

Pengaruh Aluminium Sulfat Terhadap *Lightfastness* Tinta Printer Kluwek Ramah Lingkungan

Faisal Akbar Fallah¹, Yoga Putra Pratama¹, Emmidia Djonaedi²

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Cetak dan Grafis 3 Dimensi, Jurusan Teknik Grafika Dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta, Depok 16425, Jawa Barat - Indonesia

Email: faisal.akbar.fallah.tgp21@mhsw.pnj.ac.id¹

Received 29 Mei 2025 | Revised 11 Agustus 2025 | Accepted 18 November 2025

ABSTRAK

Kesadaran masyarakat dan kebijakan pemerintah yang semakin menekankan pentingnya pelestarian lingkungan telah mendorong peningkatan permintaan terhadap produk yang lebih ekologis. Dalam konteks industri percetakan, salah satu solusi untuk mengurangi dampak limbah tinta adalah dengan menciptakan tinta berbahan dasar alami yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan pigmen alami dari buah kluwek (*Pangium edule*) sebagai komponen utama dalam pembuatan tinta inkjet yang berkelanjutan. Fokus kajian tertuju pada pengaruh penambahan aluminium sulfat sebagai fiksator daya tahan warna tinta terhadap pemudaran akibat cahaya. Dengan menggunakan desain eksperimen satu faktor, dilakukan variasi massa aluminium sulfat antara 0,4%, 0,8%, 1,2% gram. Pengujian dilakukan dengan mengamati perubahan nilai warna berdasarkan CIE $L^*a^*b^*$ untuk mengevaluasi ketahanan terhadap cahaya. Hasil menunjukkan bahwa meskipun peningkatan massa aluminium sulfat menurunkan intensitas warna awal tinta, senyawa ini mampu meningkatkan stabilitas warna terhadap paparan cahaya. Temuan ini mengindikasikan bahwa formulasi tinta berbasis kluwek dengan tambahan aluminium sulfat memiliki potensi sebagai alternatif tinta inkjet ramah lingkungan.

Kata kunci: tinta, kluwek, aluminium sulfat, CIE $L^*a^*b^*$

ABSTRACT

Public awareness and government policies that increasingly emphasize the importance of environmental conservation have driven an increase in demand for more ecological products. In the context of the printing industry, one solution to reduce the impact of ink waste is to create more environmentally friendly natural-based inks. This study explores the use of natural pigments from kluwek fruit (*Pangium edule*) as the main component in the manufacture of sustainable inkjet inks. The focus of the study is on the effect of adding aluminum sulfate as a fixator on the color resistance of ink to fading due to light. Using a one-factor experimental design, variations in the mass of aluminum sulfate were carried out between 0.4%, 0.8%, 1.2% grams. Testing was carried out by observing changes in color values based on CIE $L^*a^*b^*$ to evaluate light resistance. The results showed that although increasing the mass of aluminum sulfate decreased the initial color intensity of the ink, this compound was able to increase color stability to light exposure. These findings indicate that the formulation of kluwek-based ink with the addition of aluminum sulfate has the potential as an alternative to environmentally friendly inkjet inks.

Keywords: ink, kluwek, aluminium sulfate, CIE $L^*a^*b^*$

1. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kesadaran masyarakat serta tuntutan regulasi terhadap pentingnya keberlanjutan lingkungan, permintaan akan produk-produk yang ramah lingkungan juga semakin meningkat. Dalam industri grafika, salah satu pendekatan untuk mengurangi dampak pencemaran adalah melalui pengembangan tinta berbasis bahan alami yang bersifat biodegradable [1]. Buah kluwek (*Pangium edule*) merupakan salah satu sumber potensial pewarna alami karena kandungan taninnya yang tinggi. Selain tanin, kluwek juga mengandung senyawa seperti beta-karoten, asam sianida, asam hidnokarpat, asam khaulmograt, dan asam glorat. Tanin memiliki peran penting sebagai zat pewarna sekaligus agen antioksidan dan antibakteri, sehingga efektif digunakan sebagai bahan dasar tinta sekaligus pengawet alami [2]. Ekstraksi pigmen dari kluwek dilakukan dengan metode maserasi, yaitu perendaman bahan dalam pelarut seperti aquades dan isopropil alkohol pada suhu ruang [3]. Hasil ekstraksi kemudian dicampur dengan gum arabic sebagai pengental dan perekat berbahan alami untuk memperoleh formulasi tinta [4]. Tinta alami yang dihasilkan memiliki warna coklat saat diaplikasikan pada media cetak kertas HVS 80 gsm menggunakan *printer inkjet* [5].

