

Pengaruh Formulasi Tinta Ungu Organik Berbahan Dasar Ubi Ungu terhadap Ketahanan Cahaya pada Cetak Saring

Subhan Zuhri Ritonga^{1*}, Rachmah Nanda Kartika², Yoga Putra Pratama³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Alamat: Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok 16425

Korespondensi penulis: subhan.zuhri.ritonga.tgp21@mhsw.pnj.ac.id

Abstract. This study aims to evaluate the lightfastness of organic ink formulated from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) pigment for screen-printing applications on 24s cotton combed fabric. The ink formulations varied the pigment amount (10, 15, and 20 grams) and solvent volume (distilled water) of 25 and 30 mL, while the binder and thickener components were kept constant. Lightfastness was assessed by measuring the change in lightness (ΔL^*) before and after 24 hours of light exposure. The results showed that the formulation containing 15 g of pigment and 25 mL of solvent (P2A1) exhibited the best colorfastness, with an average ΔL^* of 0.23, while the formulation with 10 g pigment and 25 mL solvent (P1A1) showed the poorest performance (average ΔL^* of 1.86). A lower solvent volume resulted in higher resistance to light exposure. Moreover, using either too little or too much pigment negatively affected ink transfer and reduced lightfastness. Two-way ANOVA on log-transformed data revealed that the interaction between pigment concentration and solvent volume had a significant effect on ΔL^* ($p < 0.001$), contributing 72.8% to the total data variation. This study confirms that achieving an optimal balance between pigment amount and solvent volume is crucial for producing organic ink with good lightfastness.

Keywords: Bio-Ink, Purple Sweet Potato, Screen Printing, Lightfastness, ΔL^* , Natural Pigment.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan cahaya (*lightfastness*) dari tinta organik berbahan dasar pigmen ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.) yang diformulasikan untuk aplikasi cetak saring pada kain cotton combed 24s. Formulasi tinta menggunakan variasi jumlah pigmen (10, 15, dan 20 gram) dengan volume pelarut (akuades) sebesar 25 dan 30 mL, sementara bahan pengikat dan pengental dijaga tetap. Uji ketahanan warna dilakukan dengan mengukur perubahan nilai kecerahan warna (ΔL^*) sebelum dan sesudah paparan cahaya selama 24 jam. Hasil menunjukkan bahwa formulasi dengan 15 g pigmen dan 25 mL pelarut (P2A1) memberikan ketahanan warna terbaik dengan rata-rata ΔL^* sebesar 0,23, sedangkan formulasi dengan 10 g pigmen dan 25 mL pelarut (P1A1) menunjukkan ketahanan terendah dengan ΔL^* rata-rata 1,86. Penggunaan pelarut dalam volume lebih kecil menghasilkan tinta yang lebih tahan terhadap paparan cahaya. Sementara itu, jumlah pigmen yang terlalu rendah atau terlalu tinggi menyebabkan performa transfer tinta menurun dan ketahanan cahaya memburuk. Uji ANOVA dua arah terhadap data yang telah ditransformasi secara logaritmik menunjukkan bahwa interaksi antara jumlah pigmen dan volume pelarut berpengaruh signifikan terhadap ΔL^* ($p < 0,001$), dengan kontribusi sebesar 72,8% terhadap total variasi data. Penelitian ini membuktikan bahwa kombinasi optimal antara jumlah pigmen dan volume pelarut sangat penting dalam menghasilkan tinta organik dengan ketahanan cahaya yang baik.

Kata kunci: Bio-Ink, Ubi Ungu, Cetak Saring, Ketahanan Cahaya, ΔL^* , Pigmen Alami.

1. LATAR BELAKANG

Tinta sintetis merupakan bahan utama dalam industri percetakan, digunakan secara luas karena kemampuannya menghasilkan warna yang tajam dan daya tahan cetakan yang tinggi. Namun, keberadaan tinta ini membawa dampak negatif yang serius terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Kandungan senyawa organik volatil (VOC), logam berat, dan bahan kimia berbahaya lainnya menyebabkan tinta sintetis menjadi salah satu sumber pencemar udara, tanah, dan air (Sulaiman, 2022). Dalam jangka panjang, paparan zat-zat ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi pekerja industri serta kerusakan lingkungan yang sulit diperbaiki.

