



# Optimasi Proses Ekstraksi Dan Uji Aplikasi Pewarnaan Kain Menggunakan Pewarna Alami Dari Daun Susupan Gunung (*Mimosa pigra L.*)

Aulia Zahra<sup>1</sup>, Aswati Mindaryani<sup>2,3</sup>, Edia Rahayuningsih<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

<sup>3</sup>Indonesia Natural Dye Institute, Universitas Gadjah Mada, Jl. Kaliurang KM. 4 Sekip Utara Yogyakarta, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

<sup>1</sup>[auliazahra1998@mail.ugm.ac.id](mailto:auliazahra1998@mail.ugm.ac.id)

<sup>3</sup>[edia\\_rahayu@ugm.ac.id](mailto:edia_rahayu@ugm.ac.id)

<sup>2</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281, Indonesia

Corresponding author email: [amindaryani@ugm.ac.id](mailto:amindaryani@ugm.ac.id)

**Abstract:** *Susupan gunung (Mimosa pigra L.) is a weed that grows wild and is often found in peatlands. This plant can grow in tropical and subtropical regions. Phytochemical analysis of the leaves of susupan gunung has shown that the leaves contain tannin compounds, indicating the potential of these leaves to be a source of natural textile dyes. Natural dyes can replace synthetic dyes in the textile industry, which can pollute the environment due to their carcinogenic nature. This research to find the optimal operating conditions for extracting natural dyes from susupan gunung leaves and to test the dyeing quality of cotton fabric using susupan gunung leaf extract. The variables used in the extraction process are temperature, time, and ratio of raw material to solvent volume. The tannin concentration in the extract was analyzed using the volumetric method and optimized using Response Surface Methodology (RSM) with the Box-Behnken model. Fabric dyeing was performed using alum, iron, and calcium as mordants after dyeing the fabric. The result of this research indicate that the optimal operating conditions are at a temperature of 77°C, a time of 40 minutes, and a raw material to solvent volume ratio of 1:8, with a tannin concentration of 0,004 g/ml. The best fabric dyeing quality results were obtained using alum mordant, with a colorfastness rating of 4-5 (good) for washing and a colorfastness rating of 5 (very good) for rubbing.*

**Keywords:** *Natural Dyes, Optimization, Extraction, Susupan Gunung, Cotton Fabric*

**Abstrak:** Tanaman susupan gunung (*Mimosa pigra L.*) merupakan tanaman gulma yang tumbuh secara liar dan sering ditemukan di lahan gambut. Tanaman ini dapat tumbuh di kawasan tropis dan subtropis. Daun susupan gunung telah dilakukan analisis fitokimia menunjukkan daun susupan gunung mengandung senyawa tanin, sehingga daun susupan gunung berpotensi menjadi sumber bahan baku pewarna alami tekstil. Pewarna alami dapat menggantikan penggunaan pewarna sintesis pada industri tekstil yang dapat mencemari lingkungan karena bersifat karsinogenik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi operasi optimum ekstraksi pewarna alami dari daun susupan gunung dan menguji kualitas pewarnaan kain katun menggunakan ekstrak daun susupan gunung. Variabel yang digunakan pada proses ekstraksi suhu, waktu, dan rasio bahan baku terhadap volume pelarut. Konsentrasi tanin dalam ekstrak dianalisis dengan metode volumetri dan dioptimasi menggunakan *Response Surface Methodology (RSM)* dengan model *Box-Behnken*. Pewarnaan kain menggunakan mordan atau fiksator tawas, tunjung, dan kapur setelah dilakukan pewarnaan pada kain. Hasil penelitian ini menunjukkan kondisi operasi optimum yaitu pada suhu 77°C, waktu 40 menit, dan rasio bahan baku terhadap volume pelarut 1:8 dengan konsentrasi tanin sebesar 0,004 g/ml. Hasil kualitas pewarnaan kain terbaik menggunakan mordan tawas dengan nilai ketahanan luntur 4-5 (baik) terhadap pencucian dan nilai ketahanan luntur 5 (baik sekali) terhadap gosokan kain.