Namun, tinta berbasis alami umumnya memiliki kelemahan dari segi ketahanan, terutama terhadap air dan paparan cahaya matahari. Hal ini disebabkan karena sifat tinta berbasis air yang cenderung mudah luntur. Untuk meningkatkan stabilitas warna, ditambahkan aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) sebagai bahan aditif fiksator. Senyawa ini berfungsi sebagai pengikat warna dan membantu meningkatkan ketahanan tinta terhadap pemudaran akibat paparan cahaya [6].

Pada penelitian sebelumnya dilakukan pengujian ekstraksi zat warna dari kluwek menggunakan berbagai pelarut salah satunya aquades yang menghasilkan zat warna coklat [7]. Studi lain tentang pembuatan tinta dilakukan dengan memanfaatkan bahan organik lain sebagai tinta inkjet printer dengan pelarut aquades [8]. Oleh karena itu penelitian ini akan menggunakan bahan organik kluwek sebagai zat warna pada tinta organik untuk printer. Penelitian ini lebih menitikberatkan pada analisis pengaruh massa aluminium sulfat terhadap ketahanan warna tinta yang diukur menggunakan uji *lightfastness* atau uji daya tahan pudar terhadap sinar UV matahari, sejalan dengan parameter penelitian sebelumnya yang berfokus pada tinta organik dengan metode *screen printing* [6][9][10]. Evaluasi dilakukan berdasarkan perubahan nilai warna menggunakan perhitungan ΔE nilai CIE $L^*a^*b^*$, yang mencerminkan pergeseran warna akibat paparan sinar UV dalam periode waktu tertentu [11][12]. Melalui variasi komposisi aluminium sulfat, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi formulasi optimal yang mampu meningkatkan kestabilan warna tinta alami dari kluwek, khususnya saat digunakan dalam pencetakan dengan printer inkjet pada kertas HVS 70 gsm.

2. METODOLOGI

2.1 Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Bahan Grafika Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan, Politeknik Negeri Jakarta. Metode yang digunakan dalam pembuatan tinta berbasis alami ini menggunakan metode maserasi dimana rendemen direndam dalam pelarut selama waktu tertentu dalam suhu ruang dan minim cahaya. Tinta dibuat dengan metode *mixing* yaitu mencampurkan seluruh bahan hingga menjadi larutan yang homogen.

Metode *mixing* (pencampuran) dalam pembuatan tinta organik adalah proses menggabungkan bahan-bahan organik (biasanya berupa zat pewarna alami) dengan bahan pelarut dan aditif lain untuk menghasilkan tinta yang homogen dan siap digunakan. Setelah pencampuran selesai, campuran tinta disaring untuk menghilangkan partikel kasar, lalu disimpan dalam wadah tertutup guna menjaga kestabilan dan kualitas tinta. Proses ini memastikan bahwa tinta organik yang dihasilkan memiliki warna yang konsisten, tekstur yang sesuai, serta daya tahan yang optimal saat digunakan.



Gambar 1. Proses maserasi



Gambar 2. Pengujian viskositas



Gambar 3. Pengukuran pH

2.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini sampel tinta akan diproduksi menggunakan komposisi tetap, yaitu 14% gum arabic, 16% buah kluwek dari total massa padatan direndam pada 75 ml aquades dan ditambahkan 20% Isopropil Alkohol, semua bahan tersebut dicampurkan dan dihasilkan 75 ml tinta seperti yang terlihat pada gambar. Variasi dilakukan pada jumlah aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), yaitu sebanyak 0,4% gram, 0,8% gram, 1,2% gram, sehingga dihasilkan masing-masing variasi adalah 25 ml tinta. Viskositas tinta diukur menggunakan alat Zahn cup no. 2 seperti pada Gambar 2 untuk membandingkan dengan viskositas tinta inkjet umum, selain itu pada Gambar 3 pH diuji dengan pH meter supaya sesuai dengan kriteria tinta inkjet umum agar dapat digunakan pada mesin printer inkjet. Proses pencetakan dilakukan menggunakan printer inkjet pada media kertas HVS 70 gsm. Pengukuran nilai warna CIE $L^*a^*b^*$ dilakukan dengan menggunakan spektrodensitometer.

