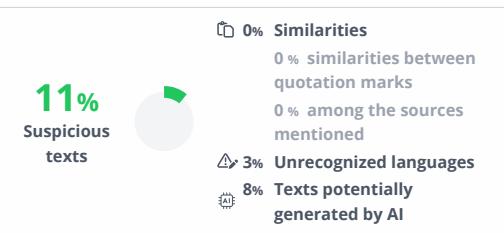




Mochammad Affan Lesmana

221040200008 BAB I-V



Document name: Mochammad Affan Lesmana 221040200008 BAB I-V.docx
Document ID: 57ca6e1dca7832ddcc4313904864f4455a11225a
Original document size: 3.99 MB

Submitter: UMSIDA Perpustakaan
Submission date: 1/19/2026
Upload type: interface
analysis end date: 1/19/2026

Number of words: 4,304
Number of characters: 31,822

Location of similarities in the document:

☰ Sources of similarities

Points of interest

I. Pendahuluan

Daun jati pada stadia pertumbuhan awal, dengan nama ilmiah *Tectona grandis*, merupakan tanaman yang mampu tumbuh dan berkembang secara optimal pada kondisi iklim tropis [1]. Walaupun mudah ditemukan, pemanfaatannya masih terbatas. Daun ini dikenal sebagai sumber antosianin, pigmen yang dapat menghasilkan warna merah alami dan memiliki potensi sebagai pengganti pewarna sintetis[2]. Kandungan pigmen pada daun jati terdiri dari antosianin dan tiga senyawa yang terdeteksi, sementara proporsi lainnya tidak terpetakan. Selain itu, Daun jati pada stadia pertumbuhan awal memperlihatkan tingkat kepekatan warna merah pekat dibanding daun jati tua[3]. Antosianin sendiri termasuk dalam kelompok flavonoid dan merupakan pigmen alami yang menghasilkan beberapa warna pada tanaman seperti pada buah-buahan, sayuran, jenis bunga, maupun daun [4]. Secara kimia, antosianin berbentuk glikosida, terdiri dari aglikon (bagian non-gula) yang terikat pada satu atau lebih molekul gula. pH dan suhu berperan penting terhadap kestabilan ekstrak antosianin daun jati, di mana kenaikan keduanya menurunkan kandungan antosianin, kekuatan antioksidan, dan kualitas warna. Strukturnya yang mengandung cincin benzen dengan gugus hidrosil dan gugus fungisional 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] hingga kini, 700 lebih macam antosianin berasal dari tanaman berbeda-beda. Contoh 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]. Hal ini, pemanfaatan daun jati muda sebagai ekstrak antosianin 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 eksraksi [11]. Suhu yang tinggi juga dapat meningkatkan kelarutan dan difusi senyawa antosianin, dan bisa menyebabkan kerusakan [12]. Ekstraksi dengan waktu yang terlalu pendek menurunkan hasil, sementara waktu yang terlalu lama dapat memicu kerusakan 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 kandungan 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. Cara ekstraksi yang umum digunakan adalah pemanasan dengan water bath melalui penangas air bersuhu terkontrol. 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. Atas dasar tersebut, pemilihan metode ekstraksi yang tepat berperan penting dalam menghasilkan ekstrak berkualitas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar produk alami. Penelitian ini dilakukan untuk menelaah Dampak variasi suhu dan durasi ekstraksi terhadap kadar antosianin pada daun jati muda, sekaligus menentukan kondisi terbaik dalam menghasilkan ekstrak yang berpotensi digunakan sebagai pewarna alami pada pangan.

Rumusan Masalah

Berapakah suhu optimum yang diperlukan dalam proses ekstraksi pigmen antosianin dari daun jati muda?

Berapakah waktu ekstraksi yang paling optimal untuk memperoleh pigmen antosianin dari daun jati muda?

Tujuan Penelitian

Menentukan suhu optimum yang digunakan dalam proses ekstraksi antosianin dari daun jati muda.

