

Pengaruh Sodium Benzoat Terhadap Ketahanan Warna Pewarna Alami Dari Kulit Alpukat Terhadap Cahaya Dan Pencucian

Firyal Nisrina Zahrah¹, Vika Rizkia² & Emmidia Djonaedi³

^{1,2,3} Teknologi Rekayasa Cetak dan Grafis 3 Dimensi, Politeknik Negeri Jakarta

*E-mail: firyal.nisrina.zahrah.tgp21@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

*Synthetic dyes in the textile industry are toxic and pollute the environment. As an alternative, natural dyes from avocado skin (*Persea americana*) have the potential to be used because they contain phenolic compounds such as flavonoids and tannins. However, its color stability is still a challenge. This study aims to evaluate the color stability of avocado skin pigments on cotton fabrics, with and without the addition of sodium benzoate as a stabilizer. The pigments were extracted through maceration using 96% ethanol, then applied to cotton fabrics and tested against light exposure and washing. Analysis was carried out on the parameters ΔE , Optical Density, and CMYK. The results showed that samples with sodium benzoate were more stable in color ($\Delta E = 1.34$) than without stabilizer ($\Delta E = 3.31$). Sodium benzoate is effective in maintaining the intensity and spectral stability of pigments, supporting their use in environmentally friendly natural textile dyes.*

Keywords: Sodium Benzoate, avocado skin, natural dyes, color fastness, textiles

PENDAHULUAN

Pewarna alami semakin banyak dikembangkan sebagai alternatif ramah lingkungan untuk industri tekstil. Pewarna alami dari sumber hayati kini semakin dipertimbangkan sebagai alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan dibandingkan pewarna sintesis, yang diketahui bersifat toksik dan menghasilkan limbah berbahaya. Dorongan untuk beralih ke pewarna alami semakin kuat karena dampak negatif pewarna sintesis terhadap lingkungan dan kesehatan, serta kemudahan pengembangan metode ekstraksi pigmen alami yang lebih ramah lingkungan[1].

Salah satu sumber pewarna alami yang berpotensi adalah kulit alpukat (*Persea americana*), sebagai salah satu limbah organik pertanian merupakan salah satu bagian dari buah alpukat yang paling jarang dimanfaatkan, meskipun kaya akan senyawa bioaktif seperti antioksidan[2]. Hal ini memberikan dasar kuat untuk eksplorasi kulit alpukat sebagai sumber pewarna alami. Kulit alpukat dikenal mengandung senyawa fenolik seperti flavonoid dan tanin dalam jumlah tinggi, sehingga memiliki potensi besar sebagai sumber pewarna alami yang fungsional dan ramah lingkungan. Namun, meskipun pewarna alami memiliki kelebihan dari sisi keamanan, ketahanannya terhadap faktor lingkungan seperti cahaya, pencucian, dan pH masih menjadi tantangan utama. Pigmen alami sangat rentan mengalami degradasi warna akibat oksidasi, paparan sinar matahari, serta perlakuan fisik seperti pencucian[3]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan formulasi yang tepat untuk meningkatkan daya tahan warnanya setelah diaplikasikan ke tekstil.

Pemilihan pelarut dan penambahan zat penstabil merupakan dua faktor penting dalam formulasi pewarna alami. Pemilihan medium pelarut dan metode ekstraksi memainkan peran krusial dalam menentukan efektivitas, kestabilan, dan ketahanan warna dari pewarna alami[4]. Penggunaan pelarut yang sesuai dapat meningkatkan kualitas ekstraksi dan menjaga struktur kimia pigmen, sementara teknik ekstraksi yang tepat, dapat mengoptimalkan hasil tanpa merusak senyawa aktif. Sedangkan, penambahan zat penstabil dalam formulasi pewarna alami berperan penting dalam meningkatkan stabilitas warna, resistensi terhadap oksidasi dan degradasi akibat suhu serta pH[5]. Ini memperkuat klaim bahwa zat penstabil bukan hanya pelengkap, tetapi juga merupakan kunci dalam teknologi formulasi pewarna alami modern.

Pelarut etanol 96% dipilih karena diketahui mampu mengekstraksi senyawa aktif dengan efisien karena polaritasnya yang sesuai. Etanol 96% telah dikenal luas sebagai pelarut yang efektif dalam mengekstraksi senyawa aktif dari bahan alam karena polaritasnya sehingga sangat efektif dalam mengekstraksi sebagai senyawa bioaktif dari tumbuhan[6]. Di sisi lain, penambahan zat

stabilisator seperti sodium benzoat dapat membantu menghambat degradasi pigmen melalui sifat antimikroba dan antioksidannya sehingga berperan penting dalam menghambat degradasi senyawa bioaktif[7]. Dalam penelitian ini, tidak digunakan bahan mordant tambahan seperti tawas (alum), tunjung (ferro sulfat), atau zat fiksatif lainnya. Hal ini dilakukan secara sengaja untuk memastikan bahwa performa dan kestabilan warna yang diamati berasal murni dari pengaruh sodium benzoat sebagai stabilisator tunggal, tanpa campur tangan faktor fiksasi eksternal. Dengan demikian, evaluasi dapat lebih objektif dalam menilai efektivitas sodium benzoat dalam menjaga kestabilan pigmen pewarna alami.