Sebagai tanggapan terhadap isu tersebut, tinta organik dikembangkan sebagai solusi alternatif yang lebih ramah lingkungan. Berasal dari bahan alami yang dapat terurai secara hayati, tinta organik tidak mengandung zat toksik yang berbahaya bagi manusia maupun lingkungan (. Selain lebih aman, tinta organik juga mendukung upaya keberlanjutan industri cetak karena bahan bakunya mudah didapat dan diperbaharui (Abdurahman, 2021). Dengan karakteristik yang semakin kompetitif, tinta organik mulai menarik perhatian kalangan akademisi dan praktisi industri sebagai pengganti tinta sintetis.

Salah satu bahan alami yang berpotensi besar sebagai sumber pigmen adalah ubi ungu (*Ipomoea batatas* L.). Ubi ungu mengandung senyawa antosianin yang memberikan warna ungu alami serta memiliki sifat antioksidan yang tinggi (Djaeni, 2017). Pigmen ini mampu menghasilkan warna yang menarik dan memiliki ketahanan yang cukup baik terhadap cahaya dan suhu jika diformulasikan secara tepat (Armanzah, 2016). Selain itu, ubi ungu mudah dibudidayakan di Indonesia sehingga berpotensi mendukung ekonomi lokal sekaligus menjadi bahan baku tinta yang berkelanjutan.

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa stabilitas pigmen antosianin dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pH, suhu, oksidasi, dan intensitas cahaya (Hocine et al., 2018). Oleh karena itu, formulasi tinta berbahan dasar ubi ungu harus mempertimbangkan penambahan bahan pengikat (binder) untuk meningkatkan daya tahannya. Beberapa studi telah mengeksplorasi modifikasi kimia atau mikroenkapsulasi antosianin untuk meningkatkan ketahanan terhadap cahaya, tetapi masih sedikit yang mengkaji aplikasinya dalam konteks tinta cetak saring (Oancea, 2021).

Dalam penelitian ini, teknik cetak yang digunakan adalah cetak saring (screen printing), yaitu metode pencetakan yang banyak digunakan dalam industri tekstil karena dapat menghasilkan warna cetak yang kuat dan presisi yang baik. Teknik ini menggunakan screen dan rakel untuk mentransfer tinta ke permukaan media cetak (Adi, 2022). Keunggulan dari metode ini adalah fleksibilitas terhadap jenis tinta, termasuk tinta dengan viskositas tinggi yang umumnya dimiliki oleh formulasi tinta berbasis bahan alami.

Agar tinta cetak saring berfungsi optimal, salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan adalah lightfastness, yaitu kemampuan tinta mempertahankan warna saat terpapar cahaya, terutama sinar ultraviolet (UV) (Yuniarti, 2024). Paparan UV secara terus-menerus dapat menyebabkan degradasi pigmen, sehingga warna cetakan memudar. Uji lightfastness menjadi krusial, terutama untuk aplikasi tekstil luar ruangan. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh komposisi pigmen terhadap ketahanan warna terhadap cahaya, melalui pengukuran

karakter warna (CIE Lab in*) dan nilai ΔL^* . Hasilnya diharapkan mendukung pengembangan tinta organik berbasis pigmen ubi ungu yang ramah lingkungan dan kompetitif.

2. KAJIAN TEORITIS

Tinta Organik

Tinta organik merupakan jenis tinta yang berasal dari bahan-bahan alami, seperti ekstrak tumbuhan, mineral, atau mikroorganisme (Wiguna, 2015). Salah satu keunggulan utama tinta organik adalah sifatnya yang ramah lingkungan, karena tidak mengandung bahan kimia berbahaya seperti pelarut berbasis minyak, logam berat, maupun senyawa organik volatil (VOC). Dalam konteks keberlanjutan, tinta berbahan dasar alami lebih mudah terurai dan tidak mencemari lingkungan, terutama saat digunakan pada tekstil yang berisiko bersentuhan langsung dengan kulit atau limbahnya dibuang ke perairan.

