

Optimization of Pigment Extraction From Young Teak Leaves As A Source of Natural Food Color Through Temperature and Extraction Duration Study

[Optimasi Ekstraksi Pigmen Dari Daun Jati Muda Sebagai Sumber Pewarna Pangan Alami Melalui Kajian Suhu dan Lama Ekstraksi]

Mochammad Affan Lesmana¹⁾, Syarifa Ramadhani Nurbaya²⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknoogi Pangan, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: syarifa@umsida.ac.id

Abstract. *Young teak leaves (Tectona grandis) are a natural source of anthocyanin pigments that have the potential to be used as natural food coloring to replace synthetic dyes. Anthocyanin stability is influenced by temperature and extraction time. The formulation of the problem in this study was to determine the optimum temperature and extraction time in the anthocyanin extraction process from young teak leaves. This study aims to examine the effect of temperature and time on anthocyanin extraction results and determine the optimum conditions to obtain maximum yield. The study was conducted using the Response Surface Methodology (RSM) method using Central Composite Design (CCD), with variations in temperature (lower limit 40° C, upper limit 60° C) and time (lower limit 30 minutes, upper limit 90 minutes). Extraction was carried out in a water bath, with total anthocyanin response and hue angle. The flow diagram shows two main stages, namely the preparation of young teak leaf powder and the extraction process. Data were analyzed using Design Expert DX 13.0.5.0 software to find the optimum point. The results obtained are expected to provide an efficient extraction formulation and produce high-quality natural dyes.*

Keywords - anthocyanin; teak leaves; extraction

Abstrak. *Daun jati muda (Tectona grandis) merupakan sumber alami pigmen antosianin yang berpotensi digunakan sebagai pewarna pangan alami pengganti pewarna sintetis. Stabilitas antosianin dipengaruhi oleh suhu dan lama ekstraksi. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui suhu dan lama ekstraksi optimum dalam proses ekstraksi antosianin dari daun jati muda. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh suhu dan waktu terhadap hasil ekstraksi antosianin serta menentukan kondisi optimum untuk memperoleh rendemen maksimal. Penelitian dilakukan dengan metode Response Surface Methodology (RSM) menggunakan Central Composite Design (CCD), dengan variasi suhu (batas bawah 40° C, batas atas 60° C) dan waktu (batas bawah 30 menit, batas atas 90 menit). Ekstraksi dilakukan dalam waterbath, dengan respon total antosianin dan sudut hue. Diagram alir menunjukkan dua tahapan utama, yaitu persiapan serbuk daun jati muda dan proses ekstraksi. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak Design Expert DX 13.0.5.0 untuk menemukan titik optimal. Hasil yang diperoleh diharapkan memberikan formulasi ekstraksi yang efisien dan menghasilkan pewarna alami berkualitas tinggi.*

Kata Kunci - antosianin; daun jati muda; ekstraksi

I. PENDAHULUAN

Daun jati muda, yang memiliki nama ilmiah *Tectona grandis*, merupakan tanaman yang tumbuh di daerah tropis [1]. Meskipun mudah ditemukan, pemanfaatannya masih terbatas. Daun ini dikenal sebagai sumber pigmen antosianin, yang bisa menghasilkan warna merah alami dan berpotensi menjadi alternatif pengganti pewarna sintetis [2]. Daun jati mengandung berbagai pigmen dan senyawa, antara lain 38% antosianin, 30% feofitin, 23% klorofil, dan 5% β -karoten, serta beberapa senyawa lain yang belum teridentifikasi. Menariknya, daun jati muda menghasilkan warna merah yang lebih kuat dibandingkan daun yang lebih tua [3].

Antosianin sendiri termasuk dalam kelompok flavonoid dan merupakan pigmen alami yang menghasilkan warna merah, biru, dan ungu pada tanaman seperti buah, sayuran, bunga, dan daun [4]. Secara kimia, antosianin berbentuk glikosida, terdiri dari aglikon (bagian non-gula) yang terikat pada satu atau lebih molekul gula. Stabilitas ekstrak antosianin dari daun jati ini dipengaruhi oleh pH dan suhu semakin tinggi keduanya, maka semakin menurun kadar antosianin, kekuatan antioksidan, dan kualitas warnanya. Strukturnya yang mengandung cincin benzen dengan gugus hidroksil dan gugus fungsional lain membuatnya memiliki warna khas [5]. Karena stabil dan aman untuk dikonsumsi, antosianin banyak dipakai sebagai pewarna alami di industri makanan [6]. Pemanfaatan daun jati muda

sebagai sumber pigmen alami dapat meningkatkan nilai yang lebih ekonomis dan nilai guna pada daun jati muda dan menghasilkan pigmen yang aman bagi kesehatan manusia maupun lingkungan [1]. Antosianin umumnya ditemukan di bagian tanaman yang terpapar cahaya matahari, seperti kulit buah, bunga, dan daun muda [7]. Menurut [6] lebih dari 700 jenis antosianin telah berhasil diidentifikasi dari berbagai tanaman. Beberapa sumber alami antosianin yang populer meliputi anggur, stroberi, blueberry, delima, kubis merah, dan daun jati muda. Dalam tanaman, antosianin berperan melindungi dari radiasi UV, oksidasi, dan serangan hama, serta memiliki efek antioksidan yang menguntungkan bagi kesehatan manusia [8]. Oleh karena itu, pemanfaatan antosianin dari daun jati muda sangat potensial untuk menggantikan pewarna sintetis yang berisiko terhadap kesehatan [9].

Ekstraksi merupakan langkah penting dalam memperoleh senyawa aktif dari sumber alami, seperti antosianin [10]. Efisiensi ekstraksi antosianin sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter, antara lain suhu dan lama waktu ekstraksi [11]. Suhu yang tinggi juga dapat meningkatkan kelarutan dan difusi senyawa antosianin, dan bisa menyebabkan kerusakan [12]. Sementara untuk waktu ekstraksi yang terlalu singkat dapat menyebabkan hasil ekstraksi yang rendah, sedangkan pada waktu yang terlalu lama dapat berpotensi terjadinya degradasi senyawa [13]. Pelarut yang bersifat polar cenderung lebih efektif dalam melarutkan antosianin karena antosianin sendiri merupakan senyawa polar [14]. Penelitian sebelumnya [15] telah mengkaji penggunaan berbagai jenis pelarut, termasuk etanol, untuk mengekstraksi antosianin. Etanol memang dapat digunakan sebagai pelarut dalam makanan, namun penggunaannya terbatas karena termasuk dalam golongan alkohol. Penggunaan etanol diawasi ketat, terutama terkait konsumen anak-anak, ibu hamil, dan pertimbangan keagamaan seperti kehalalan produk. Selain itu, etanol bersifat mudah menguap dan memiliki aroma khas yang dapat mengganggu indera penciuman [16]. Oleh karena itu, pelarut seperti aquades sering menjadi alternatif karena lebih aman, bersifat netral, dan tidak menimbulkan masalah etika maupun rasa [17]. Dalam penelitian [1], diketahui bahwa serbuk antosianin dapat larut sempurna dalam aquades dalam waktu 37 detik.