Hingga saat ini, penelitian yang mengevaluasi kombinasi pelarut dan zat stabilisator terhadap ketahanan warna pigmen kulit alpukat pada tekstil masih sangat terbatas. Mayoritas studi berfokus pada stabilitas pH atau aplikasi pewarnaan umum, namun belum banyak yang mengkaji sejauh mana warna tersebut mampu bertahan setelah terpapar sinar dan pencucian. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kestabilan warna pigmen alami dari kulit alpukat pada kain katun, dengan dan tanpa penambahan sodium benzoat, melalui uji ketahanan terhadap cahaya (*lightfastness*) dan pencucian (*washfastness*), serta analisis nilai ΔE , Optical Density, dan CMYK setelah diaplikasikan pada substrat, dalam hal ini kain katun.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan eksperimental laboratorium untuk mengevaluasi kestabilan warna pigmen alami dari kulit alpukat (*Persea americana*) pada media tekstil. Desain penelitian bersifat komparatif, dengan membandingkan dua perlakuan utama: tanpa penambahan sodium benzoat (kontrol/SN) dan dengan penambahan sodium benzoat (perlakuan/SB).

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh potensi variasi pewarna alami dari kulit alpukat yang dapat diterapkan pada kain katun. Sampel yang digunakan berupa kain katun combed 30s berukuran 5×10 cm yang diwarnai dengan ekstrak pigmen kulit alpukat. Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling, yaitu pemilihan sampel secara sengaja berdasarkan kriteria spesifik, yakni keberadaan atau ketiadaan penambahan sodium benzoat dalam larutan pewarna. Ekstraksi pigmen dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96%. Setelah proses pewarnaan, sampel diuji terhadap dua jenis perlakuan lingkungan: paparan cahaya (uji *lightfastness*) dan pencucian (uji *washfastness*). Parameter warna yang diamati meliputi nilai L^* (tingkat kecerahan), a^* (komponen merah-hijau), b^* (komponen kuning-biru), serta ΔE sebagai indikator total perubahan warna. Selain itu, dianalisis juga Optical Density (D) untuk menilai intensitas warna, dan nilai CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) untuk meninjau komposisi spektral visual.

Bahan utama yang digunakan adalah kulit alpukat segar (*Persea americana*) sebagai sumber pigmen alami. Pelarut yang digunakan adalah etanol 96%, dan zat penstabil yang ditambahkan adalah sodium benzoat sebanyak 1 gram per 100 mL. Kain katun combed 30s digunakan sebagai media pewarnaan. Sabun bayi cair digunakan sebagai deterjen pada pengujian ketahanan cuci. Alat-alat yang digunakan meliputi timbangan digital, blender, gelas ukur, botol kaca, pH meter, *magnetic stirrer*, termometer digital, spectrodensitometer, dan *lightfastness chamber* untuk uji paparan cahaya.

Kulit alpukat yang sudah kering dihancurkan hingga menjadi serbuk. Sebanyak 100 gram serbuk direndam dalam 300 mL etanol 96% menggunakan metode Ekstraksi dengan cara maserasi. Ekstraksi merupakan suatu rangkaian proses yang dirancang secara sistematis untuk memisahkan, mengisolasi, dan mengonsentrasikan senyawa bioaktif dari bahan tanaman[8]. Metode ekstraksi mempunyai beberapa teknik, masing-masing teknik ini bekerja berdasarkan prinsip fisik yang berbeda. Pemilihan teknik sangat bergantung pada karakteristik bahan, jenis senyawa target, serta tujuan akhir penggunaannya. Penelitian ini menggunakan teknik maserasi, maserasi adalah teknik ekstraksi sederhana namun efektif untuk memperoleh senyawa bioaktif dari tanaman, terutama saat mempertahankan stabilitas senyawa[9]. Meskipun lambat, metode ini tetap menjadi pilihan dalam studi laboratorium skala kecil atau formulasi herbal tradisional. Proses ekstraksi dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang. Hasil rendaman disaring dan dibagi ke dalam dua perlakuan:

- a. Tanpa penambahan stabilisator (SN)
Bertindak sebagai pembanding dasar (kontrol negatif) untuk melihat kestabilan alami dari pigmen tanpa intervensi tambahan. Menggambarkan perilaku alami ekstrak saat terpapar kondisi lingkungan (cahaya, oksigen, suhu). Berguna untuk mengevaluasi apakah degradasi warna memang terjadi signifikan tanpa proteksi kimia.
- b. Dengan penambahan sodium benzoat 1 gram per 100 MI (SB)
Sodium benzoat dipilih karena memiliki sifat antimikroba dan antioksidan, yang dapat menghambat degradasi warna akibat mikroorganisme dan oksidasi. Konsentrasi 1 g/100 mL (1%) merupakan dosis yang umum digunakan dalam stabilisasi bahan pangan dan pewarna cair, tanpa mengganggu karakteristik visual atau kimiawi ekstrak. Menurut [10] konsentrasi 1% adalah standar praktis dalam sistem biologis untuk menjaga kestabilan dan efektivitas formulasi. Bertujuan untuk menguji efektivitas zat penstabil dalam memperpanjang ketahanan warna, mencegah perubahan pH, dan mencegah pertumbuhan mikroba dalam larutan pigmen.