2.3 Proses Pembuatan Tinta

Proses pembuatan tinta alami dari kluwek dilakukan dengan metode maserasi, yaitu dengan merendam bahan kluwek yang telah dihancurkan dalam pelarut aquades selama 48 jam pada suhu ruang dan kondisi minim cahaya untuk menghindari degradasi senyawa aktif ditunjukkan pada Gambar 1. Setelah proses maserasi selesai, larutan hasil perendaman kemudian dicampurkan dengan beberapa bahan tambahan, yaitu isopropil alkohol sebagai pelarut tambahan, gum arabic sebagai pengental dan pengikat, serta aluminium sulfat sebagai fiksatif. Ketiga bahan tambahan tersebut digunakan dengan variasi konsentrasi antara 0,4%, 0,8%, sampai 1,2% Gram. Setelah pencampuran merata, larutan tinta kemudian disaring menggunakan kertas filter untuk memisahkan ampas dan mendapatkan hasil tinta yang lebih jernih dan homogen, siap digunakan untuk keperluan cetak pada mesin inkjet printer.

2.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang serta menguji pembuatan tinta berbasis alami yang memanfaatkan pigmen dari buah kluwek (*Pangium edule*) dengan menambahkan variasi jumlah bubuk aluminium sulfat sebanyak 0,1 Gram, 0,2 gram, dan 0,3 Gram sebagai agen pengikat warna dan penstabil tinta. Tiga jenis tinta diproduksi dengan masing-masing tinta A, B, C digunakan untuk mencetak 3 objek gambar sehingga total terdapat 9 sampel hasil cetakan dengan variasi komposisi aluminium sulfat. Untuk menguji ketahanan terhadap pemudaran dilakukan pengujian lightfastness dimana sampel dibiarkan terpapar sinar matahari selama jangka waktu 2 x 24 jam. Seluruh data yang diperoleh akan dianalisis guna menarik kesimpulan dari hasil penelitian.

2.5 Rumus Perhitungan

Perhitungan viskositas dilakukan dengan cara mengukur waktu alir tinta dengan menggunakan viskometer Zahn cup no. #2. Setelah mengukur waktu alir tinta, kemudian data dimasukkan dalam persamaan 1, sedangkan untuk melihat seberapa signifikan ketahanan pudar tinta alami terhadap cahaya dilakukan perhitungan ΔE , tujuan perhitungan ini adalah sebagai parameter nilai perubahan warna yang terjadi saat sebelum dan setelah dilakukan pengujian *lightfastness* [9]. Data nilai warna CIE $L^*a^*b^*$ yang telah diukur dimasukkan dalam Persamaan 2.

$$V = 3,5 (t - 14) \times \rho \quad (1)$$

$$V = 3,5(t - 14) \times \sigma$$

Keterangan :

V = Viskositas (cP)

t = Waktu alir tinta pada Zahn cup (detik)

ρ = massa jenis tinta (1,05 g/cm³)

$$\Delta E = \sqrt{(L^* 2 - L^* 1)^2 + (a^* 2 - a^* 1)^2 + (b^* 2 - b^* 1)^2} \quad (2)$$

Keterangan :

ΔE = Nilai Perubahan warna

L*1= Nilai L* sebelum pengujian lightfastness

L*2 = Nilai L* setelah pengujian lightfastness

a*1 = Nilai a* sebelum pengujian lightfastness

a*2 = Nilai a* setelah pengujian lightfastness

b*1 = Nilai b* sebelum pengujian lightfastness

b*2 = Nilai b* setelah pengujian lightfastness

2.6 Data Penelitian

Berdasarkan Tabel 1 tinta organik kluwek dengan variasi massa aluminium sulfat 0,1 gr - 0,3 gr terlihat nilai pH mendekati angka 7,3 dan nilai viskositas 3,80 cP. Berdasarkan pengukuran pH dan viskositas tinta inkjet umum, nilai pH dan viskositas tinta organik kluwek terlihat tidak terlalu berbeda, sehingga tinta organik kluwek dapat diaplikasikan pada mesin inkjet printer canon IP2770.