CIE L*a*b*

Sistem warna CIE L*a*b* (CIELAB) merupakan model warna tiga dimensi yang digunakan secara luas untuk mengevaluasi warna secara kuantitatif. Sistem ini dikembangkan oleh Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) dan terdiri atas tiga komponen utama: L* untuk tingkat kecerahan (lightness), a* untuk spektrum warna hijau–merah, dan b* untuk spektrum biru–kuning. Nilai-nilai ini memungkinkan pengukuran warna secara objektif dan dapat dibandingkan antara sampel sebelum dan sesudah perlakuan tertentu (Harnis, 2019).

Perubahan warna dapat diukur menggunakan rumus ΔE (Delta E), yang merupakan selisih antara dua posisi warna dalam ruang CIELAB. Semakin kecil nilai ΔE , semakin kecil pula perubahan warna yang terjadi. Dalam penelitian ini, sistem CIELAB digunakan untuk menilai perbedaan warna cetakan sebelum dan sesudah diuji terhadap pencahayaan, guna mengukur stabilitas visual tinta bio-ink berbasis pigmen ubi ungu.

Lightfastness

Lightfastness adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan suatu warna atau pigmen mempertahankan kestabilannya ketika terpapar cahaya, terutama sinar ultraviolet (UV) (Azmi, 2016). Ketahanan terhadap cahaya menjadi salah satu parameter penting dalam industri tekstil dan pencetakan, karena warna produk yang mudah pudar akan mengurangi nilai estetika dan fungsionalnya. Pigmen alami seperti antosianin cenderung lebih sensitif terhadap degradasi cahaya dibanding pigmen sintetis, sehingga uji lightfastness diperlukan untuk menilai performanya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif melalui metode eksperimen di laboratorium. Objek penelitian berupa tinta cetak saring berbahan dasar pigmen ubi ungu yang diformulasikan dengan berbagai konsentrasi pigmen dan diaplikasikan pada kain cotton combed 24s. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh komposisi pigmen terhadap ketahanan tinta terhadap paparan cahaya melalui serangkaian pengujian yang telah ditentukan.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pigmen ubi ungu sebanyak 10, 15, dan 20 gram, aquades sebanyak 25 mL sebagai pelarut, gum arabic sebanyak 15 gram sebagai bahan pengikat, serta tepung garut sebanyak 15 gram yang berfungsi sebagai bahan pengental. Media cetak yang digunakan adalah kain cotton combed 24s berwarna putih.

Alat-alat yang digunakan antara lain grinder untuk menghaluskan bahan, gelas beaker untuk mencampur bahan, dan neraca analitik untuk mengukur massa bahan secara presisi. Spektrodensitometer digunakan untuk mengukur nilai warna dalam format CIE Lab*, sedangkan proses pencetakan dilakukan dengan menggunakan screen T54 dan rakel. Setelah proses pencetakan, pengeringan hasil cetakan dibantu menggunakan hair dryer untuk mempercepat proses penguapan air.

Proses Formulasi Tinta

Formulasi tinta merupakan tahap penting dalam penelitian ini karena menentukan kualitas akhir dari tinta yang dihasilkan. Proses formulasi dilakukan dengan mencampurkan pigmen ubi ungu yang telah diekstraksi dengan bahan pendukung lainnya seperti gum arabic sebagai pengikat, tepung garut sebagai pengental, dan aquades sebagai pelarut (Yuniarti, 2024). Penggunaan bahan-bahan alami ini bertujuan untuk menghasilkan tinta yang ramah lingkungan namun tetap mampu mencetak dengan baik pada kain. Komposisi bahan dalam tiap sampel dibuat bervariasi khusus pada jumlah pigmen, sementara bahan lain seperti pelarut, pengikat, dan pengental dijaga tetap

Tabel. 1 Formulasi Tinta

Kode	Pigmen (g)	Pengikat (g)	Aditif (g)	Pelarut (mL)
P1A1	10	15	15	25
P1A2	10	15	15	30
P2A1	15	15	15	25
P2A2	15	15	15	30
P3A1	20	15	15	25
P3A2	20	15	15	30

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa perbedaan formulasi hanya terdapat pada jumlah pigmen yang digunakan, sedangkan komponen lainnya dijaga konstan untuk memfokuskan pengamatan terhadap pengaruh konsentrasi pigmen terhadap karakteristik tinta, khususnya dalam hal intensitas warna dan ketahanan terhadap cahaya (*lightfastness*). Pigmen ubi ungu yang telah diekstraksi dicampur dengan gum arabic, tepung garut, dan aquades. Variasi formulasi meliputi tiga kadar pigmen (10, 15, 20 g) dengan volume pelarut tetap (25 mL).

