



Extraction of Natural Dyes from Babadotan Leaves (*Ageratum conyzoides* L.) using Ultrasound-Assisted Extraction Method and Its Utilization in Fabric Dying

Amalia Rahmawati[✉] dan Harjono

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima : 20-07-2023
Disetujui : 18-08-2023
Dipublikasikan : 31-08-2023

Keywords:

Daun babadota, ekstraksi berbantuan ultrasonik, zat warna alami, pewarna tekstil

Abstrak

Pewarna alami digunakan sebagai alternatif pengganti pewarna sintesis yang memiliki dampak kurang baik bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Tanaman yang dapat diaplikasikan sebagai pewarna alami yaitu gulma babadotan. Pada penelitian ini, ekstraksi zat warna alami dari daun babadotan dilakukan dengan metode *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE). Identifikasi senyawa yang terkandung dalam zat warna menggunakan instrumen UV-Vis, FTIR, uji fitokimia, serta secara kualitatif. Uji rendemen pada ekstrak hasil ekstraksi menunjukkan ekstrak etanol 70% menghasilkan nilai paling tinggi jika dibandingkan ekstrak etil asetat dan ekstrak aquades. Hasil uji fitokimia menunjukkan ketiga sampel ekstrak positif mengandung tanin, sedangkan pada uji fitokimia flavonoid menunjukkan ekstrak aquades positif mengandung flavonoid. Hasil uji instrumen FTIR diketahui bahwa dalam ketiga sampel ekstrak menghasilkan gugus fungsi yang terkandung dalam senyawa tanin. Hasil uji instrumen spektrofotometer UV-Vis menunjukkan kemungkinan adanya kromofor C=O. Uji kadar total tanin menunjukkan ekstrak kental etanol 70% menunjukkan nilai paling tinggi, sedangkan uji kadar total flavonoid menunjukkan ekstrak kental aquades menunjukkan nilai paling tinggi. Kain hasil pewarnaan yang diberi perlakuan mordan FeSO₄ menunjukkan hasil warna yang lebih pekat jika dibandingkan kain dengan perlakuan mordan lainnya. Uji stabilitas kain hasil pewarnaan terhadap pencucian dengan deterjen dan penjemuran di bawah sinar matahari langsung selama 6 jam menunjukkan ketahanan warna yang baik.

Abstract

Natural dyes are used as an alternative to synthetic dyes which have a negative impact on human health and the environment. Plants that can be applied as natural dyes are babadotan weed. In this study, the extraction of natural dyes from babadotan leaves was carried out using the Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) method. Identification of compounds contained in dyes using UV-Vis instruments, FTIR, phytochemical tests, and qualitatively. The yield test on the extracted extract showed that the 70% ethanol extract produced the highest value when compared to the ethyl acetate extract and the distilled water extract. The results of the phytochemical test showed that the three extract samples positively contained tannins, while the flavonoid phytochemical test showed that the aquadest extract positively contained flavonoids. The results of the FTIR instrument test show that the three extract samples produce functional groups contained in tannin compounds. The test results of the UV-Vis spectrophotometer instrument indicated the possibility of a C=O chromophore. The total tannin content test showed that the 70% ethanol viscous extract showed the highest value, while the total flavonoid content test showed that the aquadest viscous extract showed the highest value. Dyeing fabrics treated with FeSO₄ mordant showed more intense color results when compared to fabrics treated with other mordant. Stability test of dyed fabrics against washing with detergent and drying in direct sunlight for 6 hours showed good color fastness.

Keywords:

Babadotan leaves, ultrasound-assisted extraction, natural dyes, fabric dying

Pendahuluan

Indonesia menjadi salah satu negara penghasil tekstil terbesar di dunia. Daya tarik konsumen terhadap suatu produk tekstil tidak terlepas dari pewarnaan pada produk tersebut. Umumnya pewarna yang digunakan untuk proses pewarnaan tekstil yaitu pewarna sintesis, hal ini dikarenakan penggunaan pewarna sintesis pada proses pewarnaan tekstil memiliki banyak keuntungan. Namun demikian, pewarna sintesis juga memiliki banyak kelemahan diantaranya dapat menimbulkan reaksi alergi pada kulit manusia bahkan dapat menghasilkan limbah beracun di lingkungan. Seiring adanya kesadaran ekologi, timbul kembali minat penggunaan pewarna alami sebagai pengganti pewarna sintesis yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan (Cantika & Hendrawan, 2021). Proses pewarnaan tekstil menggunakan pewarna alami dengan metode sederhana dinilai kurang efektif. Oleh karena itu, saat proses pengambilan zat warna alami diperlukan teknologi inovatif seperti ekstraksi dengan bantuan gelombang ultrasonik atau UAE. Metode UAE dianggap sebagai metode ekstraksi yang efisien, hemat energi, menghasilkan rendemen yang tinggi, serta membutuhkan waktu ekstraksi yang lebih singkat jika dibandingkan dengan metode ekstraksi secara konvensional seperti maserasi (Kiakhani *et al.*, 2021).

Aplikasi pewarna alami dalam proses pewarnaan tekstil, selain memberikan warna yang khas dan indah, pewarna alami juga dapat memberikan perlindungan terhadap sinar UV, antibakteri, dan memberikan sifat anti serangga pada serat dan kain. Namun demikian, daya tahan dan kekuatan warna yang kurang baik dari pewarna alami jika dibandingkan dengan pewarna sintesis memerlukan beberapa kebaruan dalam aplikasinya. Kurangnya ketahanan warna yang dimiliki oleh pewarna alami dapat diperbaiki dengan menggunakan bantuan mordan yang tepat dalam proses pewarnaan (Yusuf *et al.*, 2017). Beberapa contoh tanaman yang telah diaplikasikan sebagai pewarna alami diantaranya daun karsen, daun mangga, daun sirsak, dan gulma babadotan. Bagian daun dan akar dari gulma babadotan memiliki kandungan fitokimia yang sangat berpotensi seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan terpenoid. Kandungan fitokimia dari ekstrak gulma babadotan yang terkandung dalam daun babadotan lebih besar jika dibandingkan dengan akar babadotan (Agbafor *et al.*, 2015). Ekstrak gulma babadotan dapat diaplikasikan sebagai zat warna alami pada kain katun *primitissima* dengan hasil pengujian ketahanan luntur warna terhadap gosokan secara basah dan kering yang menghasilkan nilai dengan kategori baik, sedangkan nilai ketahanan luntur warna terhadap pencucian menghasilkan nilai dengan kategori cukup (Rohmawati & Kusumastuti, 2019).

Berdasarkan uraian latar belakang, maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi jenis pelarut ekstraksi terhadap karakteristik ekstrak kental daun babadotan untuk diaplikasikan sebagai pewarna tekstil, selain itu untuk mengetahui pengaruh variasi jenis mordan terhadap kualitas pewarnaan pada kain sutra yang diwarnai dengan pewarna alami hasil ekstraksi daun babadotan serta untuk mengetahui stabilitas warna pada kain sutra yang telah diwarnai dengan hasil ekstraksi daun babadotan.