Menentukan lama waktu ekstraksi yang optimum untuk memperoleh hasil antosianin maksimal dari daun jati muda.

II. METODE

Tempat dan Waktu

Pelaksanaan penelitian berlangsung selama periode Agustus–Oktober 2025 dan bertempat di Laboratorium Mikrobiologi Pangan serta Laboratorium Analisa Pangan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Bahan dan Alat

Daun jati muda (*Tectona grandis*) segar sebagai bahan utama yang berasal dari Ds.



Wonokoyo, Beji, Pasuruan, aquades (Brataco) sebagai pelarut.

serta larutan penyangga yang masing-masing memiliki pH 1,0 dan 4,5. Di sisi lain, penelitian ini menggunakan beberapa alat, neraca digital untuk menimbang bahan, alat pemotong untuk merajang daun jati, erlenmeyer sebagai wadah ekstraksi, serta corong dan kertas saring untuk menyaring hasil ekstraksi. Analisis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, refraktometer (HT119ATC 0–90% Brix), kuvet, mikro pipet, tabung reaksi, waterbath Memmert untuk pemanasan, pipet ukur, pipet tetes, aluminium foil, dan labu ukur guna mengambil serta mengukur larutan secara akurat.

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

Konsentrasi Suhu Konsentrasi Waktu

Batas Bawah 40° C 30 menit

Batas Tengah 50° C 60 menit

Batas Atas 60° C 90 menit

Variabel Pengamatan

Uji Kimia

Uji Aktivitas Antosianin metode Spektrofotometer [20]

Uji Antioksidan metode Trolox [21]

Uji Fisik

Sudut Hue metode colour reader [22]

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan aplikasi perangkat Design Expert edisi 13.0.5.0 keluaran Stat-Ease Inc.



(Minneapolis, USA), menggunakan RSM (Response Surface Methodology).

yang berbasis Central Composite Design (CCD). Validitas prediksi sistem 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
A1 A2 Suhu ($^{\circ}$ C) Waktu (menit) Antosianin (mg/100g) Sudut hue ($^{\circ}$)
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

Prosedur Penelitian

Tahapan Perajangan Daun Jati Muda Segar

Dicuci daun jati muda segar dengan air mengalir

Ditiriskan

Dirajang atau dipotong kecil-kecil guna mempermudah proses ekstraksi.

□ Daun Jati Muda Segar

Dicuci bersih

Air mengalir

Ditiriskan

Dirajang

Hasil

Daun Jati Muda Segar

Dicuci bersih

Air mengalir

Ditiriskan

Dirajang

Hasil

Gambar 1. Diagram alir perajangan daun jati muda segar

Proses Optimasi Ekstraksi Daun Jati Muda

Ditimbang 5 gram daun jati yang sudah di rajang,

Dimasukkan 250 ml kedalam erlenmeyer dengan 100 ml aquades.

Diekstraksi dalam waterbath sesuai dengan perlakuan, setelah temperature tercapai.

Dipisahkan melalui penyaringan menggunakan kertas saring no.1.

Disimpan dalam botol kaca gelap hingga larutan warna turun ke temperatur ruang 25°C

Dilakukan karakteristik hasil verifikasi optimal [18].

□ Daun Jati Muda suda dirajang

Ditimbang 5 gram

Dimasukkan ke dalam erlenmeyer

100 ml
Aquades 50 ml
Di ekstraksi dalam waterbath
sesuai dengan perlakuan

Disaring menggunakan kertas saring no.1

Disimpan dalam botol kaca gelap

Respon:

Total Antosianin
Sudut Hue (°)
Ekstraksi Daun Jati Muda
Verifikasi hasil perlakuan optimum
Karakterisasi Hasil Perlakuan Optimum:
Total Antosianin
Antioksidan
Sudut Hue