Meskipun penelitian tentang ekstraksi antosianin telah banyak dilakukan, kajian terkait pengaruh suhu dan lama ekstraksi pada daun jati muda masih terbatas. Padahal, optimalisasi kedua faktor tersebut sangat penting untuk memperoleh rendemen dan konsentrasi antosianin yang tinggi, guna meningkatkan kualitas dan efektivitas antosianin sebagai pewarna alami. Ekstraksi sendiri merupakan tahap kunci dalam memperoleh senyawa aktif dari bahan alam. Salah satu metode yang sering digunakan adalah ekstraksi menggunakan waterbath, yaitu pemanasan dengan suhu terkontrol dalam penangas air. Metode ini termasuk ekstraksi panas konvensional yang lebih efisien dibandingkan metode perendaman dingin (maceration), karena suhu yang stabil mempercepat pelepasan senyawa bioaktif [18]. Dalam konteks daun jati muda, waterbath diharapkan mampu menghasilkan ekstrak yang optimal tanpa merusak struktur senyawanya.

Oleh karena itu, pemilihan metode ekstraksi yang tepat sangat penting untuk mendapatkan ekstrak berkualitas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar produk alami. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi suhu dan waktu ekstraksi terhadap kandungan antosianin daun jati muda, serta menentukan kondisi terbaik untuk menghasilkan ekstrak yang berpotensi sebagai pewarna alami pada pangan.

Rumusan Masalah

1. Berapakah suhu yang optimum dalam proses ekstraksi pigmen antosianin dari daun jati muda?
2. Berapakah lama waktu yang optimum dalam proses ekstraksi Pigmen antosianin dari daun jati muda?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui suhu optimum dalam proses ekstraksi antosianin dari daun jati muda.
2. Menentukan lama waktu ekstraksi yang optimum untuk memperoleh hasil antosianin maksimal dari daun jati muda.

II. METODE

A. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus – Oktober 2025, di Laboratorium Pengembangan Produk, dan Laboratorium Analisa Pangan, Fakultas Sains dan teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo,

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi daun jati muda (*Tectona grandis*) segar sebagai bahan utama dari Dsn. Summersari, Beji, Pasuruan, aquades (Brataco) sebagai pelarut, Buffer pH 1.0, Buffer pH 4.5. Alat-alat yang digunakan antara lain timbangan analitik untuk menimbang bahan, blender Philips untuk menghancurkan daun jati, erlenmeyer sebagai wadah ekstraksi, serta corong dan kertas saring untuk proses penyaringan. Analisis dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, Refraktometer (HT119ATC 0-90% Brix), kuvet, mikro pipet, tabung reaksi, waterbath memmert untuk proses pemanasan, pipet ukur, pipet tetes, aluminium foil, dan labu ukur untuk pengambilan dan pengukuran larutan secara presisi.

C. Rancangan Percobaan

Penelitian ini dirancang menggunakan metode CCD yang merupakan bagian dari RSM. Rancangan yang digunakan pada Tabel 1 dan Tabel 2 [19].

Tabel 1. Rancangan Pada Metode Permukaan Respon

	Suhu Ekstraksi	Waktu Ekstraksi
Titik Bawah	40° C	30 menit
Titik Tengah	50° C	60 menit
Titik Atas	60° C	90 menit

D. Variabel Pengamatan

1. Uji Kimia
 - Uji Aktivitas Antosianin metode Spektrofotometer [20]
- Uji Fisik
 - Sudut Hue metode colour reader [22]

E. Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Design Expert DX 13.0.0* (Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA) dengan metode *Response Surface Methodology* (RSM) yang berbasis *Central Composite Design* (CCD). Validitas prediksi model dievaluasi melalui *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan membandingkan hasil simulasi dan data eksperimental. Setelah itu, dilakukan tahap verifikasi, yang kemudian dilanjutkan dengan analisis tambahan menggunakan perangkat lunak *Minitab*.

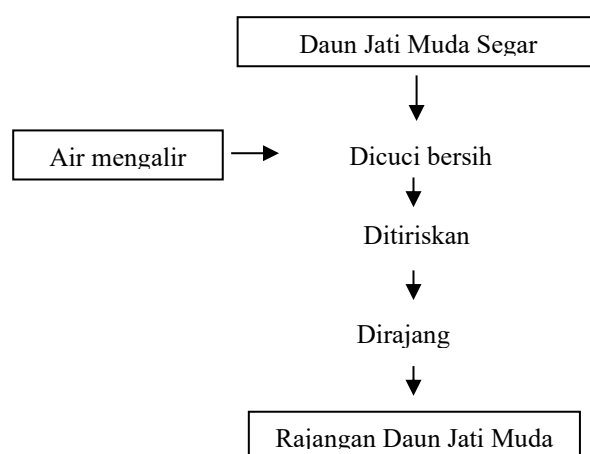
Tabel 2. Rancangan Komposisi Pusat Pada Permukaan Respon

No	Variabel Kode		Variabel Sebenarnya		Respon	
	A	B	Suhu (° C)	Waktu (menit)	Nilai a*	Nilia b*
1.	-1.414	0	35.8579	60		
2.	1	1	60	90		
3.	-1	1	40	90		
4.	-1	-1	40	30		
5.	0	0	50	60		
6.	1.414	0	64.1421	60		
7.	0	1.414	50	102.426		
8.	0	-1.414	50	17.5736		
9.	0	0	50	60		
10.	0	0	50	60		
11.	0	0	50	60		
12.	0	0	50	60		
13.	1	-1	60	30		

F. Prosedur Penelitian

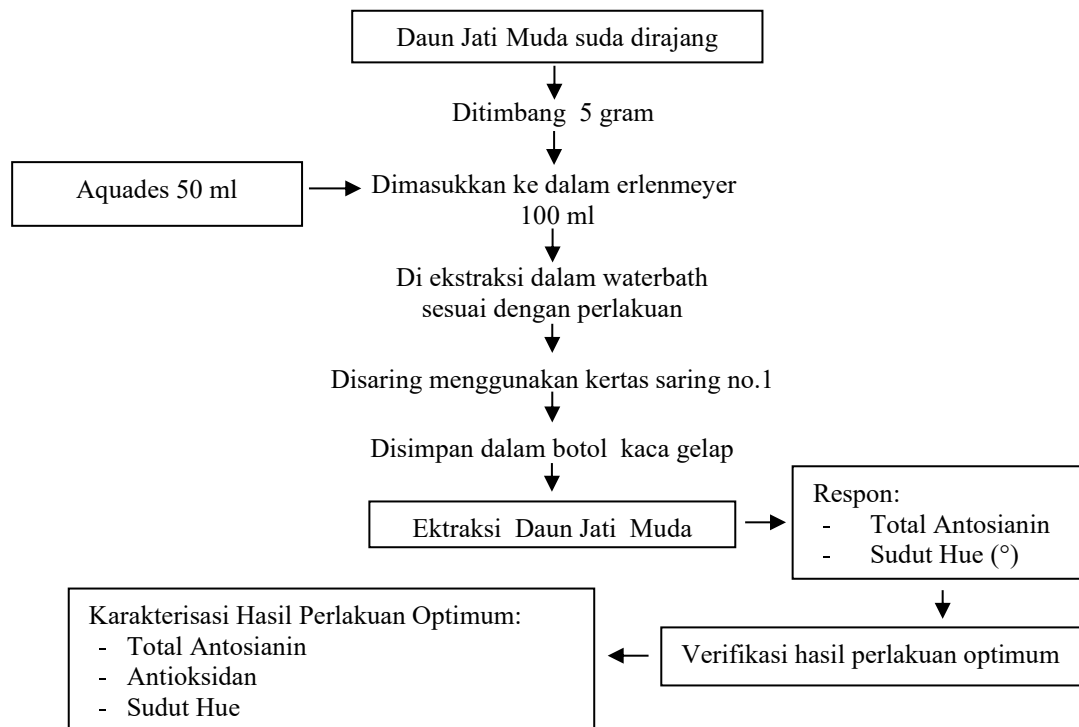
1. Tahapan Perajangan Daun Jati Muda Segar