Metode

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan gelas, pipet tetes, pipet volume, labu ukur (10, 50, 100) mL, ball pipet, *magnetic stirrer*, *ultrasonic cleaner* model VGT-1730QTD; frekuensi 40 kHz; *ultrasonic power* 100 watt; *heating power* 100 watt, *rotary evaporator*, oven, cawan porselen, termometer, ayakan, spektrofotometri UV-Vis FLUOstar Omega, FTIR Bruker OPUS_8.2.28, aplikasi *color analyzer* Color Grab Loomatix 3.9.2.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain daun babadotan, $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$ (teknis), FeSO_4 (teknis), CaO (teknis), CaCl_2 (Merck), etil asetat (teknis) etanol 70% (teknis), metanol p.a (Smart Lab), natrium asetat (Merck), aquades, kain silk putih polos "maxmara", HCl (Merck), aluminium foil (Merck), FeCl_3 (Merck), kepingan magnesium (Merck), asam galat (Sigma), kuersetin (Sigma), Na_2CO_3 (Merck), reagen *Folin ciocalteu* (Merck), deterjen bubuk "Rinso", AlCl_3 (Merck), MgCl_2 (Merck), kain flanel.

Ekstraksi Daun Babadotan

Penelitian ini diawali dengan preparasi sampel daun babadotan, preparasi dilakukan untuk memperoleh simplisia daun babadotan. Dalam 3 erlenmeyer yang berbeda, masing-masing dimasukkan 200 gram simplisia daun babadotan dan 1000 mL pelarut (erlenmeyer 1 = pelarut etanol 70%, erlenmeyer 2 = pelarut etil asetat dan erlenmeyer 3 = pelarut aquades) langkah selanjutnya larutan diekstrak dengan metode UAE. Proses ekstraksi dilakukan dalam *ultrasonic cleaner* dengan frekuensi 40 kHz selama 3×15 menit. Setelah proses ekstraksi selesai kemudian filtrat disaring menggunakan kain flanel. Filtrat kemudian dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak tanpa pelarut (Qadariyah *et al.*, 2018).

Uji % Rendemen

Setelah filtrat diuapkan pelarutnya menggunakan rotary evaporator dan didapatkan ekstrak tanpa pelarut, kemudian dihitung % rendemen menggunakan Persamaan 1 (Chintya & Utami, 2017).

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{berat ekstrak yang diperoleh}}{\text{berat simplisia mula-mula}} \times 100\% \quad (1)$$

Uji Fitokimia

Uji flavonoid dilakukan dengan cara masing-masing ekstrak kental ditimbang sebanyak 0,1 gram dan dilarutkan ke dalam 100 mL aquades. Larutan ditambah kepingan magnesium dan ditambah beberapa tetes HCl pekat. Adanya perubahan warna ekstrak menjadi berwarna merah menunjukkan bahwa ekstrak mengandung flavonoid (Alharits *et al.*, 2019). Uji fitokimia tanin dilakukan dengan cara menimbang ekstrak sebanyak 0,1 gram yang dilarutkan dalam 100 mL aquades. Kemudian larutan ditambah 3 tetes larutan FeCl₃ 1% dan diamati perubahan warna yang terjadi. Adanya tanin ditunjukkan dengan terbentuknya warna hijau pekat pada ekstrak (Chintya & Utami, 2017).

Uji FTIR

Sampel ekstrak kental daun babadotan hasil ekstraksi dengan variasi pelarut dianalisis gugus fungsinya menggunakan instrumen FTIR dengan rentang bilangan gelombang antara 4000 cm⁻¹-500 cm⁻¹.

Uji Spektrofotometri UV

Sampel ekstrak kental daun babadotan hasil ekstraksi dengan variasi pelarut dianalisis gugus kromofornya menggunakan instrumen spektrofotometri ultraviolet pada panjang gelombang antara 200-400 nm.

Uji Total Tanin

Uji total tanin dalam ekstrak dilakukan dengan cara pertama-tama membuat larutan standar asam galat 1000 ppm. Kemudian larutan stok diencerkan hingga konsentrasinya 10 ppm. Dari larutan standar asam galat 10 ppm dibuat larutan standar konsentrasi 1 ppm. Setelah itu dibuat variasi konsentrasi larutan standar dengan konsentrasi (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6) ppm. Ditambah 0,5 mL reagen *Folin ciocalteudan* ditambahkan 1 mL Na₂CO₃ 7,5%, lalu ditambah aquades hingga tanda batas. Larutan blanko disiapkan. Larutan standar dan blanko diinkubasi selama 60 menit. Sampel ekstrak mula-mula dilarutkan dengan aquades hingga konsentrasi 1000 ppm. Dari larutan stok 1000 ppm diencerkan hingga konsentrasi larutan stok menjadi 10 ppm. Larutan ekstrak konsentrasi 10 ppm dipipet sebanyak 1 mL kemudian ditambah 0,5 mL reagen *Folin ciocalteu*, ditambah 1 mL Na₂CO₃ 7,5% dan ditambah aquades hingga tanda batas. Setelah sampel dianalisis dengan panjang gelombang 765 nm, kemudian nilai absorbansi sampel yang didapat digunakan untuk menentukan konsentrasi tanin yang terkandung dalam sampel. Kadar total tanin dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 (Mulyani *et al.*, 2022).

$$\text{Kadar total tanin} \left(\text{mg} \frac{\text{GAE}}{\text{g}} \right) = \frac{C \times V \times Fp}{m} \quad (2)$$

Keterangan:

GAE = Ekuivalen asam galat

Fp = Faktor pengenceran

C = Kesetaraan asam galat (mg/L)

M = Massa sampel

V = Volume total ekstrak (mL)

Uji Total Flavonoid

Uji total flavonoid dalam ekstrak dilakukan dengan cara pertama-tama membuat larutan standar kuersetin 100 ppm. Dari larutan standar 100 ppm dibuat larutan standar dengan variasi konsentrasi (10, 20, 30, 40, 50, 60) ppm. Dari masing-masing konsentrasi larutan standar kuersetin diambil 1 mL kemudian ditambahkan 3 mL etanol 96%, 0,2 mL AlCl₃ 5%, 0,2 mL natrium asetat 1 M, dan ditambah aquades hingga tanda batas. Larutan standar dan blanko diinkubasi selama 60 menit. Selanjutnya larutan standar dan blanko diukur absorbansinya dengan panjang gelombang maksimum. Penentuan kadar flavonoid dalam sampel dibuat dengan melarutkan sampel dalam metanol absolut hingga diperoleh konsentrasi 100 ppm. Dari larutan stok ekstrak 100 ppm dipipet sebanyak 1 mL lalu ditambah 3 mL metanol absolut, 0,2 mL AlCl₃ 5%, 0,2 mL natrium asetat 1 M, dan ditambah aquades hingga tanda batas. Setelah itu larutan sampel dianalisis

dengan panjang gelombang 430 nm, kemudian nilai absorbansi sampel yang didapat digunakan untuk menentukan konsentrasi flavonoid yang terkandung dalam sampel. Kadar total flavonoid dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 (Sulastri *et al.*, 2018).

$$\text{Kadar total flavonoid} \left(\text{mg} \frac{\text{QE}}{\text{g}} \right) = \frac{C \times V \times Fp}{m} \quad (3)$$

Keterangan:

QE = Ekuivalen kuersetin

Fp = Faktor pengenceran

C = Kesetaraan asam galat (mg/L)

M = Massa sampel (gram)

V = Volume total ekstrak (mL)

Pewarnaan, Mordanting dan Uji Stabilitas Kain

Kain sutra mula-mula dipotong sebesar 5×10 cm, kemudian kain diwarnai dengan pewarna alami hasil ekstraksi daun babadotan konsentrasi 5%. Kain dicelupkan larutan pewarnasebanyak 500 mL dengan suhu 80-90°C selama 5 menit. Langkah berikutnya kain yang telah diwarnai dikeringkan hingga kering pada suhu ruang.