Setelah itu dilakukan proses pewarnaan, pewarnaan adalah proses penerapan zat warna yang kemudian diikat secara permanen pada serat tekstil. Pewarnaan tekstil bertujuan untuk memberikan warna yang merata, tahan luntur, dan sesuai dengan keinginan aplikasi[11]. Teknik pewarnaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *dip dyeing* (pewarnaan rendam) adalah teknik konvensional yang dilakukan dengan cara merendam kain ke dalam larutan pewarna, efektif untuk eksperimen pewarnaan skala kecil atau penggunaan pewarna alami[12]. Teknik ini juga dapat memastikan distribusi warna yang merata pada seluruh permukaan tekstil. Kain katun berukuran 5×10 cm direndam dalam larutan pigmen selama 1 jam tanpa pengadukan pada suhu ruang. Rasio antara massa kain dan volume larutan pewarna adalah 1:20 (b/v), yaitu 1 gram kain untuk setiap 20 mL larutan. Rasio ini dipilih untuk memastikan seluruh permukaan kain terendam secara merata, sehingga kontak pigmen dengan substrat optimal. Setelah perendaman, kain ditiriskan tanpa diperas dan dikeringkan secara alami di tempat teduh selama 24 jam. Setiap perlakuan hanya menggunakan satu sampel kain, dan proses tidak melibatkan fiksasi tambahan, agar dapat mengevaluasi langsung performa larutan pewarna.

Selanjutnya akan dilakukan pengujian ketahanan warna yaitu pengukuran daya tahan warna pada kain terhadap berbagai kondisi eksternal, seperti pencucian, gesekan paparan Cahaya, keringat, air, pelarut, dan panas. Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar internasional yang ada untuk menilai kualitas dan keandalan hasil pewarnaan. Pengujian ini penting untuk mengetahui sejauh mana pigmen kulit alpukat dapat bertahan, serta apakah penambahan sodium benzoat berpengaruh terhadap kestabilan tersebut. Hal ini memungkinkan penilaian objektif terhadap efektivitas larutan pewarna alami yang dihasilkan. Uji *lightfastness* (paparan cahaya) dan *washfastness* (pencucian) dipilih karena keduanya mewakili dua tantangan utama yang dihadapi pewarna alami: degradasi akibat cahaya dan pelunturan saat pencucian[4]. Kedua uji ini cukup untuk mendeteksi pengaruh zat penstabil terhadap performa warna dalam kondisi yang paling umum menyebabkan degradasi.

Pengujian pertama adalah uji ketahanan cahaya (*lightfastness*) adalah evaluasi daya tahan warna tekstil terhadap pemudaran akibat paparan cahaya, yang penting untuk menilai stabilitas pigmen dalam aplikasi nyata[13]. Pengujian ketahanan warna terhadap cahaya dilakukan berdasarkan standar ISO 105-B02, dengan modifikasi pada durasi dan media pencahayaan. Uji dilakukan menggunakan *lightfastness chamber*, yang mensimulasikan paparan cahaya UV dan visible light secara konsisten dan terkontrol. Sampel kain hasil pewarnaan ditempatkan secara horizontal di dalam chamber selama 24 jam, durasi 24 jam pengujian dalam *lightfastness chamber* adalah waktu optimal dan representatif untuk mendeteksi degradasi warna awal pada kain berwarna alami[13]. Durasi ini juga memiliki kesetaraan praktis dengan beberapa hari paparan sinar matahari alami, menjadikannya pilihan tepat secara ilmiah dan teknis. Sampel diletakkan dalam posisi tetap dan tidak terhalang bayangan atau kontak langsung antar sampel.

Pengujian kedua adalah uji ketahanan pencucian yaitu metode untuk mengevaluasi seberapa stabil warna yang menempel pada kain setelah dicuci, baik dengan air saja maupun dengan tambahan deterjen, suhu, dan putaran mesin cuci[14]. Uji ini penting untuk mengetahui apakah hasil pewarnaan dapat bertahan dalam kondisi pemakaian sehari-hari. Pengujian ketahanan

pencucian dilakukan dengan mengacu pada ISO 105-C10, dengan modifikasi metode untuk skala laboratorium. Sampel kain direndam dalam larutan sabun bayi (0,5 g/100 mL) dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Pemilihan *magnetic stirrer* untuk memodifikasi pencucian dikarenakan alat ini mampu menciptakan agitasi larutan yang cukup untuk mensimulasikan pencucian, gerakan larutan yang dihasilkan oleh *magnetic stirrer* cukup homogen dan dapat menggantikan sistem mekanik, terutama untuk skala laboratorium[15]. Suhu diatur ke 40°C dan kecepatan ±300 rpm selama 30 menit. Setelah pencucian, sampel dibilas dengan air bersih dan dikeringkan secara alami sebelum dilakukan evaluasi perubahan warna.

Data hasil pengukuran warna dikumpulkan dalam bentuk nilai L^* , a^* , b^* , Optical Density (D), dan komposisi warna CMYK. Sistem $L^*a^*b^*$ adalah model warna tiga dimensi yang mendeskripsikan warna secara numerik dalam dimensi terang-gelap (L^*), arah merah-hijau (a^*), dan arah kuning-biru (b^*), baik sebelum maupun sesudah perlakuan. Analisis kuantitatif perubahan warna dilakukan menggunakan rumus ΔE^* , yaitu ukuran numerik dari total perbedaan warna, dihitung dari perubahan nilai L^* , a^* , dan b^* sebelum dan sesudah perlakuan[13]. Nilai ΔE dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\Delta E = \sqrt{((L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2)} \quad (1)$$

Keterangan:

- L_1, a_1, b_1 : nilai warna awal sebelum perlakuan
- L_2, a_2, b_2 : nilai warna akhir setelah perlakuan
- ΔE (Delta E): total perubahan warna, dihitung dari perbedaan nilai L^* , a^* , dan b^* sebelum dan sesudah perlakuan. Semakin besar nilai ΔE , semakin besar perbedaan warna yang terjadi pada sampel.