**Kata kunci:** Pewarna Alami, Optimasi, Ekstraksi, Susupan Gunung, Kain Katun

## I. PENDAHULUAN

Pada tahun 1996, penggunaan pewarna sintesis di Jerman dan Eropa lainnya telah dilarang, karena penggunaan pewarna sintesis di Jerman pada industri menyebabkan pencemaran lingkungan dalam limbah cair yang dihasilkan dapat berbahaya bagi makhluk hidup, karena pewarna sintesis ini bersifat karsinogenik [1]. Salah satu cara yang potensial untuk mengurangi limbah cair dari pewarna sintesis yaitu dengan menggunakan zat warna alami yang aman bagi lingkungan.



Bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat zat warna alami dapat berasal dari tumbuhan atau hewan yang tersedia dalam kapasitas yang besar dan tersedia secara terus menerus dan tidak merugikan bagi lingkungan [2]. Salah satunya tanaman Susupan Gunung (*Mimosa pigra L.*) yang merupakan tanaman gulma yang dapat tumbuh secara liar dan sering di temukan di lahan gambut. Tanaman susupan gunung ini dapat tumbuh di kawasan tropis dan subtropis. Ketersediaan tanaman susupan gunung yang belum dimanfaatkan ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber zat warna alami. Hasil penelitian [3] mengatakan bahwa daun susupan gunung mengandung senyawa bioaktif *flavonoid, tanin, alkaloid, phlobatannins, dan saponin*. Kandungan flavonoid dan tanin memiliki kemampuan untuk menghasilkan zat warna alami. Flavonoid dapat menghasilkan warna merah atau jingga sedangkan tanin dapat menghasilkan warna kuning kecokelatan [4].

Dalam penelitian ini dilakukan ekstraksi daun susupan gunung dengan pelarut air untuk mendapatkan zat warna alami. Tujuan penelitian untuk mengetahui kondisi operasi optimum dengan variasi suhu ekstraksi, variasi waktu ekstraksi, dan variasi rasio bahan baku dan volume pelarut. Pada penelitian sebelumnya tingginya suhu dan lamanya waktu ekstraksi akan menghasilkan konsentrasi tanin yang tinggi, namun tidak boleh melebihi batas suhu dan waktu optimum karena tanin dapat rusak pada suhu yang terlalu tinggi [5]. Perbandingan antara jumlah bahan baku dan volume pelarut dalam proses ekstraksi memiliki dampak pada hasil ekstrak. Ketika menggunakan volume pelarut yang lebih besar, maka pelarut dapat melarutkan bahan baku lebih banyak [6], namun akan boros.

Untuk menemukan kondisi operasi terbaik selama proses ekstraksi, penelitian ini menggunakan perancangan eksperimen *Response Surface Methodology* (RSM). Metode ini menggunakan matematika dan statistik untuk menghasilkan respons *yield* yang ditentukan oleh variabel bebas [7]. Dalam desain ini, desain *Box-Benhen* digunakan. Tiga variabel bebas, masing-masing dengan nilai terendah, tengah, dan tertinggi ditunjukkan pada Tabel 1, dengan kode tiga tingkat (-1 0 +1). Model umum dari persamaan RSM adalah sebagai berikut :

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum \sum_{i < j=2}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (1)$$

Dimana :  $i = 1, 2, 3$  dan  $n = 3$

**Tabel 1.** Desain Rancangan RSM Optimasi Ekstraksi Daun Susupan Gunung

Parameter Independen	Satuan	Level		
		-1	0	+1
Suhu ( $X_1$ )	Menit	10	45	60
Waktu ( $X_2$ )	°C	50	70	90
Rasio bahan baku terhadap pelarut ( $X_3$ )	g/MI	1:4	1:7	1:10