Daun Jati Muda suda dirajang

Ditimbang 5 gram

Dimasukkan ke dalam erlenmeyer

100 ml

Aquades 50 ml

Di ekstraksi dalam waterbath

sesuai dengan perlakuan

Disaring menggunakan kertas saring no.1

Disimpan dalam botol kaca gelap

Respon:

Total Antosianin
Sudut Hue (°)
Ekstraksi Daun Jati Muda
Verifikasi hasil perlakuan optimum
Karakterisasi Hasil Perlakuan Optimum:
Total Antosianin
Antioksidan
Sudut Hue

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

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapat kemudian dianalisis menggunakan aplikasi perangkat lunak Design Expert DX 13.0.5.0. Data total ekstraksi yang diperoleh dari rancangan komposit pusat sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

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

No Kode Variabel Variabel Sesungguhnya Respon

A1 A2 Suhu (° C) Waktu (menit) Antosianin (mg/100g) Sudut hue (°)

1. -1.414 0 35.8579 60 1.202 48.



792

2. 1 1 60 90 1.119 52.368

3. -1 1 40 90 1.303 53.170

4. -1 -1 40 30 1.

436 51.423

5. 0 0 50 60 1.453 45.629

6. 1.414 0 64.1421 60 1.369 49.643

7. 0	1.414	50	102.426	1.269	52.685
8. 0	-1.414	50	17.5736	1.202	50.401
9. 0	0	50	60	1.486	48.209
10. 0	0	50	60	1.436	47.075
11. 0	0	50	60	1.453	45.867
12. 0	0	50	60	1.453	47.399
13. 1	-1	60	30	1.520	46.923

Penentuan Model Untuk Respon Antosianin

Tabel 4 memperlihatkan Model Sum of Squares untuk respon antosianin, sehingga pemilihan model statistik dilakukan dengan menilai signifikansi model linear, 2FI, kuadratik, dan kubik. Dari hasil evaluasi tersebut, model kuadratik muncul sebagai model yang paling kuat dalam menjelaskan variasi kadar antosianin. Indikasi tersebut ditunjukkan oleh nilai F-hitung 9,21 dan p-value 0,0110 ($p < 0,05$), yang menandakan pengaruh nyata terhadap respon antosianin daun jati muda. Model linier dan hubungan timbal balik dua faktor tidak dapat memenuhi kriteria signifikansi disebabkan nilai signifikansi (p-value) $> 0,05$. Model kubik juga tidak dapat digunakan disebabkan struktur model tidak dapat diidentifikasi, sehingga data yang ada tidak memadai untuk estimasi parameter yang akurat.

Tabel 4. Model Sum of Squares Respon Antosianin

Sumber Keragaman Jumlah Kuadrat Derajat Bebas Kuadrat Tengah F-Hitung p-value proh>F Keterangan					
Nilai Tengah	24.10	1	24.10		
Linier	0.0137	2	0.0068	0.3692	0.7003
2FI	0.0117	1	0.0117	0.6059	0.4563
Kuadrat	0.1255	2	0.0628	9.21	0.0110 Suggested
Kubik	0.0432	3	0.0144	12.83	0.0161 Aliased
Residual	0.0045	4	0.0011		
Total	24.30	13	1.87		

Berdasarkan ringkasan hasil pemilihan model statistik respon antosianin pada Tabel 5, model kuadratik menjadi pilihan utama karena paling representatif dalam menjelaskan Interaksi antara variabel dalam penelitian ini dan kadar antosianin daun jati muda. Model ini memiliki nilai standar deviasi yang relatif kecil sebesar 0.0826 serta nilai R^2 sebesar 0.7598, yang menunjukkan bahwa sebesar 75.98% variasi respon antosianin dapat diterangkan oleh persamaan. Besarnya nilai adjusted R^2 , yaitu 0,5882, memperlihatkan bahwa persamaan tetap memiliki kemampuan cukup baik setelah penyesuaian terhadap jumlah variabel. Walaupun nilai predicted R^2 bernilai negatif, model kuadratik tetap disarankan karena memberikan keseimbangan terbaik antara akurasi model dan tingkat kompleksitas jika dibandingkan dengan model linear dan 2FI. Model kubik tidak dipertimbangkan lebih lanjut karena adanya tumpang tindih parameter. Dengan demikian, model kuadratik dipilih dan direkomendasikan untuk analisis lanjutan.