Nilai ΔE digunakan untuk menentukan tingkat degradasi warna secara objektif, semakin besar nilainya, maka semakin besar perbedaan warna yang terjadi. Sementara itu, nilai Optical Density (D) digunakan untuk membandingkan kedalaman warna antarperlakuan, sebagai indikator intensitas atau ketebalan pigmen. Optical density adalah ukuran logaritmik dari seberapa banyak cahaya diserap oleh suatu sampel, dan sangat berguna untuk menilai konsentrasi dan kekuatan warna dalam sistem pewarna tekstil[16].

Sebagai pelengkap analisis, dilakukan pula pengukuran nilai CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) untuk mendapatkan gambaran komposisi spektral warna secara visual. CMYK memberikan informasi tentang dominansi warna tertentu serta perubahan karakter warna akibat perlakuan, yang dapat mendukung interpretasi hasil berdasarkan ΔE dan Optical Density. Seluruh data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk keperluan analisis deskriptif dan komparatif antarperlakuan, tanpa uji statistik inferensial karena keterbatasan jumlah replikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil penelitian berdasarkan parameter warna kain hasil pewarnaan dengan pigmen alami dari kulit alpukat, baik sebelum maupun sesudah perlakuan uji ketahanan. Fokus utama pembahasan adalah pada perubahan nilai warna (L^* , a^* , b^*), total perbedaan warna (ΔE), serta kedalaman warna (*Optical Density*) yang diamati setelah sampel kain mengalami paparan cahaya (*lightfastness*) dan pencucian (*washfastness*). Analisis dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan stabilisator (sodium benzoat) serta efektivitas pelarut etanol dalam menjaga kestabilan pigmen terhadap kondisi lingkungan yang umum terjadi pada aplikasi tekstil.

Uji Ketahanan Cahaya (*Lightfastness*)

Bagian ini membahas perubahan warna kain setelah terpapar cahaya selama 24 jam, berdasarkan analisis nilai L^* , a^* , b^* , ΔE , serta nilai CMYK dan Optical Density (D). Perbandingan antara sampel dengan dan tanpa penambahan stabilisator dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas sodium benzoat dalam menjaga kestabilan warna terhadap degradasi akibat cahaya. Penambahan parameter CMYK memberikan informasi tambahan mengenai komposisi warna visual, yang

berguna untuk mendeteksi kecenderungan pelunturan pada masing-masing komponen warna (cyan, magenta, yellow, black). Berikut adalah tabel dari nilai $\Delta E L^*a^*b^*$:

Tabel 1. Hasil Pengujian *Lightfastness* Nilai L , a^* , b^* , dan ΔE

Sampel	L^* Awal	a^* Awal	b^* Awal	L^* Akhir	a^* Akhir	b^* Akhir	Delta E
SB	68.17	-1.94	23.78	67.78	-0.95	22.6	1.34
SN	64.47	-1.2	24.69	64.89	2.04	24.54	3.31

Hasil pengukuran pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa sampel SN (tanpa penambahan stabilisator) mengalami perubahan warna yang cukup signifikan, dengan nilai ΔE sebesar 3.31. Nilai ini secara umum bisa dilihat jelas oleh mata, menandakan bahwa warna kain mengalami pergeseran yang cukup nyata setelah terpapar cahaya selama 24 jam. Zhang (2022) menjelaskan bahwa nilai ΔE di atas 3 biasanya menandakan perubahan warna yang terlihat oleh mata dan mengindikasikan degradasi visual yang signifikan[13]. Sebaliknya, sampel SB (dengan penambahan sodium benzoat) hanya menunjukkan perubahan warna sebesar $\Delta E = 1.34$, yang masih berada dalam batas perubahan warna ringan atau tidak terlalu mencolok secara visual. Perbedaan ini menunjukkan bahwa penambahan sodium benzoat mampu memberikan efek protektif terhadap pigmen pewarna alami, menjaga kestabilan warna kain yang telah diwarnai dengan ekstrak kulit alpukat. Efektivitas ini kemungkinan besar berkaitan dengan sifat antioksidan sodium benzoat, karena agen pelindung seperti antioksidan dalam sistem emulsi mampu menjaga kestabilan warna terhadap paparan cahaya dan oksidasi[5]. Sehingga dapat menghambat reaksi oksidatif pada senyawa fenolik dan flavonoid penyusun pigmen saat terpapar sinar UV. Dengan demikian, sodium benzoat tidak hanya berperan sebagai pengawet, tetapi juga sebagai stabilisator warna yang potensial dalam formulasi pewarna tekstil alami.