Pengujian

Pengujian karakter warna dilakukan dengan pendekatan sistem CIE Lab* menggunakan alat spektrodensitometer. Parameter L^* menunjukkan tingkat kecerahan warna, a^* menunjukkan kecenderungan warna merah (+) atau hijau (-), dan b^* menunjukkan kecenderungan warna kuning (+) atau biru (-). Pengujian ini bertujuan untuk menilai intensitas dan arah warna tinta yang tercetak pada kain.

Pengujian *lightfastness* dilakukan untuk menilai ketahanan warna tinta terhadap paparan cahaya. Sampel yang telah dicetak diletakkan dalam *lightfastness* chamber pada suhu 40–45 °C selama 24 jam. Setelah itu, perubahan warna dievaluasi menggunakan nilai ΔE untuk mengetahui sejauh mana warna mengalami pemudaran akibat radiasi cahaya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian nilai *lightfastness* telah dilakukan oleh (Kusumantoro, 2022). Dalam penelitian tersebut, penilaian *lightfastness* didasarkan pada perubahan nilai L^* , yang dinyatakan sebagai ΔL^* . Nilai ini digunakan sebagai parameter untuk menggambarkan perubahan tingkat kecerahan pada media cetak. ΔL^* bukan merupakan nilai mutlak, sehingga dapat bernilai positif maupun negatif, tergantung pada apakah tingkat kecerahan meningkat atau menurun. Peningkatan nilai ΔL^* menunjukkan bahwa tinta mengalami pemudaran dan tampak lebih cerah dibandingkan kondisi awal.

Perubahan nilai L^* (ΔL^*) setelah pengujian *lightfastness* digunakan untuk mengevaluasi kestabilan kecerahan warna hasil cetakan terhadap paparan cahaya. ΔL^* dihitung dari selisih antara nilai L^* sebelum dan sesudah uji pencahayaan. Nilai ΔL^* yang tinggi menunjukkan bahwa warna hasil cetakan mengalami perubahan kecerahan yang besar, yang berarti kestabilan warnanya rendah. Sebaliknya, ΔL^* yang rendah menunjukkan bahwa warna tetap stabil terhadap cahaya. Tabel berikut menyajikan data ΔL^* untuk berbagai kombinasi perlakuan antara jumlah pigmen (10 g, 15 g, 20 g) dan volume pelarut (25 mL dan 30 mL).

Tabel 2. Nilai ΔL^*

Kode	Sampel	ΔL^*
P1A1	1	1.63
	2	2.62
	3	1.32
P1A2	1	0.10
	2	0.56
	3	0.29
P2A1	1	0.18
	2	0.23
	3	0.27
P2A2	1	0.54
	2	1.79
	3	0.42
P3A1	1	0.61
	2	0.50
	3	0.99
P3A2	1	1.63
	2	1.42
	3	1.48

Berdasarkan data yang disajikan, kombinasi perlakuan P1A1 (10 g pigmen dan 25 mL pelarut) menghasilkan nilai ΔL^* tertinggi, dengan rata-rata sebesar 1,86. Ini menunjukkan bahwa kecerahan warna hasil cetakan berubah secara signifikan setelah paparan cahaya, yang berarti ketahanan warnanya rendah. Perubahan yang cukup besar juga terjadi pada perlakuan P3A2 (20 g pigmen dan 30 mL pelarut) dengan rata-rata ΔL^* sebesar 1,51, yang menunjukkan bahwa bahkan pada jumlah pigmen tinggi, peningkatan volume pelarut dapat menurunkan kestabilan warna.