Tabel 5. Pemilihan Ringkasan Model Statistika Respon Antosianin

Sumber Keragaman Std. Dev. R ² Adjusted R ² Predicted R ² PRESS Keterangan					
Linier	0.1360	0.0688	-0.1175	-0.7287	0.3432
2FI	0.1387	0.1275	-0.1633	-1.5444	0.5052
Kuadrat	0.0826	0.7598	0.5882	-0.5829	0.3143 Suggested
Kubik	0.0335	0.9774	0.9322	*	Aliased

Berdasarkan hasil ANOVA pada Tabel 6, model kuadratik secara keseluruhan menunjukkan dampak yang signifikan pada respon konsentrasi antosianin daun jati muda, nilai F-hitung sebesar 4.43, p-value 0.0387 ($p < 0.05$).



Artinya, model tersebut secara statistik mampu memetakan pengaruh waktu dan suhu ekstraksi terhadap variasi kadar antosianin. Akan tetapi, uji lack of fit menghasilkan p-value 0.0161 ($p < 0.05$) mengindikasikan adanya selisih yang bermakna secara statistik antara hasil prediksi model dan data eksperimen. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun model signifikan, masih terdapat variasi respon yang belum sepenuhnya terakomodasi oleh model, kemungkinan akibat keterbatasan jumlah data atau dampak faktor eksternal yang tidak menjadi variabel penelitian.

Secara individual, faktor waktu ekstraksi (A) tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap kadar antosianin dengan p-value sebesar 0.2088. Faktor suhu ekstraksi (B) juga tidak berpengaruh signifikan, ditunjukkan oleh p-value sebesar 0.7768. Interaksi antara kedua faktor (AB) tidak bermakna secara statistik, dengan p-value mencapai 0.2321. Meskipun demikian, keberadaan efek kuadratik dalam model menunjukkan bahwa respon kadar antosianin tidak mengikuti hubungan linier sederhana, melainkan memiliki nilai optimum tertentu.

Kondisi ini sesuai dengan karakteristik antosianin yang rentan terhadap pengaruh suhu dan waktu pemanasan, sehingga berpotensi mengalami degradasi pada kondisi tertentu.

Tabel 6. Analisis Ragam Pada Respon Antosin Model Quadratic



Sumber Keragaman Jumlah Kuadrat Derajat Bebas Kuadrat Tengah F-Hitung p-value proh>F Keterangan					
Model 0.					

1509	5	0.0302	4.43	0.0387	Significant
Lack of Fit	0.0432	3	0.0144	12.83	0.0161 Significant

A-Waktu	0.0131	1	0.0131	1.92	0.2088
B-Suhu	0.0006	1	0.0006	0.0869	0.7768

AB	0.0117	1	0.0117	1.71	0.2321
----	--------	---	--------	------	--------

Std. Dev. 0.0826

R² 0.7598

Adjusted R² 0.5882

Predicted R² -0.5829

PRESS 0.3143

Grafik permukaan respon tiga dimensi menggambarkan relasi antara waktu ekstraksi (A) dan suhu (B) terhadap perubahan kadar antosianin. Pola permukaan yang melengkung mengindikasikan bahwa hubungan antara variabel bebas dan respon tidak bersifat linier, serta menunjukkan adanya efek kuadratik dan interaksi antara waktu dan suhu ekstraksi. Peningkatan waktu ekstraksi dari 30 menit hingga sekitar 60-90 menit diikuti oleh kenaikan kadar antosianin, yang mengidentifikasi lama proses ekstraksi berlangsung, makin tinggi senyawa antosianin yang dapat diekstraksi. Namun demikian, setelah melewati durasi tersebut, kadar antosianin mengalami penurunan, yang diduga disebabkan oleh degradasi antosianin akibat paparan panas yang berlebihan.[23].