1. Dicuci daun jati muda segar dengan air mengalir
2. Ditiriskan
3. Dirajang atau dipotong kecil-kecil guna memepermudah proses ekstraksi.

**Gambar 1.** Diagram alir perajangan daun jati muda segar

2. Proses Optimasi Ekstraksi Daun Jati Muda

1. Ditimbang 5 gram daun jati yang sudah di rajang.
2. Dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml dengan penambahan aquades 100 ml.
3. Diekstraksi dalam waterbath sesuai dengan perlakuan, setelah temperature tercapai.
4. Dipisahkan melalui penyaringan menggunakan kertas saring no.1.
5. Disimpan dalam botol kaca gelap hingga temperature larutan warna turun ke temperatur ruang 25°C
6. Dilakukan karakteristik hasil verifikasi optimal [18].



Gambar 2. Diagram alir optimasi ekstraksi daun jati muda [18]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data statistik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *Software Design Expert DX 13.0.5.0*. Hasil data total Ekstaksi dari rancangan komposit pusat dilihat pada **Tabel.3**

Tabel 3. Data Respon Ekstraksi Daun Jati Muda Dari Rancangan Komposit Pusat.

No	Variabel Kode		Variabel Sebenarnya		Respon	
	A	B	Suhu (° C)	Waktu (menit)	Nilai a*	Nilai b*
1.	-1.414	0	35.8579	60	25.26	30.88
2.	1	1	60	90	25.71	33.91
3.	-1	1	40	90	24.53	31.33
4.	-1	-1	40	30	24.58	34.51
5.	0	0	50	60	27.77	34.57
6.	1.414	0	64.1421	60	30.18	34.78
7.	0	1.414	50	102.426	26.91	34.44
8.	0	-1.414	50	17.5736	25.93	30.22
9.	0	0	50	60	29.05	31.57
10.	0	0	50	60	27.33	30.12
11.	0	0	50	60	27.68	32.11
12.	0	0	50	60	29.21	32.09
13.	1	-1	60	30	29.11	30.59

Pemilihan Model Pada Respon Nilai a*

Berdasarkan **Tabel 4 Model Sum of Squares Respon Nilai a***, pemilihan model dilakukan dengan membandingkan signifikansi beberapa model statistik, yaitu model linear, interaksi dua faktor (2FI), kuadrat, dan kubik. Hasil analisis menunjukkan bahwa model kuadrat memberikan peningkatan keragaman respon yang paling baik dibandingkan model sebelumnya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F-hitung sebesar 4,31 dengan p-value 0,0602, yang mendekati taraf signifikansi 5%. Meskipun nilainya sedikit lebih besar dari 0,05, model kuadrat tetap dipilih karena memberikan peningkatan kecocokan model dibandingkan model linear dan 2FI. Model linear menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap mean (p-value 0,0353), namun belum mampu menjelaskan hubungan nonlinier antara variabel proses dengan respon warna a*. Model 2FI tidak menunjukkan pengaruh signifikan (p-value 0,2767), sedangkan model kubik mengalami ketidakmampuan estimasi parameter (parameter saling tumpang tindih), sehingga tidak layak digunakan. Dengan demikian, model kuadrat direkomendasikan (suggested) untuk analisis respon nilai a* antosianin daun jati muda.

Tabel 4. Model Sum of Squares Respon Nilai a*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F-Hitung	p-value proh>F	Keterangan
Mean vs Total	9598,89	1	9598,89			
Linear vs Mean	20,59	2	10,3	4,76	0,0353	
2FI vs Linear	2,81	1	2,81	1,34	0,2767	
Quadratic vs 2FI	10,39	2	5,2	4,31	0,0602	Suggested
Cubic vs Quadratic	5,48	3	1,83	2,47	0,201	Aliased
Residual	2,95	4	0,7386			
Total	9641,12	13	741,62			

Tabel 5 menyajikan ringkasan statistik masing-masing model yang meliputi nilai *Standard Deviation*, R^2 , *Adjusted R^2* , *Predicted R^2* , dan *PRESS*. Model kuadrat memiliki nilai R^2 sebesar 0,8002, yang berarti bahwa 80,02% variasi respon nilai a* dapat dijelaskan oleh model. Nilai Adjusted R^2 sebesar 0,6575 menunjukkan bahwa model masih cukup baik setelah mempertimbangkan jumlah variabel dalam model. Nilai Predicted R^2 sebesar -0,0327 mengindikasikan bahwa kemampuan prediksi model terhadap data baru masih terbatas, namun nilai *PRESS* yang relatif lebih kecil dibandingkan model lainnya menunjukkan bahwa model kuadrat tetap merupakan model terbaik yang tersedia dalam penelitian ini. Model linear dan 2FI memiliki nilai R^2 yang lebih rendah, sehingga kurang mampu menjelaskan variasi respon nilai a*. Sementara itu, model kubik kembali tidak dipertimbangkan karena mengalami keterbatasan identifikasi parameter. Oleh karena itu, model kuadrat dipilih sebagai model statistik yang paling sesuai untuk menggambarkan hubungan antara variabel proses dengan respon nilai a*.

Tabel 5. Pemilihan Ringkasan Model Statistika Respon Nilai a*

Sumber Keragaman	Std. Dev.	R^2	Adjusted R^2	Predicted R^2	PRESS	Keterangan
Linear	1,47	0,4876	0,3852	0,0725	39,17	
2FI	1,45	0,5541	0,4054	-0,3594	57,4	
Quadratic	1,1	0,8002	0,6575	-0,0327	43,61	Suggested
Cubic	0,8594	0,93	0,7901		*	Aliased

Hasil analisis ragam (ANOVA) pada Tabel 6 menunjukkan bahwa model kuadrat secara keseluruhan signifikan, dengan nilai F-hitung sebesar 5,61 dan p-value 0,0215 ($p < 0,05$). Hal ini menandakan bahwa variasi faktor proses berpengaruh nyata terhadap perubahan nilai a* antosianin daun jati muda.