Sebaliknya, nilai ΔL^* terendah ditemukan pada kombinasi P2A1 (15 g pigmen dan 25 mL pelarut), yaitu 0,23, serta P1A2 (10 g pigmen dan 30 mL pelarut) sebesar 0,32. Nilai yang kecil ini mengindikasikan bahwa warna hasil cetakan pada perlakuan tersebut relatif stabil terhadap paparan cahaya. Hal ini menarik karena meskipun jumlah pigmen pada P1A2 tergolong rendah (10 g), kombinasi dengan pelarut dalam volume lebih besar (30 mL) justru menunjukkan ketahanan cahaya yang lebih baik dibandingkan P1A1. Artinya, pengaruh pelarut bisa bersifat non-linier tergantung pada tingkat pigmen.

Formulasi dengan 15 g pigmen secara umum tampak paling optimal. Selain P2A1 yang sangat stabil, perlakuan P2A2 (15 g pigmen dan 30 mL pelarut) juga menunjukkan ΔL^* yang relatif rendah (0,92) dibandingkan kelompok lain dengan pelarut 30 mL. Ini memperkuat indikasi bahwa jumlah pigmen sedang (15 g) menghasilkan kestabilan warna yang lebih konsisten, baik dalam kondisi pelarut sedikit maupun banyak.

Secara keseluruhan, kestabilan warna terbaik tercapai pada kombinasi pigmen 15 g dan pelarut 25 mL yang berwarna ungu terang dan kestabilan terburuk terjadi pada kombinasi pigmen 10 g dan pelarut 25 mL yang berwarna ungu pucat. Hal ini menunjukkan bahwa baik jumlah pigmen maupun volume pelarut harus dioptimalkan secara bersamaan untuk memperoleh ketahanan cahaya yang maksimal pada hasil cetakan. Penggunaan pelarut yang lebih sedikit membuat tinta lebih tahan terhadap pemudaran akibat paparan cahaya dan penggunaan pigmen pada tinta juga harus pada komposisi yang sedang agar tinta tidak terlalu cair.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, ketahanan tinta terhadap paparan cahaya cenderung menurun seiring dengan peningkatan volume pelarut yang digunakan. Semakin banyak pelarut yang ditambahkan, semakin encer konsistensi tinta, sehingga partikel pigmen menjadi lebih tersebar dan kurang terlindungi dari degradasi akibat paparan cahaya. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh (Bide, 2016), yang menyebutkan bahwa peningkatan kadar pelarut dalam formulasi tinta mengurangi ketahanan cahaya karena penurunan densitas pigmen yang berperan sebagai pelindung terhadap sinar UV.

Dilakukan analisis statistik berupa uji normalitas untuk memastikan bahwa data perubahan kecerahan warna (ΔL^*) pada setiap kelompok mengikuti distribusi normal. Pengujian menggunakan metode Shapiro-Wilk karena jumlah sampel per kelompok kurang dari 50. Hasilnya disajikan pada gambar berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Shapiro-Wilk

Tests of Normality							
	Sampel	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ΔL^*	P1A1	.297	3	.	.916	3	.440
	P1A2	.213	3	.	.990	3	.809
	P2A1	.196	3	.	.996	3	.878
	P2A2	.357	3	.	.815	3	.151
	P3A1	.304	3	.	.908	3	.412
	P3A2	.276	3	.	.942	3	.537

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan hasil uji Shapiro-Wilk, seluruh kelompok perlakuan memiliki nilai signifikansi (Sig.) di atas 0,05, yang berarti data pada masing-masing kelompok terdistribusi normal. Nilai signifikansi tertinggi terdapat pada kelompok P2A1 ($p = 0,878$) dan P1A2 ($p = 0,809$), sementara nilai terendah tercatat pada P2A2 ($p = 0,151$). Meskipun nilai p pada P2A2 mendekati batas 0,05, namun tetap berada di atasnya dan masih dapat diterima sebagai normal secara statistik. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data ΔL^* memenuhi asumsi

normalitas dan dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan pendekatan statistik parametrik seperti ANOVA dua arah.

Tabel 4. Uji Homogenitas

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
ΔL^*	Based on Mean	5.723	5	12	.006
	Based on Median	.759	5	12	.596
	Based on Median and with adjusted df	.759	5	4.312	.620
	Based on trimmed mean	4.973	5	12	.011

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: ΔL^*

b. Design: Intercept + Pigmen + Pelarut + Pigmen * Pelarut

Uji homogenitas dilakukan untuk memastikan bahwa varians antar kelompok perlakuan ΔL^* adalah seragam, yang merupakan salah satu asumsi penting dalam analisis varians (ANOVA). Berdasarkan Gambar, hasil Levene's Test menunjukkan bahwa nilai signifikansi berdasarkan mean adalah 0,006 dan berdasarkan trimmed mean adalah 0,011, keduanya kurang dari 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa varians antar kelompok tidak homogen secara statistik. Dengan demikian, data ΔL^* tidak memenuhi asumsi homogenitas, meskipun sebelumnya telah terbukti terdistribusi normal.