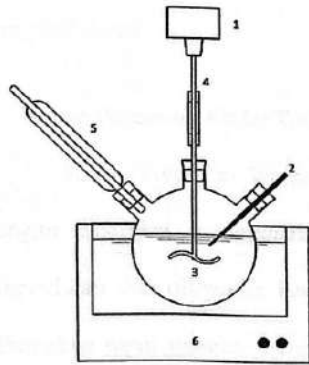
Setelah mendapatkan zat warna alami dari ekstrak daun susupan gunung dengan kondisi operasi optimum, pewarnaan diterapkan pada kain katun dengan menggunakan berbagai mordan atau fiksator seperti tawas, tunjung dan kapur. Mordan ini meningkatkan warna dan mengurangi kelunturan zat warna alami pada kain [8]. Selanjutnya menguji ketahanan warna pada kain dan ketahanan luntur warna terhadap pencucian sabun dan gosokan kain untuk menilai kualitas pewarnaan kain yang diwarnai dengan zat warna alami dari ekstrak daun susupan gunung.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu daun susupan gunung (*Mimosa pigra L.*), aquadest, Indigo Carmine,  $KMnO_4$ , kain katun, tawas ( $Al_2(SO_4)_3$ ), tunjung ( $Fe_2SO_4$ ), dan kapur ( $CaCO_3$ ).

## 2.2. Alat Penelitian



Keterangan :

1. Motor pengaduk
2. Termometer
3. Labu leher tiga
4. Pengaduk
5. Pendingin
6. Mantel Pemanas

Gambar 1. Rangkaian Alat Ekstraksi Menggunakan Labu Leher Tiga

## 2.3. Prosedur Kerja

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Pertama, kondisi operasi terbaik ditetapkan untuk ekstraksi zat warna alami dari daun susupan gunung. Tahap kedua penerapan zat warna alami dari daun susupan gunung pada kain katun dengan menggunakan mordan atau fiksator tawas, tunjung, dan kapur.

### 2.3.1. Menentukan Kondisi Operasi Optimum Proses Ekstraksi Dengan RSM

Proses ekstraksi pada penelitian ini dilakukan dengan 3 variabel yaitu : suhu (50 °C, 70 °C, dan 90), waktu (10 menit, 35 menit, dan 60 menit), dan rasio serbuk daun susupan gunung terhadap volume pelarut (1:4, 1:7, dan 1:10). Semua variabel ini dilakukan dengan pelarut air dan kecepatan pengadukan sebesar 300 rpm. Tabel 2 menunjukkan desain eksperimen yang didasarkan pada model *Box-Behnken*, dan penelitian ini dilakukan sebanyak 15 kali percobaan. Untuk mendapatkan hasil konsentrasi tanin dilakukan dengan mengambil larutan ekstrak 15 ml dan kemudian di *centrifuge*. Hasil ekstrak diambil 5 ml hasil dan ditambahkan 5 ml indigo carmine kemudian dititrasi dengan larutan  $\text{KMnO}_4$  0,1 N sampai warna berubah dari biru menjadi kuning keemasan.

Tabel 2. Rancangan Percobaan Berdasarkan *Box-Behnken*

Run	Kode Tingkat Variabel			Yield
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	
1	70	60	1:4	Y <sub>1tanin</sub>
2	90	60	1:7	Y <sub>2tanin</sub>
3	70	35	1:7	Y <sub>3tanin</sub>
4	50	35	1:10	Y <sub>4tanin</sub>
5	70	60	1:10	Y <sub>5tanin</sub>
6	90	35	1:4	Y <sub>6tanin</sub>
7	70	10	1:4	Y <sub>7tanin</sub>
8	90	10	1:7	Y <sub>8tanin</sub>
9	50	10	1:7	Y <sub>9tanin</sub>
10	50	60	1:7	Y <sub>10tanin</sub>
11	90	35	1:10	Y <sub>11tanin</sub>
12	50	35	1:4	Y <sub>12tanin</sub>
13	70	35	1:7	Y <sub>13tanin</sub>



Run	Kode Tingkat Variabel			Yield
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>Tanin</sub>
14	70	10	1:10	Y <sub>14tanin</sub>
15	70	35	1:7	Y <sub>15tanin</sub>