Tabel 1. Data nilai pH dan viskositas tinta

Parameter	Tinta Umum	Tinta A	Tinta B	Tinta C
Viskositas	3,80 CP	3,75 CP	3,72 CP	3,68 CP
pH	7,3	6,9	6,8	6,5

Setelah pembuatan tinta organik kluwek selesai dan sudah memenuhi parameter tinta inkjet umum, selanjutnya proses cetak menggunakan mesin printer canon IP2770 pada kertas HVS 80 GSM seperti terlihat pada gambar. Sebelum proses printing, terlebih dahulu melakukan deep cleaning agar cartridge tidak terkontaminasi dengan tinta bekas atau nozzle printer tersumbat, setelah dilakukan pembersihan, tinta alami kluwek dimasukkan pada cartridge menggunakan suntikan secara perlahan, kemudian gambar dicetak dan diukur nilai warna hasil cetak menggunakan spektrodensitometer seperti terlihat Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran nilai CIE L*a*b*

Tabel 2. Data nilai CIE L*a*b* sebelum pengujian *lightfastness*

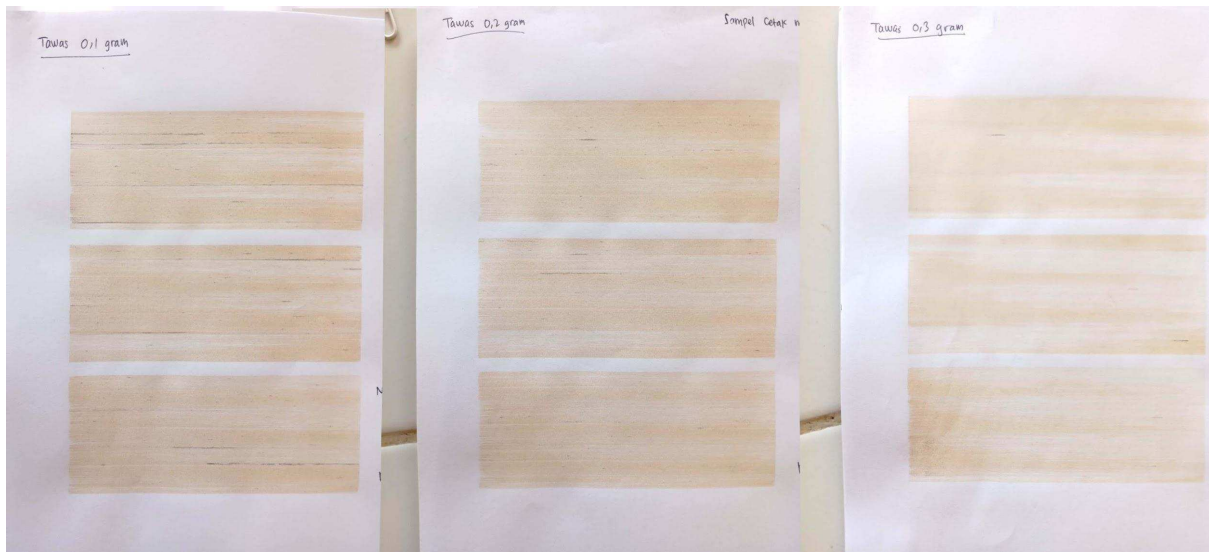
Persentase (Al ₂ (SO ₄) ₃)	Nilai L*	Nilai a*	Nilai b*
0,4%	84,5	1,7	1,9
0,8%	86,8	1,6	2,6
1,2%	85,4	1,9	2,4

Tabel 3. Data Nilai CIE L*a*b* setelah pengujian *lightfastness*

Persentase (Al ₂ (SO ₄) ₃)	Nilai L*	Nilai a*	Nilai b*
0,4%	87,3	1,5	2,4
0,8%	87,1	1,5	3,6
1,2%	87	1,7	2,3

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan visual hasil cetak menggunakan printer dihasilkan warna coklat [6]. Sampel cetak dengan variasi massa aluminium sulfat 0,4% (0,1 gram) , 0,8% (0,2 gram), dan 1,2% (0,3 gram) pada gambar 5 menunjukkan perubahan warna yang signifikan seiring dengan peningkatan dosis. Pada dosis 0,1 gram, warna sampel terlihat gelap dan tidak merata, dengan garis hitam menunjukkan proses koagulasi yang belum optimal. Namun, ketika dosis ditingkatkan menjadi 0,2 gram, warna menjadi lebih cerah dan merata, dan garis hitam masih terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa koagulasi berlangsung lebih efektif pada dosis ini, yang menghasilkan kejernihan yang lebih tinggi dan distribusi warna yang lebih seragam. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa dosis yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada dosis tersebut proses koagulasi berlangsung lebih efektif, menghasilkan kejernihan yang lebih tinggi dan distribusi warna yang lebih seragam. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan dosis aluminium sulfat hingga 0,3 Gram memberikan hasil yang lebih baik dalam hal kejernihan dan homogenitas warna. Namun warna pada sampel semakin turun dan tampak pudar seiring dengan peningkatan dosis aluminium sulfat karena proses koagulasi dan flokulasi menjadi lebih efektif. Aluminium sulfat bekerja dengan cara mengikat partikel-partikel koloid atau zat warna yang tersuspensi dalam larutan, lalu menggumpalkannya (*flokulasi*) agar bisa mengendap dan dipisahkan dari pelarut (aquades). Pada dosis rendah 0,1 gram, jumlah aluminium sulfat belum cukup untuk menangkap seluruh partikel warna, sehingga masih banyak zat pewarna yang tersisa dan menyebabkan warna tampak lebih gelap. Ketika dosis ditingkatkan menjadi 0,2 hingga 0,3 gram, lebih banyak partikel warna yang berhasil diikat dan diendapkan, sehingga warna hasil menjadi lebih terang dan tampak pudar. Dengan kata lain, semakin banyak aluminium sulfat yang digunakan (hingga titik optimal), semakin banyak zat warna yang terkoagulasi dan terpisah dari larutan, sehingga warna yang tersisa menjadi lebih pucat atau jernih.