Proses mordanting kain dilakukan setelah kain selesai diwarnai dengan hasil ekstraksi. Mordan yang digunakan yaitu (AlK(SO₄)₂, FeSO₄, CaO). Kain hasil pewarnaan dicelupkan dalam larutan mordan dengan konsentrasi 2% selama 60 menit. Kemudian kain dicuci hingga bersih dan dikeringkan pada suhu kamar. Uji kualitas pewarnaan kain sutra dengan ekstrak hasil ekstraksi diukur menggunakan koordinat L*a*b* CIE melalui analisis dengan *color analyzer*.

Uji stabilitas kain yang telah diwarnai terhadap pencucian dengan deterjen diukur berdasarkan perbedaan warna sebelum dan sesudah pencucian menggunakan deterjen sesuai standar ASTM D 5548-95 dan penjemuran di bawah sinar matahari langsung selama 6 jam, dengan cara melakukan analisis warna kain berdasarkan koordinat L*a*b* CIE menggunakan *Color analyzer* (Nurfritia & Widihastuti, 2020). Kemudian menghitung nilai ΔE menggunakan Persamaan 4.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (4)$$

Hasil dan Pembahasan

Uji % Rendemen

Hasil rendemen senyawa yang dihasilkan dari hasil ekstraksi dapat dipengaruhi oleh jenis pelarut yang digunakan dan lama waktu ekstraksi (Dzah *et al.*, 2020). Nilai % rendemen yang dihasilkan dari ekstrak daun babadotan dengan pelarut etanol 70% dan aquades yang bersifat polar menghasilkan nilai % rendemen yang lebih besar jika dibandingkan ekstrak daun babadotan dengan pelarut etil asetat yang memiliki sifat semi-polar. Nilai % rendemen hasil ekstraksi ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Rendemen hasil ekstraksi dengan variasi pelarut

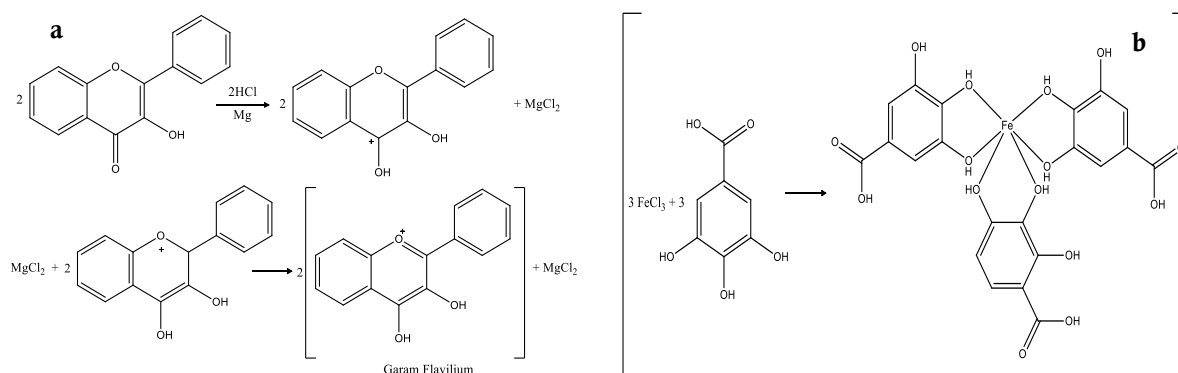
Pelarut	t ekstraksi (menit)	Massa simplisia (g)	Massa ekstrak (g)	Rendemen (%)
Aquades	3×15	200,005	53,858	26,93
Etil Asetat	3×15	200,007	43,459	21,73
Etanol 70%	3×15	200,030	54,728	27,36

Uji Fitokimia

Pada uji fitokimia flavonoid penambahan beberapa keping logam Mg dan HCl pekat pada sampel yang akan diuji bertujuan untuk mereduksi inti benzopiron yang terdapat dalam struktur flavonoid menjadi garam flavilium berwarna merah atau jingga (Ergina *et al.*, 2014). Reaksi antara senyawa flavonoid yang direaksikan dengan kepingan logam Mg dan HCl ditampilkan pada **Gambar 1a**. Adanya gugus fenol ditunjukkan dengan warna hitam atau hijau tua pada ekstrak setelah penambahan FeCl₃ 1% (Sulastri *et al.*, 2018). Setelah penambahan FeCl₃ 1% ekstrak akan berubah menjadi hijau pekat karena kemampuan tanin untuk membentuk senyawa kompleks dengan ion Fe³⁺. Reaksi antara senyawa tanin dengan FeCl₃ 1% ditampilkan pada **Gambar 1b**. Hasil uji fitokimia ekstrak daun babadotan hasil ekstraksi dengan menggunakan metode UAE ditampilkan pada **Tabel 2**.

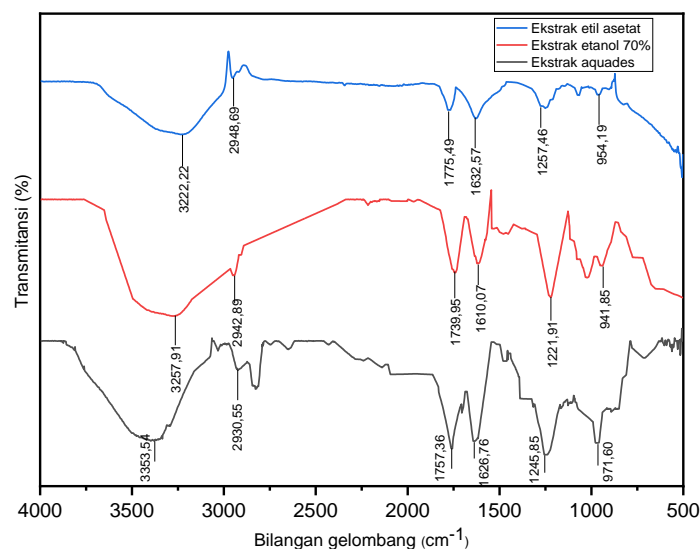
Tabel 2. Hasil uji fitokimia ekstrak daun babadotan

Pelarut	Metabolit sekunder	Perubahan warna larutan	Keterangan
Aquadess	Flavonoid	Terjadi perubahan warna menjadi sedikit kemerahan	+
	Tanin	Terjadi perubahan warna menjadi hijau pekat	+++
Etil Asetat	Flavonoid	Tidak terjadi perubahan warna larutan	-
	Tanin	Terjadi perubahan warna menjadi sedikit hijau	++
Etanol 70%	Flavonoid	Tidak terjadi perubahan warna larutan	-
	Tanin	Terjadi perubahan warna menjadi hijau pekat	+++

**Gambar 1.** (a). Reaksi senyawa flavonoid dengan logam Mg dan HCl (Ergina *et al.*, 2014). (b). Reaksi antara tanin dengan $FeCl_3$ 1% (Sulasmis *et al.*, 2019)

Uji FTIR

Spektra FTIR dari sampel ekstrak kental daun babadotan yang diekstraksi dengan variasi pelarut ditampilkan pada **Gambar 2**.