### 2.3.2. Proses Pewarnaan Pada Kain

Pada proses aplikasi pewarnaan kain ada tiga tahapan yaitu : proses pre-mordanting, proses pewarnaan dengan zat warna alami dan proses fiksasi. Pertama proses pre-mordanting kain katun berukuran 25 x 25 cm direndam dalam campuran larutan tawas 10% (b/b) dan soda abu 5% (b/b). Perbandingan antara berat kain dengan volume campuran larutan 1:10 dilakukan pada suhu 30 °C selama 24 jam, kemudian kain yang telah dicelupkan mordan dibilas dan dikeringkan. Selanjutnya proses pencelupan kain dengan zat warna alami dengan ekstrak daun susupan gunung, kain yang telah di pre-mordanting kemudian ditimbang. Perbandingan berat kain dan larutan zat warna alami yaitu 1:10. Setelah pewarnaan dilakukan pada suhu kamar selama 1 jam, kemudian kain ditiriskan hingga kering pada suhu ruang. Pencelupan dan pengeringan kain dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali. Setelah kain diwarnai, mordan atau fiksator tawas, tunjung, dan kapur digunakan untuk memfiksasi kain selama 10 menit pada suhu 60 °C dengan perbandingan berat kain dan mordan 1:10. Setelah selesai, kain ditiriskan hingga kering pada suhu ruang.

### 2.3.3. Pengujian Ketuaan Warna

Uji ketuaan warna dinyatakan dalam nilai K/S yang bertujuan untuk mempresentasikan jumlah zat warna terfiksasi kedalam serat kain. Nilai ketuaan warna (K/S) dihitung dengan persamaan *Kulbelka-Munk* :

$$K/S^0 = (1 - R)^2/2R \quad (2)$$

$$K/S = (K/S)^0 - (K/S)^1 \quad (3)$$

Dimana K adalah koefisien penyerapan cahaya, S adalah koefisien penghamburan cahaya, R adalah pantulan dari sampel yang dicelup, K/S adalah ketuaan zat warna, (K/S)<sup>0</sup> adalah ketuaan warna kain berwarna dan (K/S)<sup>1</sup> adalah ketuaan warna kain putih.

### 2.3.4. Pengujian Ketahanan Luntur Warna

Pengujian ketahanan luntur warna pertama uji pencucian sabun, kain sampel diaduk menggunakan larutan sabun selama 30 menit pada suhu 40-50 °C. Setelah itu, bilas kain sampel menggunakan air suling yang dingin sebanyak dua kali, kemudian bilas kain dengan air dingin selama 10 menit. Kain sampel dinilai dengan *grey scale* terhadap perubahan warnanya. Kedua uji gosokan, kain sampel digosok menggunakan alat *crockmeter* dengan jumlah gosokan sebanyak sepuluh kali, kemudian kain sampel dinilai dengan *staining scale* terhadap perubahan warnanya.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Menentukan Kondisi Operasi Optimum Proses Ekstraksi Dengan RSM

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan konsentrasi tanin (Y<sub>Tanin</sub>) pada ekstrak daun susupan gunung ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil dari 15 eksperimen menghasilkan interaksi antara variabel bebas (X) dan variabel respon (Y) dapat dihitung berdasarkan hasil percobaan dengan program Minitab 21 dengan persamaan sebagai berikut :

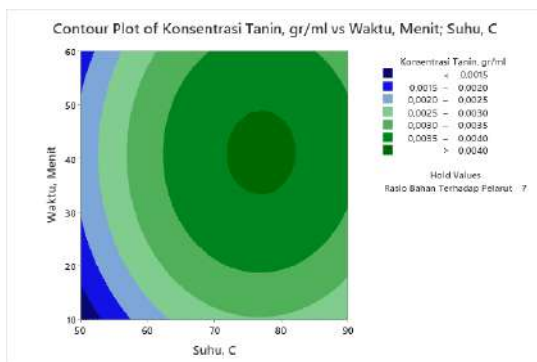


$$Y_{Tanin} = -0,01711 + 0,000413 X_1 + 0,000113 X_2 + 0,000981 X_3 - 0,000003 X_1^2 - 0,000001 X_2^2 - 0,000065 X_3^2 + 0,00000005 X_1 X_2 - 0,000001 X_1 X_3 - 0,0000074 X_2 X_3 \quad (4)$$

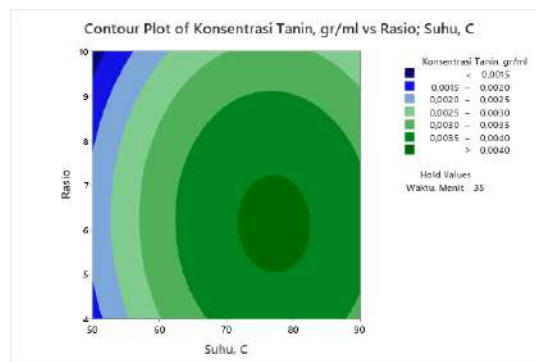
**Tabel 3.** Hasil Percobaan Optimasi Menggunakan RSM