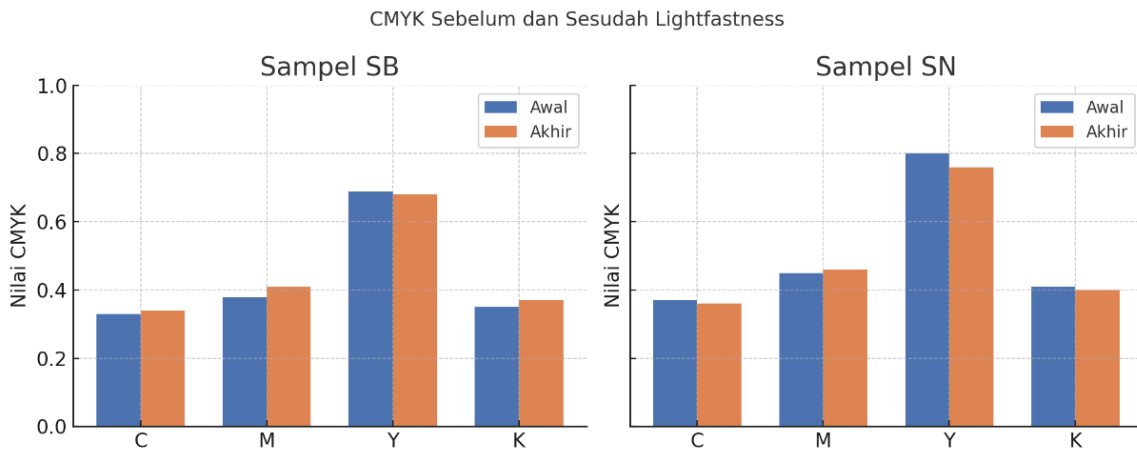
Selain menganalisis perubahan warna secara visual melalui nilai ΔE , evaluasi optical density (D) dilakukan untuk memperoleh gambaran kuantitatif mengenai intensitas atau kedalaman warna yang tersisa setelah paparan cahaya. Parameter ini penting untuk menilai sejauh mana pigmen masih bertahan pada permukaan kain, karena penurunan densitas warna dapat mengindikasikan degradasi atau pelepasan pigmen akibat perlakuan lingkungan[4]. Berikut adalah tabel dari nilai *Density*:

Tabel 2. Hasil Pengujian *Lightfastness* Nilai *Density*

Sampel	Density Awal	Density Akhir	ΔD
SB	3.18	0.9	-2.28
SN	3.17	1.02	-2.15

Pada **Tabel 2** nilai optical density (D) dari kedua sampel menunjukkan penurunan setelah dilakukan uji ketahanan cahaya selama 24 jam. Sampel SB (dengan penambahan sodium benzoat) mengalami penurunan densitas dari 3.18 menjadi 0.90, sedangkan SN (tanpa stabilisator) menurun dari 3.17 menjadi 1.02. Penurunan ini mencerminkan adanya degradasi pigmen akibat paparan sinar, yang umum terjadi pada senyawa fenolik atau flavonoid yang bersifat fotosensitif. Menariknya, meskipun SB mengalami penurunan densitas yang lebih besar ($\Delta D = -2.28$) dibanding SN ($\Delta D = -2.15$), nilai ΔE -nya justru lebih kecil, menunjukkan bahwa perubahan warna secara visual lebih terkendali. Meskipun optical density SB menurun lebih besar dari SN, perubahan warna tetap lebih stabil secara visual. Ini dikarenakan kombinasi pelarut etanol dan stabilisator dalam ekstrak alami mampu mempertahankan warna meskipun terjadi degradasi kuantitatif, karena struktur senyawa aktif tetap terlindungi dari reaksi oksidatif[4]. Hal ini mengindikasikan bahwa sodium benzoat mampu menstabilkan tampilan warna (hue) meskipun sebagian pigmen mengalami degradasi atau perubahan intensitas. Dengan demikian, sodium benzoat dapat dikatakan membantu mempertahankan kualitas warna pada aspek spektral, meskipun tidak sepenuhnya mencegah penurunan kuantitatif pigmen. Namun, pengukuran densitas perlu dikombinasikan dengan analisis warna visual untuk memahami performa pewarna alami secara

menyeluruh. Maka dari itu akan di lakukan analisis melalui hasil uji nilai CMYK. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian CMYK:



Gambar 1. Grafik nilai CMYK sebelum dan sesudah *Lightfastness*

Pada grafik yang tertera pada **Gambar 1**, sampel SB (dengan sodium benzoat) menunjukkan perubahan yang sangat kecil dan stabil pada semua komponen warna CMYK, yaitu C dari 0,33 menjadi 0,34 (+0,01), M dari 0,38 menjadi 0,41 (+0,03), Y dari 0,69 menjadi 0,68 (-0,01), dan K dari 0,35 menjadi 0,37 (+0,02). Perubahan yang sangat minimal ini menunjukkan bahwa warna tetap stabil meskipun terkena paparan cahaya selama 24 jam. Nilai komponen kuning (Y) yang tetap tinggi dan tidak mengalami penurunan signifikan memperkuat bahwa pigmen tidak mengalami degradasi berarti. Sebaliknya, sampel SN (tanpa sodium benzoat) mengalami perubahan warna yang lebih nyata, terutama pada komponen kuning, yaitu C dari 0,37 menjadi 0,36 (-0,01), M dari 0,45 menjadi 0,46 (+0,01), Y dari 0,80 menjadi 0,76 (-0,04), dan K dari 0,41 menjadi 0,40 (-0,01). Penurunan nilai Y sebesar 0,04 menunjukkan degradasi pigmen kuning yang cukup signifikan, sesuai dengan karakteristik pigmen fenolik nabati yang rentan teroksidasi ketika terpapar cahaya. Hal ini mengindikasikan bahwa warna pada sampel tanpa stabilisator lebih mudah berubah. Dengan demikian, sodium benzoat terbukti membantu mempertahankan stabilitas warna, khususnya pada komponen kuning (Y) dan hitam (K), yang umumnya paling rentan terhadap degradasi. Data CMYK ini sejalan dengan hasil analisis ΔE dan Optical Density yang menunjukkan bahwa SB lebih stabil secara kromatik dibandingkan SN.