**Gambar 2.** Spektra FTIR sampel ekstrak kental daun babadotan yang diekstraksi dengan variasi pelarut.

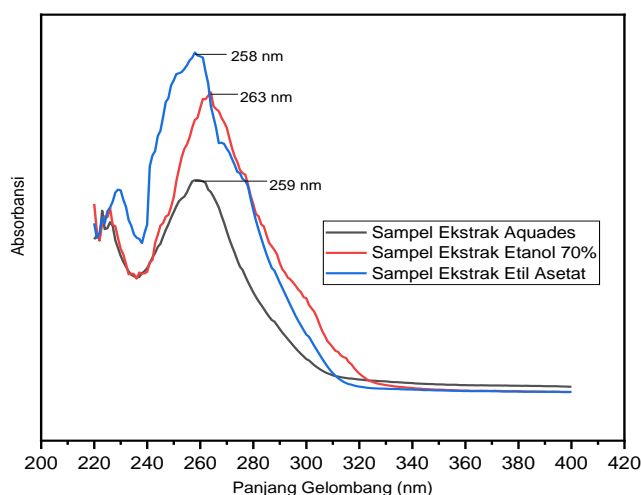
Berdasarkan spektra FTIR dari sampel ekstrak daun babadotan yang telah dianalisis, didapat nilai puncak FTIR dan perkiraan gugus fungsi yang terkandung dalam sampel. Nilai puncak FTIR dan gugus fungsi dalam sampel ditampilkan pada **Tabel 3** (Mabasa *et al.*, 2021; Umar *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil uji FTIR dapat diketahui bahwa dalam ketiga sampel ekstrak kental daun babadotan menghasilkan gugus fungsi yang terkandung dalam senyawa tanin. Gugus fungsi tanin yang diperoleh pada ekstrak kental daun babadotan adalah gugus $C=C$, gugus hidroksil ($O-H$), gugus CH aromatik, dan gugus ester ($C=O$) (Paryanto *et al.*, 2021).

Tabel 3. Nilai puncak FTIR dan gugus fungsi dalam ekstrak aquades daun babadotan

Rentang	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Vibrasi/ikatan	Gugus fungsi
Ekstrak aquades daun babadotan			
3600-3200	3353,54	Regangan O-H	Alkohol
3000-2850	2930,55	Regangan CH ₂	Alkana
1690-1760	1757,36	Regangan C=O	Ester
1610-1690	1626,76	Regangan C=C	Alkena
1050-1300	1245,85	Regangan C-O	Alkohol dan eter
650-1000	971,60	Bengkokan C-H	Alkana/aromatik
Ekstrak etil asetat daun babadotan			
3600-3200	3222,22	Regangan O-H	Alkohol
3000-2850	2948,69	Regangan C-H	Alkana
1690-1760	1775,49	Regangan C=O	Ester
1610-1690	1632,57	Regangan C=C	Alkena
1050-1300	1257,46	Regangan C-O	Alkohol dan eter
650-1000	954,19	Bengkokan C-H	Alkana/aromatik
Ekstrak etanol 70% daun babadotan			
3600-3200	3257,91	Regangan O-H	Alkohol
3000-2850	2942,89	Regangan C-H	Alkana
1690-1760	1739,95	Regangan C=O	Ester
1610-1690	1620,66	Regangan C=C	Alkena
1050-1300	1221,91	Regangan C-O	Alkohol dan eter
650-1000	941,85	Bengkokan C-H	Alkana/aromatik

Uji Spektrofotometri UV

Analisis kualitatif sampel dilakukan secara spektrofotometri ultraviolet. Hasil analisis sampel ekstrak daun babadotan hasil ekstraksi yang dianalisis secara spektrofotometri ultraviolet ditampilkan pada **Gambar 3**. Adanya ikatan rangkap terkonjugasi atau gugus kromofor dalam molekul dapat diidentifikasi dengan adanya serapan pada panjang gelombang maksimum yang lebih besar dari 250 nm. Menurut hasil analisis secara spektrofotometri UV dari ekstrak daun babadotan dengan variasi pelarut terlihat adanya serapan pada panjang gelombang 255-265 nm yang diduga terjadi karena adanya transisi elektron $n \rightarrow \pi^*$ yang disebabkan oleh kromofor terkonjugasi salah satunya yakni kromofor C=O (Pratiwi & Nandiyanto, 2022).

**Gambar 3.** Hasil spektrofotometri UV ekstrak daun babadotan hasil ekstraksi

Uji Total Tanin

Analisis total tanin dalam ekstrak daun babadotan hasil ekstraksi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi tanin yang terkandung dalam ekstrak dengan satuan mg GAE/g ekstrak. Penggunaan asam galat sebagai standar penentuan kadar tanin dalam sampel hasil ekstraksi karena asam

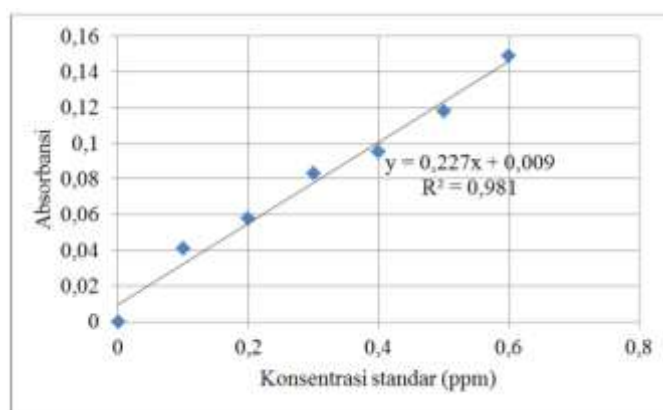
galat merupakan senyawa golongan asam fenol sederhana yang memiliki sifat stabil dan murni. Fungsi penambahan Folin-Ciocalteu dalam larutan standar yakni sebagai reagen, dimana pengukuran kadar tanin dengan reagen Folin-Ciocalteu didasarkan pada kekuatan reduksi gugus hidroksi fenol yang ditandai terbentuknya senyawa kompleks berwarna biru. Penambahan larutan Na_2CO_3 7,5% dalam pengukuran kadar total tanin bertujuan agar terbentuk suasana basa yang memungkinkan terjadinya reaksi reduksi Folin-Ciocalteu oleh gugus hidroksi fenol dalam sampel yang dianalisis. Reaksi yang terjadi adalah reaksi oksidasi reduksi. Dalam reaksi ini, tanin berperan sebagai reduktor sedangkan Folin-Ciocalteu sebagai oksidator (Fatonah *et al.*, 2021). Nilai absorbansi larutan standar asam galat dan blanko ditampilkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Absorbansi larutan standar asam galat dan blanko

Konsentrasi asam galat (ppm)	Absorbansi ($\lambda = 765 \text{ nm}$)
Blanko	0
0,1	0,041
0,2	0,058
0,3	0,083
0,4	0,095
0,5	0,118
0,6	0,149

Berdasarkan nilai absorbansi yang didapat dari sampel larutan standar dan blanko, kemudian dibuat kurva hubungan absorbansi sampel dengan konsentrasi asam galat. Pembuatan kurva kalibrasi digunakan untuk penentuan total tanin yang terkandung dalam ekstrak daun babadotan. Kurva kalibrasi larutan standar asam galat ditampilkan pada **Gambar 4**.