Percobaan ke	Variabel			Respon
	Suhu (°C) $X_1$	Waktu (menit) $X_2$	Rasio bahan terhadap pelarut (g/mL) $X_3$	$Y_{Tanin}$ (g/ml)
1	70	60	1:4	0,0037
2	90	60	1:7	0,0035
3	70	35	1:7	0,0037
4	50	35	1:10	0,0017
5	70	60	1:10	0,0021
6	90	35	1:4	0,0029
7	70	10	1:4	0,0026
8	90	10	1:7	0,0027
9	50	10	1:7	0,0008
10	50	60	1:7	0,0015
11	90	35	1:10	0,0026
12	50	35	1:4	0,0018
13	70	35	1:7	0,0042
14	70	10	1:10	0,0020
15	70	35	1:7	0,0038

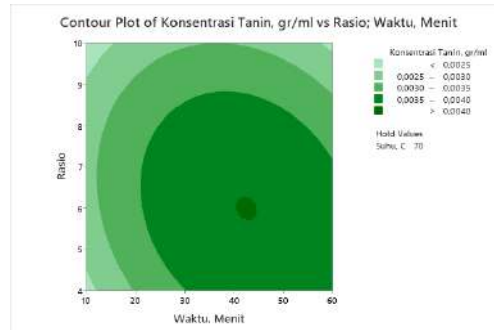
Dari persamaan (4) didapatkan nilai  $R^2$  sebesar 92,71%, yang berarti bahwa variabel yang berpengaruh terhadap konsentrasi tanin pada ekstrak daun susupan gunung yaitu suhu ( $X_1$ ), waktu ( $X_2$ ), dan rasio bahan baku dan volume pelarut ( $X_3$ ) sebesar 92,71% sedangkan untuk sisanya sebesar 7,29% lainnya merupakan pengaruh faktor lain yang tidak termasuk didalam model.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 2.** *Surface Plot* (a) Suhu vs Waktu, (b) Suhu vs Rasio, (c) Waktu vs Rasio

Hasil percobaan tersebut dapat di plot seperti Gambar 2. yang menunjukkan bahwa *surface plot* dari pengaruh suhu, waktu, dan rasio bahan baku terhadap volume pelarut pada ekstraksi daun susupan gunung. Dengan *surface plot* ini dapat menganalisa hasil variabel proses terhadap respon berdasarkan model yang telah dihasilkan. Pada Gambar 2 (a) diperoleh konsentrasi dari konsentrasi tanin di dalam ekstrak yang tertinggi yaitu 0,0035-0,004 g/ml pada suhu 65-90 °C dan pada waktu 20-60 menit. Untuk pengaruh suhu dan rasio bahan baku terhadap volume pelarut terhadap konsentrasi tanin dijelaskan pada *surface plot* Gambar 2 (b) bahwa konsentrasi tanin yang tertinggi yaitu 0,0035-0,004 g/ml pada saat suhu 65-90°C dan pada rasio 1:4 -1:8. Dan untuk Gambar 2 (c) menghasilkan *surface plot* pengaruh antara waktu dan rasio bahan baku terhadap volume pelarut dengan konsentrasi tanin tertinggi yaitu 0,0035-0,004 g/ml pada saat waktu 22-58 menit dengan rasio bahan baku terhadap volume pelarut 1:4 – 1:8. Dengan analisis menggunakan RSM maka didapatkan kondisi operasi optimum pada suhu 77°C, waktu 40 menit, dan rasio bahan baku terhadap volume pelarut 1:8 dengan konsentrasi tanin sebesar 0,004 g/ml.

### 3.2. Hasil Uji Pewarnaan Kain Katun Menggunakan Ekstrak Daun Susupan Gunung

Tabel 4. menunjukkan hasil pewarnaan kain dengan menggunakan ekstrak zat warna alami dari daun susupan gunung.