Uji *Lack of Fit* menghasilkan p-value sebesar 0,201 ($> 0,05$), yang menunjukkan bahwa ketidaksesuaian model tidak signifikan. Dengan demikian, model kuadrat yang diperoleh telah sesuai dan mampu merepresentasikan data eksperimen dengan baik.

Secara parsial, faktor B (suhu ekstraksi) memberikan pengaruh signifikan terhadap respon nilai a*, ditunjukkan oleh p-value 0,0047 ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa suhu ekstraksi berperan penting dalam

memengaruhi intensitas warna merah antosianin. Faktor A (waktu ekstraksi) serta interaksi AB tidak menunjukkan pengaruh signifikan karena memiliki nilai p-value lebih besar dari 0,05. Nilai R^2 (0,8002) dan Adjusted R^2 (0,6575) mendukung bahwa model kuadrat memiliki kemampuan yang cukup baik dalam menjelaskan variasi respon nilai a^* antosianin daun jati muda.

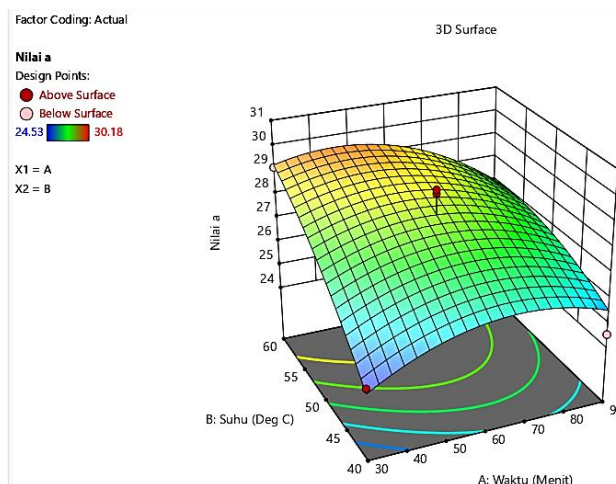
Tabel 6. Analisis Ragam Pada Respon Nilai a^* Model *Quadratic*

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F-Hitung	p-value $proh>F$	Keterangan
Model	33,79	5	6,76	5,61	0,0215	significant
Lack of Fit	5,48	3	1,83	2,47	0,201	not significant
A-Waktu	0,5326	1	0,5326	0,4418	0,5275	
B-Suhu	20,06	1	20,06	16,64	0,0047	
AB	2,81	1	2,81	2,33	0,1709	
Std. Dev.	1,1					
R^2	0,8002					
Adjusted R^2	0,6575					
Predicted R^2	-0,0327					
PRESS	43,61					

Grafik permukaan respon (3D surface) menunjukkan pengaruh waktu ekstraksi (A) dan suhu (B) terhadap nilai a^* pada ekstrak antosianin daun jati muda. Nilai a^* merepresentasikan intensitas warna merah, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan warna merah yang semakin kuat dan berkorelasi dengan keberadaan senyawa antosianin. Permukaan grafik yang melengkung menunjukkan bahwa hubungan antara kedua faktor dengan nilai a^* bersifat tidak linier, serta mengindikasikan adanya efek kuadratik dan interaksi antara waktu ekstraksi dan suhu. Peningkatan waktu ekstraksi dari 30 menit hingga sekitar 60–70 menit menyebabkan peningkatan nilai a^* , yang menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak antara pelarut dan bahan, semakin besar jumlah antosianin yang terekstraksi sehingga intensitas warna merah meningkat. Namun, pada waktu ekstraksi yang lebih lama mendekati 90 menit, nilai a^* cenderung menurun. Penurunan ini diduga disebabkan oleh degradasi antosianin akibat paparan panas yang terlalu lama, sehingga intensitas warna merah berkurang.

Pengaruh suhu ekstraksi menunjukkan pola yang serupa. Peningkatan suhu dari 40 °C hingga sekitar 50–55 °C meningkatkan nilai a^* , yang menandakan bahwa suhu moderat mampu mempercepat difusi dan perpindahan massa antosianin dari jaringan daun jati muda ke dalam pelarut. Akan tetapi, pada suhu yang lebih tinggi mendekati 60 °C, nilai a^* mengalami penurunan. Hal ini berkaitan dengan ketidakstabilan antosianin pada suhu tinggi, yang menyebabkan degradasi struktur pigmen dan menurunkan intensitas warna merah.

Interaksi antara waktu dan suhu terlihat dari pola kontur elips pada dasar grafik, yang menunjukkan bahwa perubahan nilai a^* tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor secara tunggal, melainkan oleh kombinasi keduanya. Nilai a^* tertinggi diperoleh pada kombinasi waktu dan suhu pada tingkat menengah, sedangkan kombinasi waktu dan suhu yang terlalu tinggi tidak menghasilkan intensitas warna merah maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa optimasi proses ekstraksi antosianin daun jati muda perlu mempertimbangkan keseimbangan antara waktu dan suhu untuk memperoleh nilai a^* yang optimal.



Gambar 1. Grafik 3D Interaksi Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Nilai a*

Pemilihan Model Pada Respon Nilai b*

Berdasarkan Tabel 7 *Model Sum of Squares Respon Nilai b**, pemilihan model dilakukan dengan membandingkan model linear, interaksi dua faktor (2FI), kuadratik, dan kubik. Hasil analisis menunjukkan bahwa model 2FI (interaksi dua faktor) memberikan kontribusi keragaman yang paling signifikan terhadap respon nilai b*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai F-hitung sebesar 12,65 dengan p-value 0,0061 ($p < 0,05$) pada perbandingan 2FI terhadap model linear. Model linear tidak menunjukkan pengaruh signifikan (p-value 0,2337), sedangkan penambahan suku kuadratik tidak memberikan peningkatan model yang berarti (p-value 0,9637). Model kubik mengalami ketidakmampuan estimasi parameter (parameter saling tumpang tindih), sehingga tidak dapat digunakan. Dengan demikian, berdasarkan uji signifikansi model, model 2FI direkomendasikan (suggested) untuk menggambarkan hubungan antara variabel proses dan respon nilai b* antosianin daun jati muda.