Gambar 5. Sampel hasil cetak printer dengan variasi massa $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,4% ; 0,8% ; 1,2%

Untuk melihat seberapa besar perubahan warna yang terjadi sebelum dan sesudah pengujian lightfastness dilakukan perhitungan ΔE dengan menggunakan persamaan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3, data nilai CIE $L^*a^*b^*$ dimasukkan kedalam rumus persamaan (2) seperti berikut:

1. Perhitungan Nilai ΔE Persentase 0,4% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

$$\Delta E = \sqrt{(L * 2 - L * 1)^2 + (a * 2 - a * 1)^2 + (b * 2 - b * 1)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(87,3 - 84,5)^2 + (1,5 - 1,7)^2 + (2,4 - 1,9)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{2,8^2 + 0,2^2 + 0,5^2} = 2,85$$

2. Perhitungan Nilai ΔE Persentase 0,8% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

$$\Delta E = \sqrt{(L * 2 - L * 1)^2 + (a * 2 - a * 1)^2 + (b * 2 - b * 1)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(87,1 - 86,8)^2 + (1,5 - 1,6)^2 + (3,6 - 2,6)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{0,3^2 + 0,1^2 + 1^2} = 1,1$$

3. Perhitungan Nilai ΔE Persentase 1,2% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

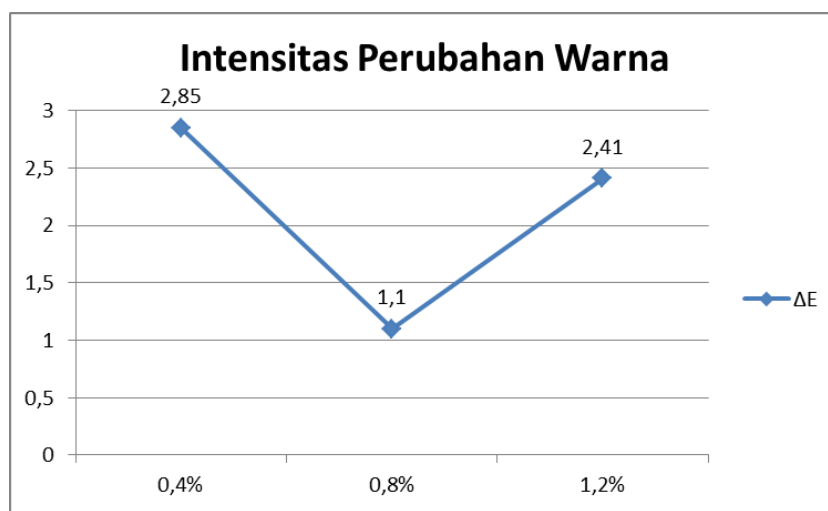
$$\Delta E = \sqrt{(L * 2 - L * 1)^2 + (a * 2 - a * 1)^2 + (b * 2 - b * 1)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(87 - 85,4)^2 + (1,7 - 1,9)^2 + (2,3 - 2,4)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{2,4^2 + 0,2^2 + 0,1^2} = 2,41$$

