2. Hasil ANOVA Dua Arah Lightfastness: Jenis Tinta $\times$ Gramasi Kain

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tinta	317,73	2	158,87	118,66	0,000
Gramasi	5,88	2	2,94	2,20	0,140
Tinta $\times$ Gramasi	24,55	4	6,14	4,58	0,010
Error	24,10	18	1,34	-	-
Total Terkoreksi	372,26	26	-	-	-

R Squared = 0,935 (Adjusted R Squared = 0,906)

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa faktor jenis tinta berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai ΔE lightfastness ($F = 118,66$; $\text{Sig.} = 0,000 < 0,05$). Sebaliknya, faktor gramasi kain secara mandiri tidak berpengaruh signifikan ($F = 2,20$; $\text{Sig.} = 0,140 > 0,05$), yang berarti perbedaan ketebalan kain dalam rentang 20s hingga 30s tidak menghasilkan perbedaan ketahanan warna yang bermakna secara statistik terhadap radiasi UV. Meskipun demikian, interaksi antara jenis

tinta dan gramasi tercatat signifikan ($F = 4,58$; $\text{Sig.} = 0,010 < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa pada kombinasi tertentu, gramasi tetap dapat memoderasi besarnya perubahan warna meski pengaruh utamanya kecil. Nilai R Squared sebesar 0,935 menandakan bahwa 93,5% variasi nilai ΔE pada penelitian ini dapat dijelaskan oleh model yang melibatkan kedua faktor tersebut beserta interaksinya, yang mengindikasikan model regresi yang dibangun cukup kuat dalam menjelaskan fenomena yang diamati.

Uji prasyarat menunjukkan bahwa data ΔE lightfastness memenuhi asumsi homogenitas varians (Levene's test, $p = 0,667$) maupun normalitas residual (Shapiro-Wilk, $p = 0,499$), sehingga uji lanjut yang digunakan adalah Tukey HSD, yang mengasumsikan kesamaan varians antarkelompok.

3. Hasil Uji Post-Hoc Tukey HSD

Tabel 3. Hasil Uji Post-Hoc Tukey HSD untuk Faktor Jenis Tinta (Lightfastness)

Kelompok A	Kelompok B	Selisih Rata-rata ΔE	Sig.	Keterangan
Organik	Plastisol	7,64	0,000	Signifikan
Organik	Rubber	6,85	0,000	Signifikan
Plastisol	Rubber	-0,79	0,513	Tidak Signifikan

Hasil uji lanjut menegaskan bahwa tinta organik indigovera berbeda secara signifikan dari plastisol (selisih $\Delta E = 7,64$; $\text{Sig.} = 0,000$) maupun rubber (selisih $\Delta E = 6,85$; $\text{Sig.} = 0,000$), dengan arah perbedaan yang konsisten menunjukkan ΔE organik jauh lebih rendah dari keduanya. Sebaliknya, tinta plastisol dan rubber tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan satu sama lain (selisih $\Delta E = -0,79$; $\text{Sig.} = 0,513 > 0,05$), yang berarti kedua tinta berbasis sintesis ini memiliki ketahanan warna terhadap sinar UV yang setara secara statistik, meskipun mekanisme pelapisannya berbeda (rubber meresap ke serat melalui ikatan binder akrilik, sedangkan plastisol membentuk lapisan film PVC yang melapisi permukaan kain). Perbedaan mekanisme ini menjadi penting ketika dikaitkan dengan sifat substrat. Sebagaimana dibuktikan oleh Stojkoski & Kert (2020), sifat permukaan dan komposisi serat kain substrat secara langsung memengaruhi mekanisme pengikatan tinta pada proses sablon konvensional. Pada kain katun yang bersifat hidrofilik, penetrasi tinta berbasis air (seperti rubber) akan lebih dalam ke struktur serat dibandingkan pada kain hidrofobik, sehingga menghasilkan interaksi dye-fiber yang berbeda. Interaksi inilah yang pada akhirnya berkontribusi pada karakteristik ketahanan luntur terhadap pencucian dan, seperti yang terlihat pada penelitian ini, terhadap paparan sinar UV, meskipun secara statistik perbedaan akhirnya tidak signifikan antar kedua tinta sintesis tersebut.

Pembahasan

Temuan bahwa tinta organik indigovera justru lebih unggul dalam ketahanan terhadap sinar UV dibandingkan tinta sintesis merupakan hasil yang menarik dan berlawanan dengan asumsi umum bahwa tinta berbasis bahan alami cenderung kurang stabil dibandingkan formulasi sintesis modern. Pigmen indigotin dan indirubin yang menjadi komponen utama warna pada tinta organik indigovera memiliki struktur kimia yang relatif stabil terhadap fotooksidasi, sehingga laju degradasi warnanya di bawah paparan sinar UV berlangsung lebih lambat dibandingkan pigmen sintesis yang digunakan pada tinta rubber maupun plastisol.

Pada sisi tinta sintesis, tingginya nilai ΔE pada rubber dapat dikaitkan dengan sifat binder akrilik berbasis air yang, tanpa penambahan cross-linker tambahan, cenderung kurang stabil terhadap radiasi UV jangka panjang. Sementara pada tinta plastisol, meskipun pigmen secara teoretis terlindungi oleh lapisan film PVC yang relatif inert, hasil pengujian pada penelitian ini justru menunjukkan ΔE tertinggi pada beberapa kombinasi gramasi, yang mengindikasikan bahwa perlindungan fisik dari lapisan film tidak selalu cukup untuk mencegah fotodegradasi pigmen di dalamnya.