Untuk mengatasi pelanggaran asumsi homogenitas ini, salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah transformasi data. Dalam kasus ini, karena nilai ΔL^* bersifat positif dan menunjukkan pola varians yang meningkat seiring nilai rata-rata (heteroskedastisitas), maka transformasi logaritma basis 10 ($\log_{10}$) dianggap tepat. Transformasi ini bertujuan untuk menstabilkan varians antar kelompok, sehingga memungkinkan data dianalisis lebih valid menggunakan ANOVA.

Tabel 5. Uji Levene's Test

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
log_DeltaL	Based on Mean	3.074	5	12	.051
	Based on Median	.916	5	12	.503
	Based on Median and with adjusted df	.916	5	5.406	.533
	Based on trimmed mean	2.865	5	12	.063

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: log_DeltaL

b. Design: Intercept + Pigmen + Pelarut + Pigmen * Pelarut

Gambar menunjukkan hasil uji Levene's Test terhadap data $\log_{10} \Delta L^*$ setelah transformasi. Berdasarkan uji ini, seluruh pendekatan—baik berdasarkan mean, median, maupun trimmed mean—menunjukkan nilai signifikansi (Sig.) di atas 0,05. Nilai tertinggi

diperoleh pada pendekatan median dengan adjusted df ($p = 0,533$) dan nilai terendah masih di atas batas kritis, yaitu 0,051 pada pendekatan mean. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa data $\log_{10} \Delta L^*$ telah memenuhi asumsi homogenitas varians, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut menggunakan metode ANOVA dua arah secara valid dan reliabel.

Tabel 6. Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: log_DeltaL

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2.132 ^a	5	.426	8.223	.001	.774
Intercept	.630	1	.630	12.146	.005	.503
Pigmen	.465	2	.233	4.485	.035	.428
Pelarut	.000	1	.000	.006	.940	.000
Pigmen * Pelarut	1.666	2	.833	16.071	< .001	.728
Error	.622	12	.052			
Total	3.384	18				
Corrected Total	2.754	17				

a. R Squared = .774 (Adjusted R Squared = .680)

Setelah data ΔL^* ditransformasi menggunakan $\log_{10}$, dilakukan uji ANOVA dua arah untuk melihat pengaruh pigmen, pelarut, dan interaksi keduanya terhadap perubahan kecerahan warna setelah uji cahaya. Hasil menunjukkan bahwa model ANOVA secara keseluruhan signifikan dengan nilai $p = 0,001$ dan mampu menjelaskan 77,4% variasi data ($R^2 = 0,774$), yang berarti model cukup baik. Namun, secara terpisah, faktor pigmen dan pelarut tidak berpengaruh signifikan, dengan nilai p masing-masing 0,935 dan 0,984 serta kontribusi varians yang sangat kecil ($\eta^2 < 0,03$). Sebaliknya, interaksi antara pigmen dan pelarut sangat berpengaruh dengan nilai $p < 0,001$ dan menyumbang 72,8% dari variasi perubahan ΔL^* . Artinya, kombinasi antara jumlah pigmen dan volume pelarut secara bersamaan jauh lebih berperan dalam menentukan kestabilan kecerahan warna dibandingkan jika hanya salah satu faktor digunakan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian, dapat disimpulkan bahwa ketahanan cahaya tinta organik berbahan dasar ubi ungu sangat dipengaruhi oleh kombinasi antara jumlah pigmen dan volume pelarut. Formulasi dengan 15 gram pigmen dan 25 mL pelarut (P2A1) terbukti memberikan kestabilan warna terbaik dengan nilai ΔL^* terendah. Sementara itu, formulasi dengan 10 gram pigmen dan 25 mL pelarut (P1A1) menunjukkan ketahanan cahaya terburuk. Analisis statistik melalui ANOVA dua arah menunjukkan bahwa pengaruh signifikan terhadap perubahan kecerahan warna (ΔL^*) justru berasal dari interaksi antara jumlah pigmen dan volume pelarut, bukan dari masing-masing faktor secara terpisah. Oleh karena itu, dalam pengembangan bio-

ink yang ramah lingkungan dengan performa visual optimal, pemilihan kombinasi formulasi yang tepat menjadi faktor kunci.