Nilai absorbansi dari sampel ekstrak digunakan untuk menghitung nilai kadar total tanin dalam ekstrak kental daun babadotan. Nilai absorbansi larutan ekstrak dan nilai kadar total tanin (mg GAE/gram ekstrak) yang terkandung dalam daun babadotan ditampilkan pada **Tabel 5**.



Gambar 4. Kurva kalibrasi larutan standar asam galat

Tabel 5. Absorbansi dan nilai kadar total tanin dalam ekstrak

Sampel	Absorbansi sampel	Kadar total tanin (mg GAE/g ekstrak)
Ekstrak kental daun babadotan (aquades)	0,087	342,10
Ekstrak kental daun babadotan (etil asetat)	0,060	223,68
Ekstrak kental daun babadotan (etanol 70%)	0,12	486,84

Uji Total Flavonoid

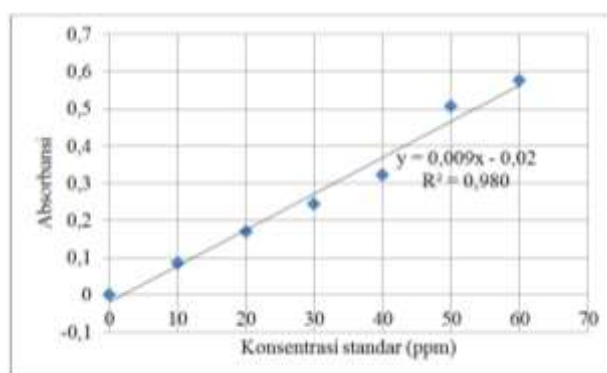
Analisis total flavonoid dalam ekstrak daun babadotan hasil ekstraksi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi kuersetin yang terkandung dalam ekstrak dengan satuan mg QE/g ekstrak. Kuersetin dipilih sebagai larutan standar karena kuersetin merupakan senyawa golongan flavonoid, yang banyak terdapat pada tumbuhan dan diketahui memiliki berbagai aktifitas biologis (Noviyanti *et al.*, 2022). Penggunaan pereaksi AlCl_3 bertujuan untuk membentuk kompleks asam yang stabil dengan gugus keto C4 dan gugus hidroksil C3 atau C5 dari flavon dan flavonol. Terbentuknya kompleks yang terjadi sehingga

menghasilkan warna yang lebih kuning. Penentuan total flavonoid pada ekstrak dengan penambahan natrium asetat dimaksudkan untuk menjaga panjang gelombang pada daerah *visible* (Aisyah & Ngibad, 2022). Pengukuran nilai absorbansi dari larutan standar kuersetin dan blanko ditampilkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Nilai absorbansi larutan standar kuersetin dan blanko

Konsentrasi kuersetin (ppm)	Absorbansi ($\lambda = 430 \text{ nm}$)
Blanko	0
10	0,085
20	0,169
30	0,243
40	0,321
50	0,506
60	0,575

Berdasarkan data nilai absorbansi yang didapatkan dari sampel larutan standar kuersetin dan blanko, kemudian dibuat kurva hubungan absorbansi sampel dengan konsentrasi kuersetin. Pembuatan kurva kalibrasi bertujuan untuk menentukan nilai total flavonoid yang terkandung dalam ekstrak daun babadotan. Kurva kalibrasi larutan standar kuersetin yang telah dibuat ditampilkan pada **Gambar 5**. Sampel ekstrak daun babadotan hasil ekstraksi kemudian dianalisis nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum 430 nm. Nilai absorbansi larutan ekstrak dan nilai kadar total flavonoid (mg QE/gram ekstrak) ditampilkan pada **Tabel 7**.



Gambar 5. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Kuersetin

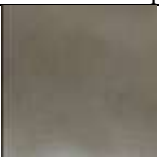

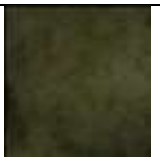
Tabel 7. Nilai kadar total flavonoid ekstrak daun babadotan

Sampel	Absorbansi sampel	Kadar total flavonoid (mg QE/g ekstrak)
Ekstrak aquades	0,062	84,54
Ekstrak etil asetat	0,044	65,98
Ekstrak kental etanol 70%	0,049	71,13

Pewarnaan Kain Sutra

Kain sutra diwarnai dengan ekstrak daun babadotan hasil ekstraksi, langkah awal kain sutra dimasukkan dalam larutan pewarna konsentrasi 5% dengan suhu 90-95°C. Tujuan pencelupan kain dalam larutan pewarna yang bersuhu tinggi bertujuan agar serat kain mengalami *swelling* (membengkak) yang memungkinkan pewarna alami daun babadotan lebih mudah masuk ke dalam serat kain. Setelah pewarnaan kain sutra selesai, kain kemudian dikeringkan di suhu ruang hingga kain kering dan dianalisis nilai $L^* a^* b^*$ CIE dengan aplikasi *color analyzer*. Nilai L^* mewakili kecerahan atau kepekatan warna dan rentang nilainya dari 0 yang mewakili hitam (gelap) hingga 100 yang mewakili putih (terang). Nilai a^* dan b^* berkisar dari +100 hingga -100. Nilai positif dan negatif dari nilai a^* masing-masing mewakili warna merah dan hijau. Demikian pula, nilai positif dan negatif dari b^* masing-masing mewakili warna kuning dan biru (Berhanu & Ratnapandian, 2017). Nilai $L^* a^* b^*$ CIE dari kain hasil pewarnaan dengan pewarna alami daun babadotan ditampilkan pada **Tabel 8**. Urutan kepekatan warna dari pewarna alami ditunjukkan oleh pewarna alami ekstrak etil asetat, pewarna alami ekstrak etanol 70% dan pewarna alami ekstrak aquades memiliki kecerahan warna yang lebih terang jika dibandingkan pewarna alami lainnya.