Tabel 4. Data nilai ΔE variasi massa $Al_2(SO_4)_3$

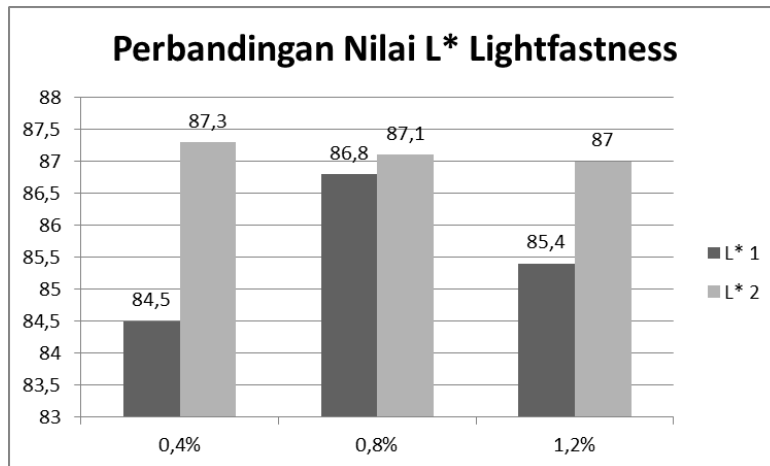
Persentase $Al_2(SO_4)_3$	Nilai ΔE
0,4%	2,85
0,8%	1,1
1,2%	2,41



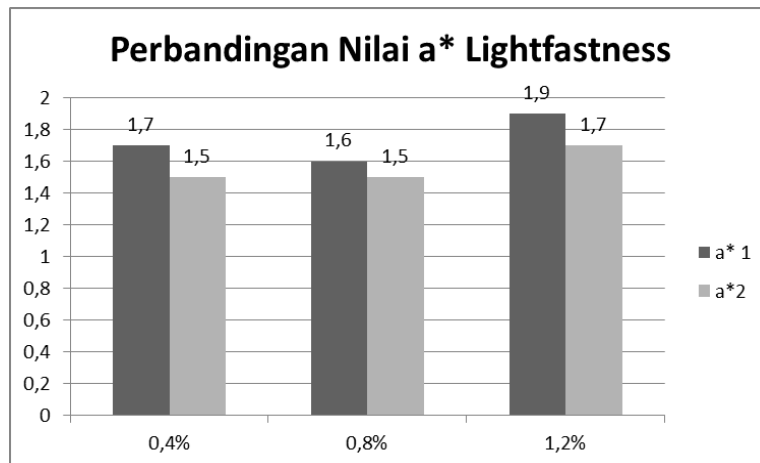
Gambar 6. Intensitas perubahan warna (Nilai ΔE)

Gambar 6 tersebut menunjukkan diagram hubungan antara intensitas perubahan warna (ditunjukkan oleh nilai ΔE) terhadap variasi persentase massa aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$). Pada komposisi 0,4%, nilai ΔE mencapai 2,85 yang menunjukkan perubahan warna yang cukup signifikan. Ketika komposisi aluminium sulfat ditingkatkan menjadi 0,8%, nilai ΔE justru menurun drastis menjadi 1,1, mengindikasikan perubahan warna yang paling kecil di antara ketiga komposisi. Namun, saat komposisi dinaikkan lagi menjadi 1,2%, nilai ΔE kembali meningkat menjadi 2,41, yang berarti perubahan warna kembali menjadi lebih nyata. Pola ini menunjukkan bahwa terdapat titik minimum perubahan warna pada komposisi 0,8%, sedangkan di bawah dan di atas nilai ini, intensitas perubahan warna menjadi lebih besar. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat pengaruh langsung dari konsentrasi aluminium sulfat terhadap kestabilan atau ketidakseimbangan warna pada sistem yang diuji.

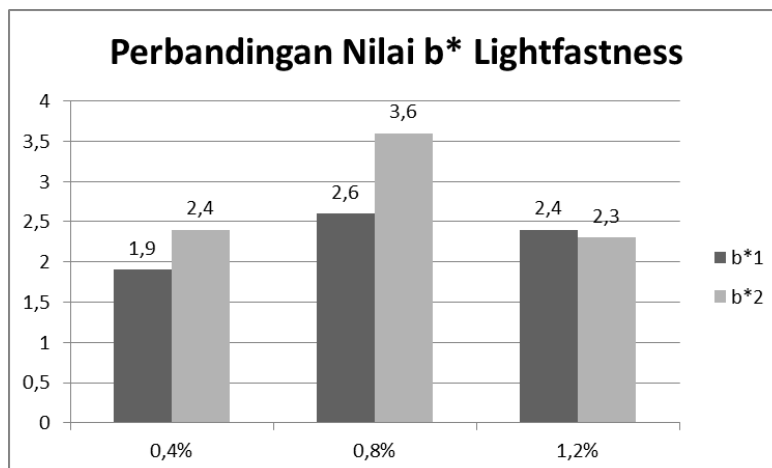
Berdasarkan diagram nilai ΔE , komposisi aluminium sulfat yang optimal untuk daya tahan pudar tinta alami adalah 0,8%. Hal ini karena nilai ΔE pada komposisi tersebut adalah yang paling rendah (1,1), yang menunjukkan perubahan warna paling kecil atau warna paling stabil setelah perlakuan atau seiring waktu. Semakin kecil nilai ΔE , semakin kecil perubahan warna yang terjadi, yang berarti tinta alami lebih tahan terhadap pemudaran. Jadi, untuk mempertahankan kestabilan warna tinta alami, penggunaan aluminium sulfat sebanyak 0,8% adalah yang paling direkomendasikan. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan perubahan nilai warna CIE $L^*a^*b^*$ dengan variasi persentase aluminium sulfat pada gambar diagram.