Suhu ekstraksi menunjukkan pengaruh yang serupa terhadap kadar antosianin. Peningkatan suhu dari 40 °C hingga sekitar 50–55 °C menyebabkan peningkatan kadar antosianin secara nyata, karena suhu yang lebih tinggi mampu meningkatkan difusivitas pelarut dan mempercepat laju perpindahan massa senyawa aktif. Namun demikian, pada suhu yang lebih tinggi mendekati 60 °C, kadar antosianin mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan kadar antosianin yang relatif berubah-ubah pada derajat panas, sehingga mudah terdegradasi secara termal. Oleh karena itu, penerapan suhu ekstraksi yang terlalu tinggi tidak selalu menghasilkan kondisi ekstraksi yang optimum[24]. Interaksi antara waktu dan suhu terlihat dari pola kontur elips pada dasar grafik, yang menandakan bahwa pengaruh waktu ekstraksi terhadap kadar antosianin bergantung pada suhu yang digunakan, demikian pula sebaliknya. Kombinasi waktu dan suhu yang terlalu tinggi tidak menghasilkan kadar antosianin maksimum, sedangkan nilai respon tertinggi diperoleh pada kombinasi keduanya pada tingkat menengah. Hasil ini menunjukkan bahwa optimasi proses ekstraksi antosianin tidak dapat dilakukan dengan mempertimbangkan satu faktor saja, melainkan harus mempertimbangkan interaksi kedua faktor

□

Gambar 1. Grafik 3D Interaksi Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Total Antosia

Penentuan Model Untuk Respon Sudut hue

Tabel 7. Menyajikan hasil Model Sum of Squares untuk respon sudut hue yang digunakan dalam menentukan model statistik terbaik melalui perbandingan signifikansi model linear, 2FI, kuadratik, dan kubik.



Hasil analisis menunjukkan bahwa hanya model kuadratik terbukti signifikan dalam mempengaruhi respon sudut hue, dengan nilai F-hitung sebesar 10.48 dan p-value 0.0078 ($p < 0.05$), sehingga mampu menjelaskan variasi perubahan sudut hue secara nyata. Model linear dan 2FI tidak signifikan dikarenakan nilai p-value melebihi 0.05. Sementara itu, model kubik tidak dapat diterapkan karena terjadi tumpang tindih parameter, yang menandakan bahwa data yang tersedia belum memadai untuk memperkirakan parameter model secara tepat.

Tabel 7. Model Sum of Squares Respon Sudut hue

Sumber Keragaman Jumlah Kuadrat Derajat Bebas Kuadrat Tengah F-Hitung p-value proh>F Keterangan

Nilai Tengah 31466.75 1 31466.75

Linier 7.05 2 3.52 0.4672 0.6398

2FI 7.08 1 7.08 0.9328 0.3594

Kuadrat 51.24 2 25.62 10.48 0.0078 Suggested

Kubik 14.24 3 4.75 6.61 0.0498 Aliased

Residual 2.87 4 0.7178

Total 31549.22 13 2426.86



Ringkasan statistik dari setiap model ditampilkan pada Tabel 8, meliputi Standard Deviation, R²,

Adjusted R², Predicted R², dan PRESS. Model kuadratik memiliki R² sebesar 0.7926, yang berarti model ini dapat menjelaskan sekitar 79.26% variasi respon sudut hue. Adjusted R² sebesar 0.6444 menunjukkan bahwa model tetap stabil setelah memperhitungkan jumlah variabel. Sementara itu, Predicted R² sebesar -0.2818 mengindikasikan keterbatasan model dalam memprediksi data baru. Meskipun demikian, model kuadratik dipilih karena memiliki nilai PRESS paling rendah (105.72) dan signifikansi statistik yang jelas. Model linear dan 2FI menunjukkan R² yang rendah dan Predicted R² sangat negatif, sehingga kurang mampu menjelaskan respon sudut hue secara memadai.