Tabel 8. Nilai L*a*b* CIE kain hasil pewarnaan

Pewarna ekstrak aquades			Pewarna ekstrak etanol 70%			Pewarna ekstrak etil asetat		
								
L* :66,4	a* : -1,1	b* : 9,1	L* :56,0	a* : -4,8	b* : 17,9	L* : 42,6	a* : -5,5	b* : 30,6

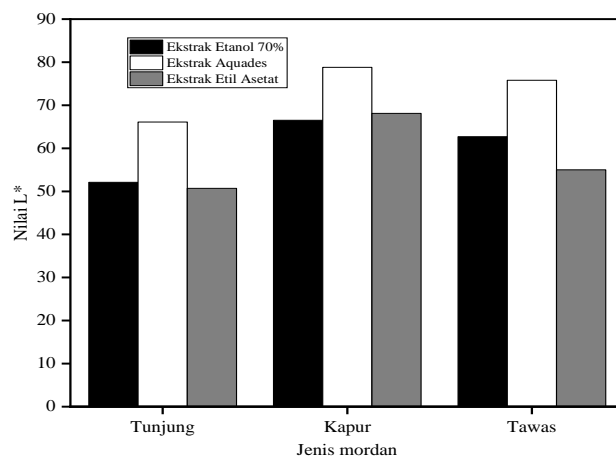
Mordanting Kain Sutra Hasil Pewarnaan

Proses mordanting pada pewarnaan menggunakan pewarna alami bertujuan agar terbentuk ikatan kimia antara serat kain dan zat warna alami sehingga daya tarik zat warna terhadap serat kain dapat meningkat dan kemudian menghasilkan warna yang baik. Pada penelitian ini proses mordanting kain hasil pewarnaan dengan pewarna alami dilakukan setelah kain sutra selesai diwarnai, proses disebut dengan proses post-mordan, dimana kain setelah diwarnai kemudian dicelupkan ke dalam larutan mordan. Proses post-mordan menghasilkan warna yang lebih pekat jika dibandingkan dengan proses pra-mordan atau meta-mordan (Jabar *et al.*, 2020). Nilai L*a*b* CIE dari kain hasil pewarnaan dengan pewarna alami yang telah diberi perlakuan mordan yang berbeda ditampilkan pada **Tabel 9**. Kain hasil mordanting yang telah dianalisis nilai L*a*b* CIE kemudian dilakukan penentuan nilai ΔE . Grafik pengaruh variasi mordan terhadap nilai L* ditampilkan pada **Gambar 7**.

Tabel 9. Nilai L*a*b* CIE kain hasil pewarnaan yang diberi perlakuan mordan

Mordan tunjung								
Pewarna ekstrak aquades			Pewarna ekstrak etanol 70%			Pewarna ekstrak etil asetat		
								
L* :66,1	a* : -1,5	b* : 15,6	L* :52,1	a* : -0,1	b* : 13,4	L* : 50,6	a* : -0,2	b* : 27,3
Mordan kapur								
Pewarna ekstrak aquades			Pewarna ekstrak etanol 70%			Pewarna ekstrak etil asetat		
								
L* : 78,8	a* : -1,2	b* : 11,4	L* : 66,5	a* : -2,3	b* : 18,9	L* : 68,1	a* : -3,4	b* : 18,5
Mordan tawas								
Pewarna ekstrak aquades			Pewarna ekstrak etanol 70%			Pewarna ekstrak etil asetat		
								
L* : 75,8	a* : -5,1	b* : 5,8	L* : 62,7	a* : -4,7	b* : 29,3	L* : 55,0	a* : -7,5	b* : 23,5

Penentuan nilai ΔE penting dalam mengukur perbedaan warna antara 2 spesimen. ΔE diukur pada skala dari 0 hingga 100, dimana nilai 0 berarti perbedaan warna kedua spesimen lebih kecil, sedangkan nilai 100 menunjukkan distorsi total. Persepsi nilai ΔE ditampilkan pada **Tabel 10** (Karma, 2020). Nilai ΔE dari kain hasil pewarnaan dengan perlakuan mordan berbeda-beda ditampilkan pada **Tabel 11**. Grafik pengaruh variasi mordan terhadap nilai ΔE dari kain sutra hasil pewarnaan ditampilkan pada **Gambar 8**.



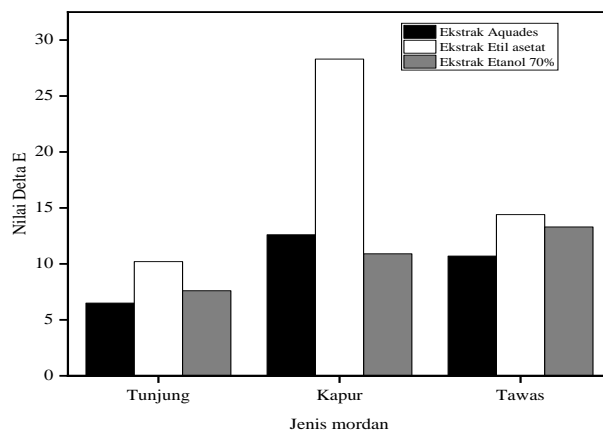
Gambar 7. Pengaruh variasi mordan terhadap nilai L^* dari kain sutra hasil pewarnaan

Tabel 10. Persepsi nilai ΔE (Karma, 2020)

Nilai ΔE	Persepsi
≤ 1	Perbedaan tidak terlihat oleh mata manusia
1-2	Perbedaan dapat dilihat melalui pengamatan yang dekat
2-10	Perbedaan terlihat sekilas
11-49	Warna masih terlihat mirip
50-100	Warna sangat berbeda

Tabel 11. Nilai ΔE dari kain hasil pewarnaan dengan perlakuan mordan berbeda

Ekstrak aquades				
Perlakuan	L^*	a^*	b^*	ΔE
Tanpa mordan	66,4	-1,1	9,1	-
Tunjung	66,1	-1,5	15,6	6,5
Kapur	78,8	-1,2	11,4	12,6
Tawas	75,0	-1,1	13,8	9,8
Ekstrak etil asetat				
Perlakuan	L^*	a^*	b^*	ΔE
Tanpa mordan	42,6	-5,5	30,6	-
Tunjung	50,7	-0,2	27,3	10,2
Kapur	68,1	-3,4	18,5	28,3
Tawas	55,0	-7,5	23,5	14,4
Ekstrak etanol 70%				
Perlakuan	L^*	a^*	b^*	ΔE
Tanpa mordan	56,0	-4,9	17,9	-
Tunjung	52,1	-0,1	13,4	7,6
Kapur	66,5	-2,3	18,9	10,9
Tawas	62,8	-4,7	29,3	13,3

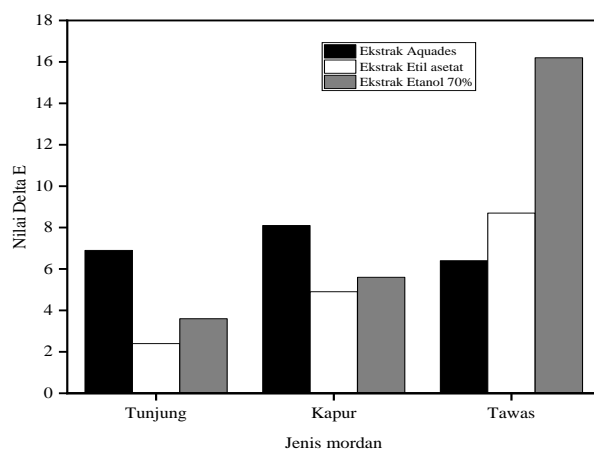


Gambar 8. Pengaruh jenis mordan terhadap nilai ΔE kain sutra hasil pewarnaan dengan pewarna alami

Berdasarkan perhitungan dan grafik pengaruh variasi mordan terhadap nilai ΔE kain hasil pewarnaan menunjukkan hasil bahwa penggunaan mordan tunjung pada kain yang diwarnai ekstrak aquades menunjukkan nilai ΔE paling kecil yakni sebesar 6,5. Berdasarkan **Tabel 10**, berarti bahwa kain sebelum di mordan dan sesudah di mordan, secara visual perbedaan warnanya masih terlihat “sekilas” dari sebelum kain diberi perlakuan mordan (Karma, 2020). Penggunaan mordan kapur pada sampel kain yang diwarnai menggunakan ekstrak etil asetat menunjukkan nilai ΔE paling besar yakni sebesar 28,3. Berdasarkan **Tabel 10**, berarti bahwa perubahan warna dari kain sesudah diberi perlakuan mordan menunjukkan perbedaan warna dari kedua kain “masih terlihat mirip” (Karma, 2020).