**Tabel 4.** Hasil Pewarnaan Kain Katun Menggunakan Berbagai Mordan

Jenis Mordan	Proses	
	Setelah Pewarnaan	Setelah Fiksasi
Tawas		
Tunjung		
Kapur		





Proses pewarnaan kain katun dengan menggunakan ekstrak zat warna alami dari daun susupan gunung dilakukan dengan lima kali pencelupan, kemudian dilakukan fiksasi dengan menggunakan mordan atau fiksator tawas, tunjung, dan kapur yang masing-masing menghasilkan warna yang berbeda. Pewarnaan dengan mordan tunjung menghasilkan warna yang lebih tua daripada pewarnaan dengan mordan tawas dan kapur.

### 3.2.1. Hasil Uji Ketuaan Warna

Hasil uji ketuaan warna pada kain katun yang telah diwarnai menggunakan ekstrak daun susupan gunung ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Uji Ketuaan Warna (K/S)

Kode Sampel	Uji Ke-	Reflektansi (%R)	Nilai Warna Kain	Nilai Ketuaan Zat Warna (K/S)
STD- Kain Putih		97,66	0,0003	
Tawas	1	79,32	0,0270	0,0267
	2	76,62	0,0357	0,0354
	3	80,57	0,0234	0,0231
	Rata-Rata			0,0284
Tunjung	1	7,06	6,1175	6,1172
	2	5,04	8,9458	8,9456
	3	8,54	4,8975	4,8972
	Rata-Rata			6,6533
Kapur	1	44,33	0,3496	0,3493
	2	47,43	0,2913	0,2911
	3	47,13	0,2965	0,2963
	Rata-Rata			0,3122

Berdasarkan hasil uji ketuaan warna yang dianalisis menggunakan UV *spectrophotometer* di dapatkan nilai reflektansi yang dikonversi menjadi nilai K/S untuk mengetahui jumlah zat warna yang diserap kain dengan persamaan (2) dan (3). Pada penelitian ini didapatkan nilai K/S tertinggi yaitu dengan menggunakan mordan tunjung sebesar 6,6533 dan nilai K/S terendah yaitu dengan menggunakan mordan tawas sebesar 0,0284. Sehingga urutan ketuaan warna yang dihasilkan dari yang menghasilkan warna tertua yaitu tunjung, kapur, tawas. Hasil nilai K/S ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai K/S maka semakin banyak zat yang terserap sehingga warna yang dihasilkan akan semakin gelap [9]. Penggunaan mordan pada pewarnaan kain dapat membantu penguatan zat warna alami yang diserap, satu molekul mordan dapat mengikat dua atau lebih ikatan ionik dengan molekul zat warna alami.

### 3.2.2. Hasil Uji Ketahanan Luntur Warna

Hasil uji ketahanan luntur terhadap pencucian sabun dan gosokan kain pada kain katun dengan menggunakan zat warna alami dari daun susupan gunung yang ditunjukkan pada Tabel 6.



**Tabel 6.** Hasil Uji Ketahanan Luntur Warna Terhadap Pencucian Sabun dan Gosokan Kain

Jenis Mordan	Uji Ke-	Nilai Uji Ketahanan Luntur Terhadap Pencucian Sabun	Nilai Uji Ketahanan Luntur Terhadap Gosokan Kain
Tawas	1	4-5 (Baik)	5 (Baik Sekali)
	2	4-5 (Baik)	5 (Baik Sekali)
	3	4-5 (Baik)	5 (Baik Sekali)
Tunjung	1	3 (Cukup)	4-5 (Baik)
	2	3 (Cukup)	4-5 (Baik)
	3	3 (Cukup)	4-5 (Baik)
Kapur	1	3 (Cukup)	4 (Baik)
	2	3 (Cukup)	4 (Baik)
	3	3 (Cukup)	4 (Baik)

Menurut data pada Tabel 6, kain yang digunakan dengan mordan tawas menghasilkan nilai ketahanan luntur 4-5 (baik) terhadap pencucian sabun dan nilai ketahanan luntur 5 (baik sekali) terhadap gosokan kain. Penguncian zat warna alami dengan mordan akhir dapat meningkatkan ketahanan luntur zat warna alami. Penambahan  $Al^{3+}$  pada larutan mordan tawas akan membantu proses ikatan zat warna alami dengan kain dengan kain melalui pembentukan ikatan antara ion-ion dari zat warna dan kain sehingga dapat meningkatkan kemampuan kelunturan warna pada kain [10].