Uji Ketahanan Pencucian (*Washfastness*)

Bagian ini membahas perubahan warna dan intensitas pewarnaan pada kain setelah melalui proses pencucian simulatif, berdasarkan nilai ΔE , *Optical Density* (*D*), dan CMYK. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pigmen dari ekstrak kulit alpukat mampu bertahan pada substrat tekstil setelah mengalami perlakuan fisik berupa agitasi, sabun, dan suhu. Selain itu, perbandingan antara sampel dengan dan tanpa penambahan sodium benzoat dilakukan untuk menilai pengaruh stabilisator terhadap ketahanan warna. Penambahan data CMYK memperkuat evaluasi terhadap perubahan karakter warna visual, seperti kehilangan pigmen kuning atau pergeseran dominasi warna. Berikut adalah tabel dari nilai ΔE $L^*a^*b^*$:

Tabel 3. Hasil Pengujian *Washfastness* Nilai *L*, *a*, *b**, dan ΔE

Sampel	<i>L</i> * Awal	<i>a</i> * Awal	<i>b</i> * Awal	<i>L</i> * Akhir	<i>a</i> * Akhir	<i>b</i> * Akhir	Delta E
SB	67.9	-1.89	24.49	68.2	-1.25	23.25	1.43
SN	63.6	2.38	27.76	66.87	-0.01	19.33	9.34

Pada **Tabel 3**, sampel SN yang tidak diberi tambahan sodium benzoat menunjukkan perubahan warna yang sangat besar, dengan nilai ΔE mencapai 9.34. Berdasarkan standar interpretasi nilai ΔE , angka ini termasuk dalam kategori perubahan warna yang sangat jelas dan nyata terlihat secara visual. Perubahan ini menunjukkan bahwa pigmen dari ekstrak kulit alpukat mengalami degradasi signifikan atau terlepas dari permukaan kain selama proses pencucian. Hal ini bisa disebabkan oleh lemahnya ikatan pigmen terhadap serat tekstil, atau tidak adanya perlindungan kimiawi yang dapat menjaga kestabilan struktur senyawa pewarna saat terpapar air, sabun, dan gerakan mekanis.

Sebaliknya, SB, yang mengandung penambahan sodium benzoat sebagai stabilisator, hanya menunjukkan perubahan ΔE sebesar 1.43. Nilai ini termasuk dalam kategori perubahan warna ringan hingga nyaris tak terlihat oleh mata, menunjukkan bahwa pigmen tetap stabil dan tidak mengalami pergeseran warna yang berarti setelah pencucian. Perbedaan yang signifikan antara kedua sampel ini mendukung hipotesis bahwa sodium benzoat memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan warna pigmen alami, baik melalui mekanisme antioksidan yang melindungi struktur pigmen maupun melalui peningkatan ikatan pigmen dengan serat kain. Dengan demikian, sodium benzoat tidak hanya memperpanjang umur simpan larutan pewarna, tetapi juga secara langsung meningkatkan performa pewarnaan alami pada aplikasi tekstil.

Sebagai pelengkap analisis ΔE , pengukuran Optical Density (D) dilakukan untuk menilai intensitas warna yang tertinggal pada kain setelah perlakuan. Parameter ini membantu menggambarkan seberapa besar pigmen tetap terserap atau mengalami degradasi akibat pencucian maupun paparan cahaya. Berikut adalah tabel dari nilai *Density*:

Tabel 4. Hasil Pengujian *Washfastness* Nilai *Density*

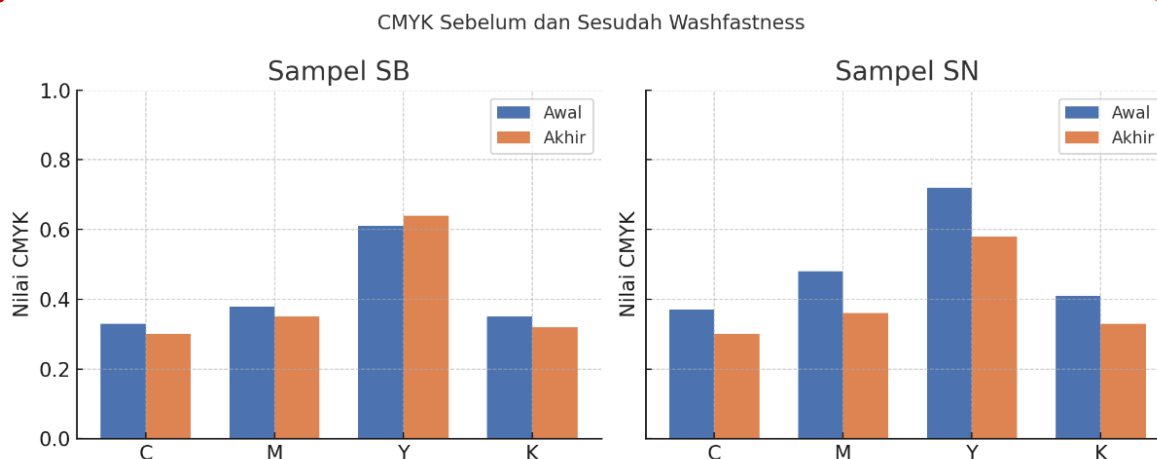
Sampel	Density Awal	Density Akhir	ΔD
SB	0.84	3.2	+2.36
SN	1	3.2	+2.20

Pada hasil pengujian ketahanan pencucian yang tertera pada **Tabel 4**, kedua sampel menunjukkan peningkatan nilai optical density setelah perlakuan, yaitu dari 0.84 menjadi 3.20 untuk SB, dan dari 1.00 menjadi 3.20 untuk SN. Peningkatan nilai densitas ini cukup besar dan menarik, karena secara umum pencucian biasanya menyebabkan penurunan densitas akibat pelunturan pigmen.