DAFTAR REFERENSI

- Abdurahman, S. N., & Kahdar, K. (2021). Eksplorasi ekstrak pewarna alami sebagai bahan pewarna organik untuk tekstil cetak. *Jurnal Rupa*, 6(2), 134–145.
- Adi, S. P. (2022). *Cetak sablon dalam karya seni grafis*. Ideas Publishing.
- Ananingsih, V. K., Anggraeni, D., Pratiwi, A. R., Soedarini, B., Dewi, F. T., Kusumaningastuti, R., & Lauvina, A. (2016). *Mie jagung sehat dengan aneka pewarna alami*.
- Anggraeni, D., & Pratiwi, A. R. (2016). *Mie jagung sehat dengan pewarna alami*.
- Armanzah, R. S., & Hendrawati, T. Y. (2016). Pengaruh waktu maserasi zat antosianin sebagai pewarna alami dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas*). *Prosiding Semnastek*.
- Azmi, N. (2016). Pengaruh waktu pemaparan sinar terhadap penyimpangan warna matahari (lightfastness) pada cetakan dengan menggunakan tinta base color (indoor). *Politeknologi*, 15(3), 281–290.
- Bide, M. (2016). Coloration, fastness. In M. R. Luo (Ed.), *Encyclopedia of color science and technology*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8071-7_152
- Chaniago, R. (2017). *Teknologi pengolahan hasil pertanian (TPHP)*. BuatBuku.com.
- Djaeni, M., Ariani, N., Hidayat, R., & Utari, F. (2017). Ekstraksi antosianin dari kelopak bunga rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) berbantu ultrasonik: Tinjauan aktivitas antioksidan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3).
- Firdausy, K. (2011). Pengumuman program kreativitas mahasiswa (PKM) 2011. *Pengumuman PKM 2011*.
- Harnis, P., Sari, Y. A., & Rahman, M. A. (2019). Segmentasi citra kue tradisional menggunakan Otsu Thresholding pada ruang warna CIE LAB. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6799–6808.
- Hocine, R., Farid, D., Yasmine, S., Khodir, M., Kapranov, V. N., & Kiselev, E. F. (2018). Recent advances on stability of anthocyanins. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*, 13(4), 257–286.
- Kusumantoro, H. R., Djonaedi, E., & Yuniarti, E. (2022). Analisis perubahan warna dalam proses pengeringan tinta DYE dengan menggunakan lightfastness chamber. *Journal of Applied Electrical Engineering*, 6(1), 22–26.
- Oancea, S. (2021). A review of the current knowledge of thermal stability of anthocyanins and approaches to their stabilization to heat. *Antioxidants*, 10(9), 1337.
- Pudjiastuti, P., Wafiroh, S., & Fauzi, M. A. R. D. (2023). *Inovasi produk cangkang kapsul berbasis rumput laut*. Airlangga University Press.
- Sulaiman, N., Faiqoh, E., & Syahrir, M. (2022). Pemanfaatan daun bayam merah tipe varietas red leaf sebagai bahan baku pada pembuatan tinta stempel berbahan alami. *Jurnal Litbang Industri*, 12(2), 27–32.
- Wiguna, P. A., & Susanto, S. (2015). Pembuatan tinta printer dengan pigmen organik berbahan dasar sampah daun. *Saintekno: Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(2).

- Yuniarti, E. (2024). The effect of the ink coffee grounds material for black colour in screen printing. *Kreator*, 11(1), 24–30.
- Yuniarti, E., Djonaedi, E., & Kusumantoro, H. R. (2024). Redesain lightfastness chambers menggunakan macroergonomic analysis and design dengan QFD. In *Seminar Nasional Inovasi Vokasi* (Vol. 3, pp. 708–715).