Tabel 7. *Model Sum of Squares Respon Nilai b**

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F-Hitung	p-value $\text{proh} > F$	Keterangan
Mean vs Total	13624,21	1	13624,21			
Linear vs Mean	2,9	2	1,45	1,69	0,2337	
2FI vs Linear	5,02	1	5,02	12,65	0,0061	Suggested
Quadratic vs 2FI	0,0375	2	0,0187	0,0372	0,9637	
Cubic vs Quadratic	0,9509	3	0,317	0,4913	0,7071	Aliased
Residual	2,58	4	0,6452			
Total	13635,69	13	1048,9			

Tabel 8 menyajikan ringkasan statistik dari masing-masing model. Model 2FI memiliki nilai R^2 sebesar 0,6892, yang menunjukkan bahwa 68,92% variasi respon nilai b* dapat dijelaskan oleh model. Nilai Adjusted R^2 sebesar 0,5856 mengindikasikan bahwa model cukup stabil setelah memperhitungkan jumlah variabel dalam model. Nilai Predicted R^2 sebesar 0,4049 menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediksi yang cukup baik terhadap data baru. Selain itu, nilai *PRESS* terendah (6,83) dibandingkan model lainnya semakin menguatkan bahwa model 2FI merupakan model yang paling sesuai untuk respon nilai b*. Model linear dan kuadratik menunjukkan nilai R^2 dan kemampuan prediksi yang lebih rendah, sedangkan model kubik tidak digunakan karena mengalami keterbatasan identifikasi parameter. Oleh karena itu, model 2FI dipilih sebagai model statistik terbaik untuk analisis respon nilai b*.

Tabel 8. Pemilihan Ringkasan Model Statistika Respon Nilai b*

Sumber Keragaman	Std. Dev.	R ²	Adjusted R ²	Predicted R ²	PRESS	Keterangan
Linear	0,9266	0,2523	0,1028	-0,4178	16,28	
2FI	0,6297	0,6892	0,5856	0,4049	6,83	Suggested
Quadratic	0,7103	0,6925	0,4728	0,0601	10,79	
Cubic	0,8032	0,7753	0,3258		*	Aliased

Hasil analisis ragam (ANOVA) pada Tabel 9 menunjukkan bahwa model 2FI secara keseluruhan signifikan, dengan nilai F-hitung sebesar 6,65 dan p-value 0,0116 ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi faktor proses berpengaruh nyata terhadap perubahan nilai b* antosianin daun jati muda.

Uji *Lack of Fit* menunjukkan nilai p-value sebesar 0,8867 ($p > 0,05$), yang menandakan bahwa ketidaksesuaian model tidak signifikan. Dengan demikian, model 2FI telah sesuai dan mampu merepresentasikan data eksperimen dengan baik.

Secara parsial, faktor A (waktu ekstraksi) menunjukkan pengaruh yang mendekati signifikan terhadap respon nilai b* (p-value 0,0716). Faktor B (suhu ekstraksi) tidak menunjukkan pengaruh signifikan (p-value 0,1103). Namun, interaksi antara waktu dan suhu ekstraksi (AB) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respon nilai b*, ditunjukkan oleh p-value 0,0061 ($p < 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan nilai b* sangat dipengaruhi oleh kombinasi waktu dan suhu ekstraksi, bukan oleh masing-masing faktor secara terpisah.

Nilai R² (0,6892) dan Adjusted R² (0,5856) menunjukkan bahwa model 2FI memiliki kemampuan yang cukup baik dalam menjelaskan variasi respon nilai b* antosianin daun jati muda.

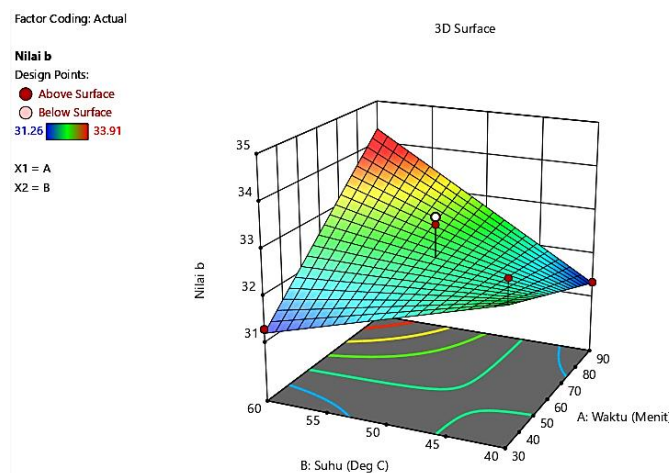
Tabel 9. Analisis Ragam Pada Respon Nilai b* Model 2FI

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F-Hitung	p-value $\text{proh} > F$	Keterangan
Model	7,91	3	2,64	6,65	0,0116	significant
Lack of Fit	0,9884	5	0,1977	0,3064	0,8867	not significant
A-Waktu	1,65	1	1,65	4,17	0,0716	
B-Suhu	1,24	1	1,24	3,14	0,1103	
AB	5,02	1	5,02	12,65	0,0061	
Std. Dev.	0,6297					
R²	0,6892					
Adjusted R²	0,5856					
Predicted R²	0,4049					
PRESS	6,83					

Berdasarkan grafik permukaan respon (3D surface plot) nilai b pada uji antosianin daun jati muda, terlihat bahwa waktu dan suhu ekstraksi memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai b ekstrak. Nilai b yang merepresentasikan intensitas warna kuning–biru menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan suhu ekstraksi hingga mencapai kondisi tertentu. Peningkatan suhu ekstraksi menyebabkan pelunakan dinding sel daun jati muda sehingga pelepasan pigmen antosianin ke dalam pelarut menjadi lebih optimal, yang tercermin dari meningkatnya nilai b.

Selain suhu, waktu ekstraksi juga berperan penting dalam menentukan nilai b ekstrak. Semakin lama waktu ekstraksi, kontak antara pelarut dan bahan semakin intensif sehingga difusi senyawa antosianin meningkat. Namun, grafik menunjukkan bahwa pada waktu ekstraksi yang terlalu lama, peningkatan nilai b cenderung melambat, yang mengindikasikan bahwa proses ekstraksi telah mendekati kondisi jenuh. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan waktu ekstraksi setelah titik tertentu tidak lagi memberikan peningkatan signifikan terhadap nilai b.

Interaksi antara waktu dan suhu ekstraksi terlihat dari bentuk permukaan grafik yang tidak datar dan membentuk kemiringan tertentu. Kombinasi suhu menengah hingga tinggi dengan waktu ekstraksi menengah hingga lama menghasilkan nilai b yang relatif lebih tinggi dibandingkan kombinasi faktor lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa efektivitas suhu dalam meningkatkan nilai b sangat bergantung pada lamanya waktu ekstraksi. Meskipun demikian, penggunaan suhu dan waktu yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan degradasi senyawa antosianin, sehingga kondisi optimum ekstraksi berada pada daerah puncak permukaan respon, bukan pada batas ekstrem faktor.