Gambar 7. Perbandingan nilai L* lightfastness



Gambar 8. Perbandingan nilai a* lightfastness



Gambar 9. Perbandingan Nilai b* Lightfastness

Berdasarkan Gambar 7, 8, dan 9 perbandingan nilai L*, a*, dan b* dalam uji *lightfastness*, dapat disimpulkan bahwa komposisi aluminium sulfat sebesar 0,8% menunjukkan kestabilan warna yang paling optimal secara keseluruhan. Pada nilai L* yang menunjukkan tingkat kecerahan warna,

perubahan terkecil terjadi pada komposisi 0,8% dengan selisih hanya 0,3 (dari 86,8 menjadi 87,1), dibandingkan dengan perubahan sebesar 2,8 pada 0,4% dan 1,6 pada 1,2%. Hal ini menunjukkan bahwa warna pada komposisi 0,8% paling tahan terhadap pemudaran dari segi kecerahan. Sementara itu, pada nilai a^* yang menunjukkan kecenderungan warna ke arah merah atau hijau, perubahan terkecil juga terjadi pada komposisi 0,8% dengan selisih hanya 0,1 (dari 1,6 menjadi 1,5), dibandingkan dengan perubahan 0,2 pada komposisi lainnya. Sedangkan untuk nilai b^* , yang menunjukkan kecenderungan warna ke arah kuning atau biru, perubahan terkecil terjadi pada komposisi 1,2% dengan selisih hanya 0,1 (dari 2,4 menjadi 2,3). Meskipun demikian, karena nilai L^* dan a^* lebih dominan dalam menentukan kestabilan visual warna secara umum, maka dapat disimpulkan bahwa komposisi aluminium sulfat 0,8% adalah yang paling efektif dalam menjaga daya tahan warna terhadap cahaya.

Berikut adalah perhitungan perubahan nilai terkecil dari masing-masing nilai CIE $L^*a^*b^*$ berdasarkan variasi persentase aluminium sulfat:

1. Nilai ΔL^* (Keccerahan)

Nilai L^* menunjukkan tingkat kecerahan warna. Perubahan dihitung dari selisih antara L^*2 (setelah uji) dan L^*1 (sebelum uji):

A. 0,4%: $87,3 - 84,5 = 2,8$

B. 0,8%: $87,1 - 86,8 = 0,3$

C. 1,2%: $87,0 - 85,4 = 1,6$

Perubahan nilai L^* terkecil terjadi pada komposisi 0,8%, menunjukkan bahwa tingkat kecerahan paling stabil pada konsentrasi ini.

2. Nilai Δa^* (Arah warna merah-hijau)

Nilai a^* menunjukkan kecenderungan warna ke arah merah (+) atau hijau (-). Perubahan dihitung dari selisih mutlak $a^*2 - a^*1$:

A. 0,4%: $1,5 - 1,7 = 0,2$

B. 0,8%: $1,5 - 1,6 = 0,1$

C. 1,2%: $1,7 - 1,9 = 0,2$

Perubahan nilai a^* terkecil juga terjadi pada komposisi 0,8%, dengan hanya selisih 0,1, menunjukkan kestabilan arah warna merah-hijau terbaik.