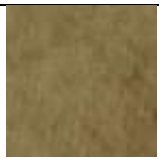



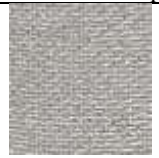


Uji Stabilitas Kain Sutra Hasil Pewarnaan

Uji stabilitas dilakukan untuk mengetahui kekuatan warna kain jika dicuci dengan detergen yang bersifat basa. Detergen mengandung bahan aktif yang tinggi, enzim, pemutih dan bahan lainnya (Wulandari & Widihastuti, 2020). Perubahan rona warna kain setelah dicuci dapat terjadi karena adanya ionisasi gugus hidroksil pada molekul pewarna dalam kondisi basa dari detergen atau dekomposisi bahan pewarna itu sendiri. Selain detergen, paparan sinar matahari secara langsung dapat mempengaruhi ketahanan luntur warna terhadap pencucian dan dapat mempengaruhi sifat kain lainnya (Atalie *et al.*, 2017). Waktu penjemuran kain dilakukan pada pukul 10.00 WIB karena sinar UV matahari paling kuat terjadi antara pukul 10.00 pagi-16.00 sore. Nilai $L^*a^*b^*$ CIE dari kain setelah uji stabilitas ditampilkan pada **Tabel 14**. Nilai ΔE dari kain yang telah dilakukan uji stabilitas ditampilkan pada **Tabel 15**. Grafik pengaruh jenis mordan terhadap stabilitas kain ditampilkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Pengaruh jenis mordan terhadap stabilitas warna kain

Tabel 14. Nilai L*a*b* CIE dari kain setelah uji stabilitas

Mordan tunjung								
Pewarna ekstrak aquades			Pewarna ekstrak etanol 70%			Pewarna ekstrak etil asetat		
								
L* :67,0	a* : 1,2	b* : 8,9	L* :49,0	a* : 0,7	b* : 12,4	L* : 49,1	a* : 1,0	b* : 25,8
Mordan kapur								
Pewarna ekstrak aquades			Pewarna ekstrak etanol 70%			Pewarna ekstrak etil asetat		
								
L* :78,7	a* : -2,4	b* : 2,0	L* :66,3	a* : -0,8	b* : 13,5	L* : 69,0	a* : -1,5	b* : 14,1
Mordan tawas								
Pewarna ekstrak aquades			Pewarna ekstrak etanol 70%			Pewarna ekstrak etil asetat		
								
L* :79,0	a* : -1,9	b* : 2,8	L* :73,3	a* : -2,1	b* : 17,3	L* : 63,7	a* : -1,8	b* : 17,9

Tabel 15. Nilai ΔE dari kain setelah uji stabilitas

Perlakuan	Ekstrak dengan pelarut aquades						
	Sebelum uji stabilitas			Setelah uji stabilitas			ΔE
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
Tunjung	66,1	-1,5	15,3	66,3	1,2	8,9	6,9
Kapur	78,8	-1,2	11,4	78,7	-2,4	3,4	8,1
Tawas	75,8	-5,1	5,8	79,0	-1,9	1,2	6,4
	Ekstrak dengan pelarut etil asetat						
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE
Tunjung	50,7	-0,2	27,2	49,1	1,0	25,8	2,4
Kapur	68,1	-3,4	18,5	69,0	-1,5	14,1	4,9
Tawas	58,1	-4,8	23,8	63,7	-1,8	17,9	8,7
	Ekstrak dengan pelarut etanol 70%						
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	ΔE
Tunjung	52,1	-0,1	13,4	48,6	-0,3	12,7	3,6
Kapur	66,5	-2,3	18,9	66,3	-0,8	13,5	5,6
Tawas	62,7	-4,7	29,3	73,3	-2,1	17,3	16,2

Berdasarkan nilai ΔE dan grafik pengaruh jenis mordan terhadap nilai ΔE dari kain hasil uji stabilitas terhadap pencucian dengan detergen dan penjemuran di bawah sinar matahari langsung selama 6 jam menunjukkan bahwa penggunaan mordan tunjung pada kain yang diwarnai ekstrak etil asetat menunjukkan nilai ΔE yang paling rendah sebesar 2,4. Berdasarkan **Tabel 10**. tentang persepsi nilai ΔE , jika nilai ΔE hasil perhitungan sebesar 2,4 berarti bahwa kain sebelum dan sesudah dilakukan uji stabilitas, secara visual perbedaan warnanya masih terlihat “sekilas” (Karma, 2020). Kain yang diwarnai ekstrak etil asetat dengan perlakuan mordan tunjung menunjukkan stabilitas paling baik jika dibandingkan sampel kain lainnya. Penggunaan mordan tawas pada kain yang diwarnai ekstrak etanol 70% menghasilkan nilai ΔE paling tinggi sebesar 16,2. Berdasarkan **Tabel 10**. tentang persepsi nilai ΔE , jika nilai ΔE hasil perhitungan sebesar 16,2 berarti bahwa kain sebelum dan sesudah dilakukan uji stabilitas, secara visual perbedaan warnanya “masih terlihat mirip” (Karma, 2020).

Simpulan

Penggunaan pelarut yang berbeda-beda berpengaruh terhadap nilai rendemen, kadar total tanin dan kadar total flavonoid dari ekstrak kental daun babadotan. Berdasarkan analisis secara kuantitatif, ekstrak kental etanol 70% menunjukkan hasil paling tinggi dan ekstrak kental etil asetat menunjukkan hasil paling rendah. Penggunaan mordan yang berbeda-beda dapat menghasilkan kualitas warna dengan intensitas yang berbeda pula. Nilai kepekatan warna dari kain yang diberi perlakuan mordan tunjung menunjukkan nilai yang paling baik. Urutan kepekatan warna kain hasil mordanting dari yang paling pekat ke paling cerah berturut-turut yakni kain yang diberi perlakuan mordan tunjung, tawas dan kapur. Stabilitas kain terhadap pencucian dengan detergen sesuai standar ASTM dan penjemuran di bawah sinar matahari langsung selama 6 jam menunjukkan ketahanan warna yang baik. Hal ini ditunjukkan dari rata-rata nilai ΔE kurang dari 15 yang berarti bahwa kain sebelum dan sesudah dilakukan uji stabilitas, secara visual perbedaan warnanya “masih terlihat mirip”.