Gambar 2. Grafik 3D Interaksi Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Nilai a^*

Verifikasi Titik Optimal Respon Nilai a^* dan Nilai b^*

Proses optimasi ekstraksi antosianin dari daun jati muda dilakukan menggunakan *Software Design Expert DX 13.0.5.0* dengan mempertimbangkan variabel proses dan respon mutu ekstrak. Parameter yang dioptimalkan mencakup waktu ekstraksi (A), suhu ekstraksi (B), serta atribut warna ekstrak yang dinyatakan dalam nilai a^* dan b^* . Setiap parameter ditetapkan dalam rentang tertentu dengan tingkat kepentingan yang sama untuk menghasilkan kondisi optimum yang seimbang. Waktu ekstraksi dioptimalkan dengan tujuan mencapai nilai maksimum pada kisaran 30–90 menit[23]. Peningkatan waktu ekstraksi memungkinkan kontak yang lebih lama antara pelarut dan matriks bahan, sehingga pelepasan senyawa antosianin dapat berlangsung lebih efektif. Namun, pembatasan waktu tetap diterapkan guna menghindari penurunan kualitas antosianin akibat proses degradasi. Suhu ekstraksi ditetapkan untuk diminimalkan pada rentang 40–60 °C karena antosianin cenderung tidak stabil pada suhu tinggi[24]. Walaupun peningkatan suhu dapat mempercepat laju ekstraksi, suhu yang terlalu tinggi berpotensi merusak struktur pigmen melalui reaksi oksidatif[25]. Oleh karena itu, suhu rendah hingga menengah dipilih untuk menjaga keseimbangan antara stabilitas senyawa dan efisiensi proses.

Parameter warna ekstrak, yaitu nilai a^* dan b^* , ditargetkan untuk dimaksimalkan sebagai indikator kualitas visual ekstrak. Nilai a^* mencerminkan intensitas warna merah khas antosianin, sedangkan nilai b^* berperan dalam menentukan nuansa warna secara keseluruhan[26]. Peningkatan kedua nilai tersebut menunjukkan keberhasilan proses ekstraksi dalam mempertahankan karakter warna alami daun jati muda. Penyamaan bobot dan tingkat kepentingan seluruh parameter menunjukkan bahwa setiap variabel memiliki kontribusi yang setara terhadap hasil akhir. Secara keseluruhan, hasil optimasi menunjukkan bahwa kombinasi waktu ekstraksi yang relatif panjang dengan suhu ekstraksi yang moderat mampu menghasilkan ekstrak antosianin yang stabil dan memiliki kualitas warna yang optimal, sehingga berpotensi diaplikasikan sebagai sumber pewarna alami berbasis bahan alami[27].

Verifikasi titik optimum dilakukan dengan membandingkan hasil solusi optimal berdasarkan model yang dipilih dengan nilai aktual saat penelitian. Apabila nilai respon yang dihasilkan berbeda dengan nilai minimum dan maksimum respon maka simpangan dari respon dapat ditentukan. Perbandingan hasil prediksi dan aktual dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 10. Solusi Titik Optimum Pada *Software Design Expert*

	Suhu (°C)	Waktu (Menit)	Nilai a^*	Nilai b^*	Desirability	Keterangan
Prediksa	51.013	85.882	27.200	32.903	0.592	Selected
Verifikasi	51.013	85.882	27.486	33.285		
Tingkat Ketepatan (%)			98,95 %	98,84 %		

Berdasarkan **Tabel 4**, berdasarkan hasil optimasi yang dilakukan menggunakan *Software Design Expert DX 13.0.5.0* kondisi proses optimum diperoleh pada suhu ekstraksi 51.013 °C dengan waktu ekstraksi 85.882 menit. Pada kondisi tersebut, model memprediksi nilai respon warna a* sebesar 27.200 dan b* sebesar 32.903, disertai nilai desirability sebesar 0.592. Nilai desirability yang mendekati satu menunjukkan bahwa tujuan optimasi telah tercapai dengan cukup baik. Hasil verifikasi melalui percobaan pada kondisi yang sama menunjukkan nilai a* sebesar 27.486 dan nilai b* sebesar 33.285. Perbedaan antara nilai prediksi dan hasil aktual relatif kecil, dengan tingkat kesesuaian mencapai 98.95% untuk nilai a* dan 98.84% untuk nilai b*. Tingkat kesesuaian yang tinggi ini menunjukkan bahwa model matematis yang dikembangkan memiliki tingkat keandalan yang baik dalam memprediksi respon. Adanya selisih antara nilai prediksi dan hasil verifikasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain perbedaan karakteristik bahan baku, fluktuasi kondisi selama proses ekstraksi, serta keterbatasan presisi alat ukur. Namun demikian, perbedaan tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima secara ilmiah, sehingga model optimasi yang dihasilkan dapat dianggap valid. Oleh karena itu, suhu 51.013 °C dan waktu ekstraksi 85.882 menit direkomendasikan sebagai kondisi optimum untuk menghasilkan ekstrak antosianin dengan karakteristik warna yang optimal.

Karakteristik Ekstraksi Daun Jati Muda Pada Kondisi Optimum

Tabel 11. Hasil Optimasi Nilai a* dan b* Ujia Antosianin

Respon	Waktu (menit)	Suhu (0C)	Hasil
Nilai a*	85.882	51.013	27.486
Nilai b*	85.882	51.013	33.285

Hasil optimasi yang dilakukan menggunakan *Software Design Expert DX 13.0.5.0* menunjukkan bahwa kondisi optimum ekstraksi daun jati muda dicapai pada suhu 51.013 °C dengan waktu ekstraksi 85.882 menit dan nilai desirability sebesar 0.592. Nilai desirability tersebut menunjukkan bahwa kombinasi variabel proses yang digunakan telah memenuhi kriteria optimasi yang ditetapkan dalam penelitian ini. Pada kondisi optimum tersebut, model memprediksi nilai respon warna a* sebesar 27.200 dan b* sebesar 32.903. Sementara itu, hasil verifikasi eksperimental menunjukkan nilai aktual a* sebesar 27.486 dan b* sebesar 33.285. Nilai a* yang bernilai positif menandakan dominasi warna merah, sedangkan nilai b* yang juga positif menunjukkan kecenderungan warna kuning, sehingga ekstrak daun jati muda yang dihasilkan memiliki karakter warna merah kecokelatan yang khas dari pigmen antosianin[28]. Perbandingan antara nilai prediksi dan hasil verifikasi menunjukkan tingkat ketepatan yang sangat tinggi, yaitu sebesar 98.95% untuk nilai a* dan 98.84% untuk nilai b*. Selain parameter warna, karakteristik ekstrak juga dievaluasi berdasarkan kadar antosianin total, aktivitas antioksidan, serta sudut hue. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa kadar antosianin total ekstrak pada kondisi optimum mencapai 1.285, dengan tingkat ketepatan prediksi model sebesar 94.62%. Hal ini menunjukkan bahwa proses ekstraksi berlangsung secara efektif dalam melarutkan senyawa antosianin.

Aktivitas antioksidan ekstrak hasil verifikasi diperoleh sebesar 8.916, yang mengindikasikan bahwa ekstrak daun jati muda memiliki potensi antioksidan yang cukup baik. Aktivitas tersebut berkaitan erat dengan kandungan antosianin, mengingat senyawa ini dikenal memiliki kemampuan dalam menangkal radikal bebas[29]. Adapun nilai sudut hue hasil verifikasi sebesar 54.791, dengan tingkat ketepatan model mencapai 98.37%, yang menunjukkan bahwa warna ekstrak berada pada rentang merah kekuningan serta mencerminkan kestabilan warna pada kondisi optimum[30]. Suhu ekstraksi sekitar 51 °C dinilai efektif dalam menjaga stabilitas antosianin agar tidak mengalami degradasi, sementara waktu ekstraksi selama 85.882 menit memberikan durasi yang memadai bagi proses difusi senyawa bioaktif dari matriks daun ke dalam pelarut. Kombinasi kedua parameter tersebut menghasilkan ekstrak dengan intensitas warna yang tinggi, kandungan antosianin yang relatif besar, serta aktivitas antioksidan yang baik.