Temuan ini sejalan dengan beberapa kajian terdahulu yang menyoroti potensi pigmen alami berbasis indigo sebagai material pewarna tekstil yang tahan lama. Silva et al. (2024) misalnya, menunjukkan bahwa pewarnaan menggunakan indigo alami dapat menghasilkan produk yang stabil dan ramah lingkungan, sementara Behary dan Volle (2025) mengemukakan bahwa teknik pewarnaan berbasis indigo alami dapat menghasilkan ketahanan warna yang baik sekaligus mendukung pendekatan keberlanjutan dalam industri tekstil. Hasil pada penelitian ini memperkuat indikasi tersebut secara spesifik pada konteks sablon konvensional dan parameter lightfastness, yang sejauh ini belum banyak dibandingkan secara langsung dengan tinta sintesis dalam satu rancangan pengujian yang setara.

Tidak signifikannya pengaruh gramasi kain pada penelitian ini juga memberi implikasi praktis bagi pelaku industri: pemilihan ketebalan kain cotton combed (20s, 24s, atau 30s) tidak

perlu menjadi pertimbangan utama dalam upaya meningkatkan ketahanan warna terhadap sinar UV, karena faktor yang jauh lebih menentukan adalah jenis tinta yang digunakan. Dengan demikian, produsen yang ingin memproduksi barang sablon dengan ketahanan UV yang baik dapat lebih berfokus pada pemilihan formulasi tinta dibandingkan menyesuaikan gramasi kain.

D. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa jenis tinta sablon konvensional berpengaruh sangat signifikan terhadap ketahanan warna kain cotton combed terhadap paparan sinar UV ($F = 118,66$; $\text{Sig.} = 0,000$), sedangkan variasi gramasi kain secara mandiri tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($\text{Sig.} = 0,140$). Tinta organik berbahan indigofera menunjukkan ketahanan warna terbaik terhadap radiasi UV dengan rata-rata ΔE sebesar 3,30, jauh lebih rendah dibandingkan tinta rubber ($\Delta E = 10,14$) dan plastisol ($\Delta E = 10,94$), yang keduanya tidak berbeda signifikan satu sama lain berdasarkan uji Tukey HSD ($\text{Sig.} = 0,513$).

Temuan ini memberi indikasi kuat bahwa tinta organik indigofera dapat menjadi alternatif yang lebih unggul dari segi ketahanan terhadap sinar UV dibandingkan dua tinta sintetis yang umum digunakan industri, sekaligus menawarkan opsi yang lebih ramah lingkungan. Produk tekstil sablon yang akan sering terpapar sinar matahari, seperti merchandise outdoor atau produk dekoratif, berpotensi memperoleh manfaat dari penggunaan tinta organik indigofera ini. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji durasi penyinaran yang lebih panjang guna mengamati titik jenuh degradasi warna pada masing-masing jenis tinta, serta memperluas variasi substrat kain di luar cotton combed untuk menguji konsistensi temuan ini pada material lain.

E. Referensi

- Behary, N., & Volle, N. (2025). Durable Textile Dyeing/Printing Using Natural Indigo Dyes and Leaves, and Mayan-Inspired Blue Indigo Pigments. *Colorants*, 4(1), 2. <https://doi.org/10.3390/colorants4010002>
- Gauche, H., Oliveira, F. R., Merlini, C., Hiller, A. P., Souto, A. P. G. V., Cabral, I. D., & Steffens, F. (2022). Screen Printing of Cotton Fabric with Hydrochromic Paste: Evaluation of Color Uniformity, Reversibility and Fastness Properties. *Journal of Natural Fibers*, 19(7), 2694–2705. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1821288>
- Lee, W., Sung, E., Moon, J., Ahn, I., Yoon, K., Park, Y., & Kim, J. (2023). Performance Evaluation of Ink and Digital Textile Printing Fabric Using Natural Indigo. *Fibers and Polymers*, 24(4), 1309–1319. <https://doi.org/10.1007/s12221-023-00137-4>
- Mondal, B. V., Kabir, S. M. F., Ali, A., & Hannan, Md. A. (2022). Sustainable Natural Printing of Cotton Fabric Without Metal-Based Mordant. *Journal of Natural Fibers*, 19(17), 15327–15342. <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2124215>
- Rainert, K. T., de Oliveira, C. R. S., Felipe, B. H. S., Herpich, H., Valle, R. de C. S. C., & Valle, J. A. B. (2024). Textile printing: An integrated view of processes, properties, and future prospects. *Coloration Technology*, 140(4), 556–570. <https://doi.org/10.1111/cote.12746>
- Santiago, D., Cunha, J., & Cabral, I. (2025). Textile dyeing with Indigofera tinctoria-derived dye: Exploring eco-friendly processes and expanding the colour spectrum. *Coloration Technology*, 141(6), 909–920. <https://doi.org/10.1111/cote.70017>
- Silva, L. M. C., Silva, P. M. dos S., Pagnan, C. S., & Ayres, E. (2024). Insights into the dyeing using natural indigo (Indigofera tinctoria): Toward an environmentally friendly garment. *Coloration Technology*, 140(1), 114–124. <https://doi.org/10.1111/cote.12704>
- Stojkoski, V., & Kert, M. (2020). Design of pH responsive textile as a sensor material for acid rain. *Polymers*, 12(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/polym12102251>
- Tehrani, M., Ghaheh, F. S., Beni, Z. T., & Rahimi, M. (2023). Extracted dyes' stability as obtained from spent coffee grounds on silk fabrics using eco-friendly mordants. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(26), 68625–68635. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27157-0>