Daftar Pustaka

- Agbafor, K. N., Engwa, A. G., & Obiudu, I. K. (2015). Analysis of Chemical Composition of Leaves and Roots of *Ageratum conyzoides*. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 3(11), 7.
- Aisyah, S. D., & Ngibad, K. (2022). Determination of flavonoid content of ethanol and ethyl acetate extract from purple passion fruit peel. *Jurnal Pijar Mipa*, 17(5), 696–700. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i5.3463>
- Alharits, L., Handayani, W., Yasman, & Hemelda, N. M. (2019). *Phytochemical analysis and antioxidant activity of leaves and flowers extracts of mistletoe (Dendrophthoe pentandra (L.) Miq.), collected from UI Campus, Depok*. 020101. <https://doi.org/10.1063/1.5132528>
- Atalie, D., Ashagre, G., & Nalankilli, G. (2017). Impact of Sunlight Exposure to different Dyed fabrics on Colorfastness to Washing. *International Journal of Modern Science and Technology*, 2(11), 360–365.
- Berhanu, T., & Ratnapandian, S. (2017). Extraction and Optimization of Natural Dye from Hambo Hambo (*Cassia singueana*) Plant Used for Coloration of Tanned Leather Materials. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2017/7516409>
- Cantika, M. I., & Hendrawan, A. (2021). Pemanfaatan Daun Ketapang Sebagai Pewarna Alami Dengan Teknik Eco-Print. *e-Proceeding of Art & Design*, 8(6), 17.
- Chintya, N., & Utami, B. (2017). Ekstraksi Tannin dari Daun Sirsak (*Annona muricata L.*) sebagai Pewarna Alami Tekstil. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, 1(1), 22–29. <https://doi.org/10.17977/um026v1i12017p022>
- Dzah, C. S., Duan, Y., Zhang, H., Wen, C., Zhang, J., Chen, G., & Ma, H. (2020). The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Bioscience*, 35, 100547. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100547>
- Ergina, Nuryanti, S., & Pursitasari, I. D. (2014). Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder Pada Daun Palado (*Agave angustifolia*) Yang Diekstraksi Dengan Pelarut Air dan Etanol. *J. Akad. Kim*, 3(3), 165–172.
- Fatonah, R., Mulyaningsih, S., & Ardiana, C. (2021). Penentuan Kadar Total Tanin dari Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia*). *Jurnal Life Science: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 3(2). <https://doi.org/10.31980/jls.v3i2.1670>
- Jabar, J. M., Ogunmokun, A. I., & Taleat, T. A. A. (2020). Color and fastness properties of mordanted *Bridelia ferruginea* B dyed cellulosic fabric. *Fashion and Textiles*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40691-019-0195-z>

- Karma, I. G. M. (2020). Determination and Measurement of Color Dissimilarity. *International Journal of Engineering and Emerging Technology*, 5(1), 67. <https://doi.org/10.24843/IJEET.2020.v05.i01.p13>
- Kiakhani, M. S., Bagha, A. R. T., Safapour, S., Galugahi, S. E., & Etezzad, S. M. (2021). Ultrasound-assisted extraction of natural dyes from Hawthorn fruits for dyeing polyamide fabric and study its fastness, antimicrobial, and antioxidant properties. *Environment, Development and Sustainability*, 23(6), 9163–9180. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01017-0>
- Mabasa, X. E., Mathomu, L. M., Madala, N. E., Musie, E. M., & Sigidi, M. T. (2021). Molecular Spectroscopic (FTIR and UV-Vis) and Hyphenated Chromatographic (UHPLC-qTOF-MS) Analysis and In Vitro Bioactivities of the Momordica balsamina Leaf Extract. *Biochemistry Research International*, 2021, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/2854217>
- Mulyani, E., Herlina, H., & Suci, K. (2022). Penetapan Kadar Tanin Ekstrak Daun Pagoda (Clerodendrum Paniculatum) Dengan Metode Spektrofotometri Visible Dan Titrasi Permanganometri. *Lumbung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 3(1), 7. <https://doi.org/10.31764/lf.v3i1.7034>
- Noviyanti, Martiani, I., Perdana, F., & Rahmaniah. (2022). Determination of total phenol and total flavonoid, and antioxidant activities of chocolate leaves (*Zephyranthes candida* (Lindl.) Herb.). *Bali Medical Journal*, 11(2), 927–933. <https://doi.org/10.15562/bmj.v11i2.3420>
- Nurfitriani, M. A., & Widiastuti, W. (2020). The development of the effect of fixation using jamaican cherry leaves on the direction of hue. *Journal of Physics: Conference Series*, 1700(1), 012091. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012091>
- Paryanto, P., Pranolo, S. H., Susanti, A. D., Putrikatama, B. T., Qatrunada, I. R., & Wibowo, A. D. (2021). Tannins Compound In Soga Tingi Bark (*Ceriops Tagal*) As Natural Dyes. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v5i1.48505>
- Pratiwi, R. A., & Nandiyanto, A. B. D. (2022). How to Read and Interpret UV-VIS Spectrophotometric Results in Determining the Structure of Chemical Compounds. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*, 2(1), 1–20. <https://doi.org/10.17509/ijert.v2i1.35171>
- Purewal, S. S. (2014). Phytochemical analysis of the ethanolic extracts of different Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*) varieties. *Journal of Natural Product and Plant Resource*, 4(5), 6.
- Qadariyah, L., Mahfud, M., Sulistiawati, E., & Swastika, P. (2018). Natural Dye Extraction From Teak Leaves (*Tectona Grandis*) Using Ultrasound Assisted Extraction Method for Dyeing on Cotton Fabric. *MATEC Web of Conferences*, 156, 05004. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815605004>
- Rohmawati, T., & Kusumastuti, A. (2019). Potensi Gulma Babandotan (*Ageratum Conyzoides* L.) sebagai Pewarna Alam Kain Katun Primissima Menggunakan Mordan Jeruk Nipis, Tawas, Kapur Tohor, dan Tunjung. *TEKNOBUGA*, 7(2).
- Sulasmi, E. S., Saptasari, M., Mawaddah, K., & Ama Zulfia, F. (2019). Tannin Identification of 4 Species Pteridophyta from Baluran National Park. *Journal of Physics: Conference Series*, 1241(1), 012002. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1241/1/012002>
- Sulastri, E., Zubair, M. S., Anas, N. I., Abidin, S., Hardani, R., Yulianti, R., & Aliyah A, A. (2018). Total Phenolic, Total Flavonoid, Quercetin Content and Antioxidant Activity of Standardized Extract of *Moringa oleifera* Leaf from Regions with Different Elevation. *Pharmacognosy Journal*, 10(6s), s104–s108. <https://doi.org/10.5530/pj.2018.6s.20>
- Umar, A. H., Ratnadewi, D., Rafi, M., & Sulistyarningsih, Y. C. (2021). Untargeted Metabolomics Analysis Using FTIR and UHPLC-Q-Orbitrap HRMS of Two Curculigo Species and Evaluation of Their Antioxidant and α -Glucosidase Inhibitory Activities. *Metabolites*, 11(1), 42. <https://doi.org/10.3390/metabo11010042>

- Wulandari, L. A., & Widiastuti, W. (2020). Development and effects of naphthol dyes in the washing processes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1700(1), 012093. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1700/1/012093>
- Yusuf, M., Mohammad, F., & Shabbir, M. (2017). Eco-friendly and effective dyeing of wool with anthraquinone colorants extracted from *Rubia cordifolia* roots: Optimization, colorimetric and fastness assay. *Journal of King Saud University - Science*, 29(2), 137–144. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2016.06.005>