#### IV. KESIMPULAN

Dengan menggunakan desain eksperimen RSM, penelitian ini menemukan kondisi operasi optimum untuk proses ekstraksi zat warna alami dari daun susupan gunung dengan pelarut air dan kecepatan pengadukan 300 rpm yaitu pada suhu  $77^{\circ}C$ , waktu 40 menit, dan rasio bahan baku terhadap volume pelarut 1:8 dengan konsentrasi tanin sebesar 0,004 g/ml. Hasil pewarnaan kain katun pada penelitian ini menghasilkan urutan kekuatan warna yaitu dengan mordan tunjung, kapur, dan tawas dengan nilai K/S 6,6533; 0,3122; 0,0284 dan diperoleh hasil ketahanan luntur terbaik dengan menggunakan mordan tawas dengan nilai ketahanan luntur 4-5 (baik) terhadap pencucian sabun dan nilai ketahanan luntur 5 (baik sekali) terhadap gosokan kain.

#### REFERENSI

1. E. Widjajanti, R. Tutik, and M. Pranjoto Utomo, “Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA,” 2011.
2. A. Mindaryani, V. S. H. Sujoto, S. C. M. Silalahi, H. T. B. M. Petrus, and E. Rahayuningsih, “Drying of Merbau (Intsia bijuga) Sawdust Extract: Effect of Temperature on the Quality of Natural Dye Product,” *Indones. J. Chem.*, vol. 23, no. 5, pp. 1445–1455, 2023, doi: 10.22146/ijc.87624.
3. I. Koodkaew, C. Senaphan, N. Sengseang, and S. Suwanwong, “Characterization of phytochemical profile and phytotoxic activity of Mimosa pigra L.,” *Agric. Nat. Resour.*, vol. 52, no. 2, pp. 162–168, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.anres.2018.06.005.
4. Prayitno, E. Kismolo, and Nurimaniwati, “Proses Ekstraksi Bahan Pewarna Alam Dari Limbah Kayu Mahono Prayitno, Endro Kismolo dan Nurimaniwati,” 2003.
5. A. Mindaryani, E. Rahayuningsih, A. Zahra, and E. E. K. Wardani, “Mass Transfer of Natural Dye Extraction and the Degradation Rate,” *ASEAN J. Chem. Eng.*, vol. 23, no. 3, pp. 400–408, 2023, doi: 10.22146/ajche.90844.
6. P. A. Handayani and A. Rahmawati, “Pemanfaatan Kulit Buah Naga (Dragon Fruit) Sebagai Pewarna Alami Makanan Pengganti Pewarna Sintesis,” *Prima Astuti Handayani dan Asri Rahmawati*, vol. 1, no. 2, p. 19, 2012.
7. D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments (Eight Edition)*, vol. 173, no. 1. 2013. doi: 10.1002/pssb.2221730144.





Seminar Nasional Sains Data 2024 (SENADA 2024)

E-ISSN 2808-5841

UPN "Veteran" Jawa Timur

P-ISSN 2808-7283

8. E. Rahayuningsih, T. Marfitania, M. S. Pamungkas, and W. S. Fatimah, "Optimization of cotton fabrics dyeing process using various natural dye extracts," *J. Rekayasa Proses*, vol. 16, no. 1, p. 58, 2022, doi: 10.22146/jrekpros.70397.
9. R. Reningtyas, M. R. Octavianto, and R. Septiyansi, "Efek Penambahan Nano Kitosan terhadap Aktivitas Anti Bakteri dan Ketahanan Warna dari Kain Katun yang Dichelup dengan Ekstrak Biji Bixa Orellana," *Nas. Tek. Kim. "Kejuangan,"* no. April, pp. 1–9, 2019.
10. H. Hernani, R. Risfaheri, and T. Hidayat, "Ekstraksi Pewarna Alami Dari Kayu Secang Dan Jambal Dengan Beberapa Jenis Pelarut," *Din. Kerajinan dan Batik Maj. Ilm.*, vol. 34, no. 2, p. 113, 2017, doi: 10.22322/dkb.v34i2.2932.