Dengan demikian, karakteristik ekstrak daun jati muda pada kondisi optimum ditandai oleh nilai a* sebesar 27.486, b* sebesar 33.285, kadar antosianin total 1.285, aktivitas antioksidan 8.916, dan sudut hue 54.791, dengan tingkat ketepatan model yang umumnya melebihi 94%. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi optimum mampu menghasilkan ekstrak yang stabil, konsisten, dan berpotensi dikembangkan sebagai sumber pewarna alami yang ramah lingkungan serta bernilai fungsional untuk aplikasi pangan maupun nonpangan.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa optimasi proses ekstraksi daun jati muda dengan menggunakan *Software Design Expert DX 13.0.5.0* berhasil menentukan kondisi ekstraksi yang optimal. Kondisi tersebut diperoleh pada suhu 51.013 °C dengan waktu ekstraksi 85.882 menit dan nilai desirability sebesar 0.592, yang menunjukkan bahwa kombinasi variabel proses telah memenuhi kriteria optimasi yang ditetapkan. Ekstraksi pada kondisi optimum menghasilkan ekstrak dengan kualitas warna yang baik, yang ditunjukkan oleh nilai a^* sebesar 27.486 dan nilai b^* sebesar 33.285. Nilai tersebut mencerminkan dominasi warna merah kekuningan yang merupakan karakteristik khas pigmen antosianin. Tingkat kesesuaian antara hasil prediksi model dan hasil verifikasi untuk parameter warna tergolong sangat tinggi, masing-masing sebesar 98.95% untuk nilai a^* dan 98.84% untuk nilai b^* , sehingga model yang digunakan dapat dinyatakan akurat dan valid. Selain karakteristik warna, ekstrak daun jati muda pada kondisi optimum juga memiliki kadar antosianin total sebesar 1.285 dengan tingkat ketepatan prediksi mencapai 94.562%, serta aktivitas antioksidan sebesar 8.916 yang menunjukkan potensi ekstrak sebagai sumber senyawa bioaktif. Nilai sudut hue sebesar 54.791 dengan tingkat ketepatan 98.37% mengindikasikan bahwa warna ekstrak yang dihasilkan stabil dan konsisten.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, serta masukan selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih yang tulus juga penulis sampaikan kepada orang tua dan keluarga tercinta atas doa, dukungan moral, dan motivasi yang tiada henti. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman seangkatan yang telah memberikan bantuan, semangat, serta kebersamaan selama masa studi. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada petugas laboratorium Teknologi Pangan yang selalu memberikan segala ilmu pengetahuan dan memberikan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- [1] E. M. Riahna Br Kembaren, Sesotya Putriliniar, Nurwenda Novan Maulana, Kiki Yulianto, Radium Ikono, Nurul Taufiqu Rochman, "Ekstraksi Dan Karakterisasi Serbuk Nano Pigmen Dari Daun Tanaman Jati (*Tectona Grandis* Linn. F)," *J. Kim. Dan Kemasan*, Vol. 36, No. 1, 2014, Doi: 10.24817/Jkk.V36i1.1904.
- [2] S. Surianti, H. Husain, And S. Sulfikar, "Uji Stabilitas Pigmen Merah Antosianin Dari Daun Jati Muda (*Tectona Grandis* Linn F) Terhadap Ph Sebagai Pewarna Alami," *Chem. J. Ilm. Kim. Dan Pendidik. Kim.*, Vol. 20, No. 1, P. 94, 2019, Doi: 10.35580/Chemica.V20i1.13623.
- [3] A. R. Griffin Renata, *Formulasi Sediaan Pasta Pemerah Pipi (Blush On) Menggunakan Ekstrak Daun Jati Muda (Tectona Grandis L.) Sebagai Pewarna Alami*. 2023.
- [4] L. N. Samber, H. Semangun, And B. Prasetyo, "Karakterisasi Antosianin Sebagai Pewarna Alami," *J. Semin. Nas. X Pendidik. Biol. Fkip Uns*, No. Harborne 2005, Pp. 1–4, 2015.
- [5] N. Sirli, O. Maharani, R. Hidayat, And T. A. Listyani, "Penetapan Kadar Antosianin Dan Formulasi Sediaan Lip Cream Dari Fraksinasi Ekstrak Daun Jati (*Tectona Grandis* Linn ., F .)," Vol. 3, No. 4, Pp. 571–580, 2025.
- [6] M. Priska, N. Peni, L. Carvallo, And Y. D. Ngapa, "Review: Antosianin Dan Pemanfaatannya," *Cakra Kim. (Indonesian E-Journal Appl. Chem.)*, Vol. 6, No. 2, Pp. 79–97, 2018.
- [7] O. N. E. Putri, "Analisis Kandungan Klorofil Dan Senyawa Antosianin Daun Pucuk Merah (*Syzygium Oleana*) Berdasarkan Tingkat Perkembangan Daun Yang Berbeda (Sebagai Bahan Penuntun Praktikum Biologi Materi Metabolisme Pada Peserta Didik Sma Kelas Xii Semester Ganjil)," Pp. 1–139, 2019.
- [8] M. S. Ummah, "Antioksidan Dan Kesehatan," *Sustain.*, Vol. 11, No. 1, Pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: http://Scioteca.Caf.Com/Bitstream/Handle/123456789/1091/Red2017-Eng-8ene.Pdf?Sequence=12&Isallowed=Y%0ahttp://Dx.Doi.Org/10.1016/J.Regsciurbeco.2008.06.005%0ahttps://Www.Researchgate.Net/Publication/305320484_Sistem_Pembetulan_Terpusat_Strategi_Melestari
- [9] Mukarromah, "Pengaruh Waktu Perendaman Nanokomposit Mgo- Sno2 Pada Larutan Ekstrak Daun Jati Dan Buah Mangsi Terhadap Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (Dssc)," 2016.
- [10] T. Pujilestari, "Review: Sumber Dan Pemanfaatan Zat Warna Alam Untuk Keperluan Industri," *Din*.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted..