Namun, dalam konteks ini, kenaikan D dapat diinterpretasikan sebagai redistribusi atau pelepasan pigmen yang belum sepenuhnya terserap selama proses awal pewarnaan, yang kemudian menyebar lebih merata di permukaan kain saat proses pencucian berlangsung. Ini dapat membuat warna tampak lebih pekat secara optik, meskipun warna dasarnya mungkin mengalami sedikit pergeseran, sebagaimana tercermin dari nilai ΔE sebelumnya.

Perbedaan ΔD antara kedua sampel juga menunjukkan bahwa sodium benzoat tidak hanya membantu mempertahankan kestabilan warna, tetapi mungkin juga memfasilitasi adsorpsi pigmen lebih merata atau reaktif selama proses pencucian. Hal ini dapat dikaitkan dengan sifat sodium benzoat dalam menjaga kestabilan struktur senyawa aktif, yang mencegah degradasi pigmen dan memungkinkan pewarna tetap aktif menempel pada substrat kain.

Selain ΔE dan Optical Density, evaluasi nilai CMYK juga dilakukan untuk memperoleh gambaran visual terhadap perubahan komponen warna (cyan, magenta, yellow, black) pada masing-masing sampel. Analisis ini bertujuan untuk mendeteksi kecenderungan pelunturan warna spesifik serta melihat stabilitas spektral pigmen setelah perlakuan. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian CMYK:



Gambar 2. Grafik nilai CMYK sebelum dan sesudah Washfastness

Pada grafik yang terlihat di **Gambar 2**, sampel SB (dengan sodium benzoat) menunjukkan penurunan ringan pada nilai komponen warna C, M, dan K, yaitu C dari 0,33 menjadi 0,30 (-0,03), M dari 0,38 menjadi 0,35 (-0,03), dan K dari 0,35 menjadi 0,32 (-0,03). Menariknya, nilai Y (kuning) justru mengalami peningkatan dari 0,61 menjadi 0,64 (+0,03). Hal ini menunjukkan bahwa sodium benzoat tidak hanya membantu mempertahankan kestabilan pigmen kuning, tetapi bahkan dapat meningkatkan visibilitas warnanya setelah proses pencucian. Penurunan kecil pada komponen warna lainnya menunjukkan bahwa kehilangan pigmen terjadi dalam jumlah minimal, yang mendukung kestabilan warna secara keseluruhan. Sebaliknya, sampel SN (tanpa sodium benzoat) mengalami penurunan yang jauh lebih besar di semua komponen, yaitu C dari 0,37 menjadi 0,30 (-0,07), M dari 0,48 menjadi 0,36 (-0,12), Y dari 0,72 menjadi 0,58 (-0,14), dan K dari 0,41 menjadi 0,33 (-0,08). Penurunan signifikan ini menunjukkan bahwa pewarna pada SN tidak stabil dan lebih mudah luntur saat pencucian, terutama pada komponen kuning dan magenta, yang dikenal paling rentan terhadap pelunturan. Temuan ini sejalan dengan nilai ΔE yang tinggi sebelumnya, yang menunjukkan bahwa ketahanan warna pada sampel tanpa stabilisator sangat rendah.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kulit alpukat (*Persea americana*) memiliki potensi sebagai bahan dasar pewarna alami yang efektif untuk kain katun. Penambahan sodium benzoat sebagai stabilisator terbukti meningkatkan kestabilan warna secara signifikan, ditunjukkan oleh nilai ΔE yang lebih rendah, serta komposisi CMYK dan Optical Density yang lebih stabil dibandingkan tanpa penambahan stabilisator. Pengujian juga menunjukkan bahwa degradasi warna akibat pencucian lebih besar dibandingkan paparan cahaya, terutama pada sampel tanpa sodium benzoat. Hal ini menunjukkan bahwa pigmen fenolik dari kulit alpukat rentan terhadap pelunturan mekanis dan larutan deterjen. Sodium benzoat berperan penting sebagai agen pelindung yang mampu memperpanjang ketahanan warna pigmen alami pada tekstil.