Model kubik kembali tidak digunakan karena parameter model tidak dapat diidentifikasi. Dengan demikian, model kuadratik dianggap sebagai model terbaik yang dapat digunakan dalam analisis respon sudut hue.

Tabel 8. Pemilihan Ringkasan Model Statistika Respon Sudut hue

Sumber Keragaman Std.

Dev. R² Adjusted R² Predicted R² PRESS Keterangan

Linier 2.75 0.0854 -0.0975 -0.7053 140.64

2FI 2.76 0.1713 -0.1049 -1.4893 205.31

Kuadrat 1.56 0.7926 0.6444 -0.2818 105.72 Suggested

Kubik 0.8473 0.9652 0.8956 * Aliased

Hasil analisis ragam (ANOVA) yang disajikan pada Tabel 9, model kuadratik secara keseluruhan dinyatakan signifikan dengan besarnya F-hitung mencapai 5.35 dan p-value 0.0242 ($p < 0.05$). Dengan demikian dapat dilihat variasi faktor proses berkontribusi nyata terhadap perubahan sudut hue antosianin daun jati muda. Namun, hasil uji Lack of Fit yang menghasilkan p-value 0.0498 ($p < 0.05$) menandakan ketidak sesuaian model yang signifikan terhadap data eksperimen. Akibatnya, meskipun desain memiliki signifikansi statistik, masih terdapat sebagian variabilitas respon yang belum dapat dijelaskan secara menyeluruh, bisa jadi disebabkan oleh faktor tambahan di luar variabel penelitian atau oleh variasi selama proses percobaan.

Secara terpisah, faktor A (waktu ekstraksi) tidak memberikan dampak yang nyata pada respon sudut hue, dengan nilai p 0.9646. Faktor B (suhu ekstraksi) serta pengaruh timbal balik antar faktor A dan tidak signifikan terhadap respon karena diperoleh nilai p > 0.05. Dikarenakan sudut hue antosianin relatif stabil terhadap perubahan waktu dan suhu ekstraksi dalam rentang kondisi yang diteliti. Nilai R² sebesar 0.7926 dan Adjusted R² sebesar 0.6444 membuktikan model masih mampu menjelaskan sebagian besar variasi respon yang diamati.

Tabel 9. Analisis Ragam Pada Respon Sudut hue Model Quadratic



Sumber Keragaman Jumlah Kuadrat Derajat Bebas Kuadrat Tengah F-Hitung p-value proh>F Keterangan Model 65.

37 5 13.07 5.35 0.0242 significant

Lack of Fit 14.24 3 4.75 6.61 0.0498 significant

A-Waktu 0.0052 1 0.0052 0.0021 0.9646

B-Suhu 7.04 1 7.04 2.88 0.1334

AB 7.08 1 7.08 2.9 0.1324

Std. Dev. 1.56

R² 0.7926

Adjusted R² 0.6444

Predicted R² -0.2818

PRESS 105.72

Permukaan respon 3D menunjukkan bagaimana waktu ekstraksi (A) dan suhu ekstraksi (B) memengaruhi nilai sudut hue pada ekstrak antosianin daun jati muda. Berdasarkan pemodelan, nilai sudut hue berkisar antara 45.63 hingga 53.17. Gradiasi warna pada grafik menggambarkan variasi nilai ini; warna biru hingga hijau menunjukkan sudut hue yang lebih rendah, sedangkan warna kuning hingga oranye menunjukkan nilai lebih tinggi.



Perubahan warna mencerminkan pergeseran karakter warna ekstrak akibat perbedaan kondisi ekstraksi[25].