- Kerajinan Dan Batik Maj. Ilm.*, Vol. 32, No. 2, P. 93, 2016, Doi: 10.22322/Dkb.V32i2.1365.
- [11] R. Farida And F. C. Nisa, “Ekstraksi Antosianin Limbah Kulit Manggis Metode Microwave Assisted Extraction (Lama Ekstraksi Dan Rasio Bahan : Pelarut),” *J. Pangan Dan Agroindustri*, Vol. 3, No. 2, Pp. 362–373, 2015.
 - [12] N. M. G. R. Nomer, A. S. Duniaji, And K. A. Nocianitri, “Kandungan Senyawa Flavonoid Dan Antosianin Ekstrak Kayu Secang (*Caesalpinia Sappan* L.) Serta Aktivitas Antibakteri Terhadap *Vibrio Cholerae*,” *J. Ilmu Dan Teknol. Pangan*, Vol. 8, No. 2, P. 216, 2019, Doi: 10.24843/Itepa.2019.V08.I02.P12.
 - [13] E. Endah, K. Wardani, E. Rahayuningsih, And A. Mindaryani, “Penentuan Kondisi Operasi Optimum Proses Ekstraksi Zat Warna Alami Dari Daun Senduduk (*Melastoma Malabathricum*) Serta Penentuan Jenis Dan Konsentrasi Pengawet Ekstrak,” Vol. 2024, No. Senada, Pp. 538–545, 2024.
 - [14] S. W. Pratiwi And A. A. Priyani, “Pengaruh Pelarut Dalam Berbagai Ph Pada Penentuan Kadar Total Antosianin Dari Ubi Jalar Ungu Dengan Metode Ph Diferensial Spektrofotometri,” *Educhemia (Jurnal Kim. Dan Pendidikan)*, Vol. 4, No. 1, P. 89, 2019, Doi: 10.30870/Educhemia.V4i1.4080.
 - [15] Q. Adar Bakhshbaloch, “Pengaruh Jenis Bioaktivator Terhadap Laju Dekomposisi Seresah Daun Jati *Tectona Grandis* L.F., Diwilayah Kampus Unhas Tamalanrea,” Vol. 11, No. 1, Pp. 92–105, 2017.
 - [16] R. Mahmudah, N. Abdullah, A. Pratiwi, M. A. Hidayah, And R. Ismail, “Uji Efektifitas Ekstrak Etanol Pada Daun Ketepeng Cina (*Cassia Alata* L.) Terhadap Mikroba Penyebab Sariawan (Stomatitis Aphthosa),” *J. Mandala Pharmacoon Indones.*, Vol. 4, No. 1, Pp. 39–52, 2018, Doi: 10.35311/Jmpi.V4i1.23.
 - [17] V. Zetiara, A. Sartika, And A. Fithri, “Original Article Toxicity Test Using The Bslt Method And Antibacterial Test Against *Staphylococcus Aureus* And *Escherichia Coli* Of The Extract And Fractions Of Karamunting Leaves (*Rhodomyrtus Tomentosa* (Aiton) Hassk.) Uji Toksisitas Menggunakan Metode ,” Vol. 8, No. 1, Pp. 603–624, 2025.
 - [18] Y. Satria And D. Suheryanto, “Pengaruh Temperatur Ekstraksi Zat Warna Alam Daun Jati Terhadap Kualitas Dan Arah Warna Pada Batik,” *Din. Kerajinan Dan Batik Maj. Ilm.*, Vol. 33, No. 2, P. 101, 2016, Doi: 10.22322/Dkb.V33i2.1628.
 - [19] R. U. Budiandari And S. B. Widjanarko, “Optimasi Proses Pembuatan Lempeng Buah Lindur (*Bruguiera Gymnorhiza*) Sebagai Alternatif Pangan Masyarakat Pesisir,” *J. Pangan Dan Agroindustri*, Vol. 2, No. 3, Pp. 10–18, 2014.
 - [20] A. P. Aji, E. Issusilaningtyas, T. K. Wardani, And Dhies Resty Palupi, “Penetapan Kadar Antosianin Pada Minuman Olahan Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.) ‘Selelang Plus Instan’ Dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis,” *J. Ilm. Nusantara*, Vol. 2, No. 1, Pp. 182–190, 2024.
 - [21] Z. Theafelicia And S. Narsito Wulan, “Perbandingan Berbagai Metode Pengujian Aktivitas Antioksidan (Dpph, Abts Dan Frap) Pada Teh Hitam (*Camellia Sinensis*),” *J. Teknol. Pertan.*, Vol. 24, No. 1, Pp. 35–44, 2023, Doi: 10.21776/Ub.Jtp.2023.024.01.4.
 - [22] Syarifa Ramadhani Nurbaya, W. D. R. Putri, And E. S. Murtini, “Pengaruh Campuran Pelarut Aquades-Etanol Terhadap Karakteristik Ekstrak Betasianin Dari Kulit Bauh Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) The Effect Of Water-Ethanol Solvent Mixture On The Characteristics Of Betacyanin Extract From Red Dragon Fruit Peel (H,” *J. Teknol. Pertan.*, Vol. 19, No. 3, Pp. 153–160, 2018.
 - [23] C. Emilia, E. Putri, D. M. Wulandari, U. H. Hasyim, I. Hasyim, And M. S. Ramadhan, “Optimasi Waktu Maserasi Pada Ekstraksi Daun Pegagan (*Centella Asiatica*) Terhadap Uji Aktivitas Antioksidan,” No. April, 2024.
 - [24] E. Asam, S. Kulit, B. Naga, And M. Hylocereus, “Pengaruh Suhu Dan Waktu Pemanasan Terhadap Stabilitas Pigmen Antosianin Ekstrak Asam Sitrat Kulit Buah Naga Merah,” Pp. 150–162.
 - [25] R. B. Fatjria *Et Al.*, “Review : Pigmen Betalain Sebagai Sumber Pewarna Alami Dan Stabilitasnya Terhadap Pengaruh Lingkungan,” Vol. 13, No. 1, Pp. 1–7, 2023.
 - [26] N. A. Permatasari, “Perubahan Kualitas Bubuk Pewarna Alami Buah Buni (*Antidesma Bunius* (L) Spreng) Selama Penyimpanan Dengan Menggunakan Metode Akselerasi Quality Changes Of Natural Dyes Powder From Chinese Laurel Fruits (*Antidesma Bunius* (L) Spreng) During Storage By Using Accelerated Method,” Vol. 31, No. 2, Pp. 176–189, 2021.
 - [27] P. Studi, T. Pangan, And F. Pertanian, “Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi,” Vol. 12, No. 1, Pp. 1099–1111, 2024.
 - [28] D. J. Muda And K. I. Asam-Basa, “Ekstraksi Zat Warna Dari Daun Jati Muda Dan Aplikasinya Sebagai Kertas Indikator Asam-Basa Lisa Anggriani Putri, Agrippina Wiraningtyas, Magfirah Perkasa Dan Ruslan,” Vol. 3, No. 01, Pp. 32–37, 2020.
 - [29] E. W. Rizkiana *Et Al.*, “Dalam Konsentrat Bunga Telang (*Clitoria Ternatea*) Sebagai Antidiabetes 1,” Pp. 302–310.
 - [30] B. H. Candrakanti, H. Rashif, I. Ahmad, F. Farmasi, And U. Mulawarman, “Uji Stabilitas Warna Dari Ekstrak

Bunga Kiacret (*Spathodea Campanulata* P . Beauv) Sebagai Sumber Alternatif Eksipien Farmasi,” Vol. 10, No. 1, Pp. 10–18, 2024.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.