SARAN

Penelitian ini masih terbatas pada jumlah sampel dan tidak menggunakan fiksator tambahan, sehingga disarankan dilakukan studi lanjutan dengan variasi jenis kain, konsentrasi sodium benzoat, serta pengujian statistik untuk memperkuat validitas hasil. Selain itu, eksplorasi penggunaan stabilisator alami lain atau kombinasi zat pelindung dapat memperluas potensi pemanfaatan pewarna alami dari limbah pertanian dalam industri tekstil ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Devi, D. Panghaal, P. Kumar, P. Malik, E. Ravi, dan S. Mittal, "Eco-Friendly Innovations in Textile Dyeing: A Comprehensive Review of Natural Dyes," *Adv. Res.*, vol. 26, no. 1, hlm. 204–212, Jan 2025, doi: [10.9734/air/2025/v26i11247](https://doi.org/10.9734/air/2025/v26i11247).
- [2] M. O. Basse, I. E. Aniekeno, dan V. E. Ntukidem, "Optimization of Antioxidant Extraction from Avocado Peel and its Antibacterial Properties and Potentials in Food Products," *Afr. J. Agric. Sci. Food Res.*, vol. 17, no. 1, hlm. 138–173, Des 2024, doi: [10.62154/ajasfr.2024.017.010426](https://doi.org/10.62154/ajasfr.2024.017.010426).
- [3] T. S. Oyewole dkk., "Photocatalytic Degradation Studies of Indigo Carmine Dye by Green-Synthesized Silver Nanoparticles from Theobroma cacao Extracts," 13 Januari 2025. doi: [10.20944/preprints202501.0989.v1](https://doi.org/10.20944/preprints202501.0989.v1).
- [4] N. Amin, F. Rehman, S. Adeel, M. Ibrahim, dan R. Mia, "Eco-Friendly Extraction and Utilization of Agro Crop Wastes Based Natural Dye for Textile Dyeing," *Energy Sci. Eng.*, vol. 13, no. 3, hlm. 1280–1291, Mar 2025, doi: [10.1002/ese3.2067](https://doi.org/10.1002/ese3.2067).
- [5] A. Han, Y. Baek, dan H. G. Lee, "Impact of Encapsulation Position in Pickering Emulsions on Color Stability and Intensity Turmeric Oleoresin," *Foods*, vol. 14, no. 3, hlm. 385, Jan 2025, doi: [10.3390/foods14030385](https://doi.org/10.3390/foods14030385).
- [6] R. Junior dkk., "Effect of Ethanol Percentage on Phytochemical Constituent, Antioxidant Activity, and Dermatological Potential of Cayratia trifolia (L.) Domin," *Indones. J. Pharm.*, hlm. 106–115, Mar 2025, doi: [10.22146/ijp.11765](https://doi.org/10.22146/ijp.11765).
- [7] A. Alibade dkk., "Stability of microemulsions containing red grape pomace extract obtained with a glycerol/sodium benzoate deep eutectic solvent," *OCL*, vol. 29, hlm. 28, 2022, doi: [10.1051/ocl/2022023](https://doi.org/10.1051/ocl/2022023).
- [8] T. S. Dubey, S. S. Shaikh, V. Sawale, R. Kakade, dan H. Vishe, "Advanced herbal technology for the development of herbal drug molecule-A review," *IP Int. J. Compr. Adv. Pharmacol.*, vol. 9, no. 1, hlm. 7–16, Mar 2024, doi: [10.18231/j.ijcaap.2024.002](https://doi.org/10.18231/j.ijcaap.2024.002).
- [9] M. Błaszak, S. Lachowicz-Wisniewska, I. Kapusta, M. Szewczuk, dan I. Ochmian, "Enhanced Extraction of Polyphenols, Physicochemical Properties, and Microbial Control in Vitis vinifera L. Juice Using Ultrasound-Assisted Maceration," *Molecules*, vol. 30, no. 3, hlm. 587, Jan 2025, doi: [10.3390/molecules30030587](https://doi.org/10.3390/molecules30030587).
- [10] G. H. E. Sayed, M. Fadel, R. Fouad, H. M. Ahmed, dan A. A. Hamed, "Improving natural red pigment production by Streptomyces phaeolivaceus strain GH27 for functionalization of textiles with in silico ADME prediction," *BMC Microbiol.*, vol. 25, no. 1, hlm. 19, Jan 2025, doi: [10.1186/s12866-024-03697-4](https://doi.org/10.1186/s12866-024-03697-4).
- [11] Md. T. Islam dkk., "Synthetic Dyes for Textile Colouration: Process, Factors and Environmental Impact," *Text. Leather Rev.*, vol. 5, hlm. 327–373, Agu 2022, doi: [10.31881/TLR.2022.27](https://doi.org/10.31881/TLR.2022.27).
- [12] K. Zh. Dyussenbiyeva, "Preparation of textile materials for dyeing and printing," *J. Almaty Technol. Univ.*, vol. 146, no. 4, hlm. 171–176, Des 2024, doi: [10.48184/2304-568X-2024-4-171-176](https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-4-171-176).
- [13] H. Zhang, Y. Huang, dan W. Zhou, "Prediction of the Exposure Endpoint of Textile Color Fastness to Light," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2390, no. 1, hlm. 012047, Des 2022, doi: [10.1088/1742-6596/2390/1/012047](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2390/1/012047).
- [14] Farea Noor dan Mehreen Ijaz, "Extraction of Natural Dye using Peels of Citrus Fruits for Enhancing Color Fastness of Fabrics," *Proc. Pak. Acad. Sci. Phys. Comput. Sci.*, vol. 61, no. 3, Sep 2024, doi: [10.53560/PPASA\(61-3\)841](https://doi.org/10.53560/PPASA(61-3)841).
- [15] D. Nurhidayati, Warmiati, dan Wijayanti, "LABORATORY SCALE OF RAYON FIBER MANUFACTURING: MANUAL STIRRING AND STIRRING USING A MAGNETIC STIRRER," *Berk. Penelit. Teknol. Kulit Sepatu Dan Prod. Kulit*, vol. 23, no. 1, hlm. 7–12, Des 2024, doi: [10.58533/kjmm1s79](https://doi.org/10.58533/kjmm1s79).
- [16] R. R. Puccinelli, J. P. Cabrera, E. Huynh, P. M. Lebel, dan R. Gómez-Sjöberg, "Portable low-cost optical density meter," 17 Mei 2021. doi: [10.1101/2021.05.14.444207](https://doi.org/10.1101/2021.05.14.444207).