3. Nilai Δb^* (Arah warna kuning-biru)

Nilai b^* menunjukkan kecenderungan warna ke arah kuning (+) atau biru (-). Perubahan dihitung dari selisih mutlak $b^*2 - b^*1$:

A. 0,4%: $2,4 - 1,9 = 0,5$

B. 0,8%: $3,6 - 2,6 = 1,0$

C. 1,2%: $2,3 - 2,4 = 0,1$

Perubahan nilai b^* terkecil justru terjadi pada komposisi 1,2%, dengan hanya selisih 0,1, menunjukkan kestabilan warna kuning-biru terbaik pada konsentrasi ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan grafik nilai ΔE , komposisi aluminium sulfat yang optimal untuk daya tahan pudar tinta alami adalah 0,8%. Hal ini karena nilai ΔE pada komposisi tersebut adalah yang paling rendah 1,1, yang menunjukkan perubahan warna paling kecil atau warna paling stabil setelah perlakuan atau seiring waktu. Semakin kecil nilai ΔE , semakin kecil perubahan warna yang terjadi, yang berarti tinta alami lebih tahan terhadap pemudaran. Hal ini juga ditunjukkan pada perubahan nilai CIE $L^*a^*b^*$, berdasarkan penelitian komposisi 0,8% aluminium sulfat menunjukkan perubahan paling kecil untuk nilai L^* dan a^* , sedangkan komposisi 1,2% unggul pada kestabilan nilai b^* . Namun, karena nilai L^* merupakan indikator utama dalam lightfastness (tingkat perubahan visual yang paling mudah terlihat), maka komposisi 0,8% tetap menjadi yang paling optimal secara keseluruhan dalam menjaga kestabilan warna terhadap cahaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Jurusan Teknik Grafika dan Penerbitan Politeknik Negeri Jakarta atas dukungan dalam penelitian pembuatan tinta alami ini serta kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan selama proses penelitian dan penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. Wiguna and Susanto, "Pembuatan Tinta Printer Dengan Pigmen Organik Berbahan Dasar Sampah Daun," *Sainteknol*, vol. 13, no. 2, pp. 143–150, 2015.
- [2] Jatmiko, Ricko Arie. *Uji Aktivitas Anti Bakteri Ekstrak Biji Keluak (Pangium edule) terhadap Bakteri Salmonella Typhi*. Diss. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2020.
- [3] S. Chairunnisa, N. M. Wartini, and Suhendra L, "Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin Effect of Temperature and Maseration Time on Characteristics of Bidara Leaf Extract (*Ziziphus mauritiana* L.) as Saponin Source," *J. Rekayasa dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 4, pp. 551–560, 2019.
- [4] J. Teknologi, P. Dan, and A. Perkebunan, "Peningkatan Kualitas Bio-Ink dengan Penambahan Pigmen Kunyit Untuk Warna Yellow pada Printer Digital," vol. 4044, pp. 51–59, 2024.
- [5] T. Pertanian, J. Teknologi, and H. Pertanian, "PEMBUATAN TINTA PRINTER BERBAHAN DASAR PIGMEN ORGANIK DARI CANGKANG KELAPA SAWIT," 2018.
- [6] A. D. Putri, "Pembuatan Tinta Screen Printing Dari Ekstraksi Buah Bit (*Beta Vulgaris* L) Dengan Aplikasi Grinder Konvensional Pada Kertas Ivory 400 Gsm," 2021.
- [7] R. Z. Hilmi, R. Hurriyati, and Lisnawati, "Ekstraksi Zat Warna Dari Kluwek (*Pangium Edule* Reinw) Menggunakan Berbagai Pelarut." vol. 3, no. 2, pp. 91–102, 2018.
- [8] Bukit, Minsyahril, Redi K. Pingak, and Yovilia Medi. "Studi Potensi Tinta Printer Berbahan Dasar Pigmen Organik Dari Daun Jambu Biji." *Magnetic: Research Journal Of Physics And It's Application* 2.1 (2022): 101-105.
- [9] Ritonga, Subhan Zuhri, Rachmah Nanda Kartika, and Yoga Putra Pratama. "Pengaruh Formulasi Tinta Ungu Organik Berbahan Dasar Ubi Ungu terhadap Ketahanan Cahaya pada Cetak Saring." *JURAL Riset Rumpun Ilmu Teknik* 4.2 (2025): 198-208.
- [10] Kusumantoro, Heribertus Rudi, Emmidia Djonaedi, and Endang Yuniarti. "Analisis Perubahan Warna dalam Proses Pengeringan Tinta DYE dengan Menggunakan Lighfastness Chamber." *Journal of applied electrical engineering* 6.1 (2022): 22-26.
- [11] R. Dwi Poetra, "BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64," *Gastron. ecuatoriana y Tur. local.*, vol. 1, no. 69, pp. 5–24, 2019.
- [12] Djonaedi, Emmidia, and Endang Yuniarti. "Identifikasi Solid Content Dan Warna Tinta Offset CMYK." *Seminar Nasional Inovasi Vokasi*. Vol. 2. 2023.