Data menunjukkan bahwa pada waktu ekstraksi pendek ($\pm 30\text{--}40$ menit) dan suhu rendah sampai menengah ($\pm 40\text{--}45^{\circ}\text{C}$), nilai sudut hue cenderung rendah, ditandai dengan warna biru kehijauan, yang menunjukkan warna ekstrak lebih merah keunguan dan stabilitas antosianin yang baik. Dengan meningkatnya waktu ekstraksi (60–80 menit) dan suhu (50–60 $^{\circ}\text{C}$), nilai sudut hue naik, terlihat dari perubahan warna menjadi hijau hingga kuning.

Kombinasi waktu panjang dan suhu tinggi menghasilkan nilai sudut hue tertinggi, mendekati 53.17, ditunjukkan oleh warna kuning hingga oranye. Hal ini menandakan pergeseran warna ekstrak ke kuning atau cokelat, kemungkinan akibat degradasi antosianin atau pembentukan senyawa reaksi panas[24]. Bentuk permukaan yang melengkung dan pola kontur elips menegaskan adanya interaksi antara waktu dan suhu ekstraksi, sehingga efek salah satu faktor bergantung pada kondisi faktor lainnya. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa kontrol waktu dan suhu sangat penting untuk mempertahankan kestabilan warna antosianin daun jati muda.

□

Gambar 2. Grafik 3D Interaksi Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Nilai Sudut hue

Penentuan Titik Optimum Respon dan Verifikasi

Perangkat lunak Design Expert DX 13.0.5.0 digunakan untuk melakukan optimasi proses ekstraksi antosianin dari daun jati muda, melalui pendekatan optimasi multivariat yang mempertimbangkan parameter proses dan respon mutu ekstrak. Variabel yang dioptimalkan meliputi waktu ekstraksi (A), suhu ekstraksi (B), kadar antosianin, serta karakteristik warna ekstrak yang dinyatakan dalam nilai sudut hue. Setiap parameter ditetapkan dalam batas bawah dan batas atas tertentu dengan bobot kepentingan yang sama guna memperoleh kondisi optimum yang seimbang.

Waktu ekstraksi ditetapkan dengan tujuan untuk dimaksimalkan pada rentang 30–90 menit[26]. Penentuan rentang tersebut didasarkan pada prinsip bahwa peningkatan durasi kontak antara pelarut dan bahan dapat meningkatkan difusi senyawa antosianin dari jaringan daun jati muda ke dalam pelarut[27]. Meskipun demikian, batas maksimum waktu ekstraksi dibatasi hingga 90 menit untuk mencegah terjadinya degradasi antosianin akibat proses ekstraksi yang berlangsung terlalu lama[28]. Mengingat antosianin memiliki kestabilan yang terbatas terhadap kondisi proses, pengaturan waktu ekstraksi menjadi faktor penting dalam memperoleh hasil yang optimal.

Suhu ekstraksi diarahkan untuk diminimalkan pada kisaran 40–60 °C. Penetapan suhu rendah sebagai target optimasi bertujuan untuk menjaga stabilitas antosianin yang sensitif terhadap panas. Suhu ekstraksi yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan kerusakan struktur antosianin, yang dapat menurunkan intensitas warna serta kadar senyawa aktif[28]. Oleh karena itu, suhu minimum yang masih efektif untuk proses ekstraksi dipilih agar tercapai keseimbangan antara efisiensi proses dan kestabilan senyawa.

Kadar antosianin ditetapkan sebagai respon utama dalam penelitian ini dengan tujuan dimaksimalkan pada rentang nilai 1.119–1.520. Penetapan tujuan ini mencerminkan upaya untuk memperoleh ekstrak daun jati muda dengan kandungan antosianin yang tinggi. Semakin besar kadar antosianin yang dihasilkan, semakin efektif kondisi ekstraksi yang diterapkan[29]. Selain itu, peningkatan kadar antosianin juga berhubungan langsung dengan potensi pemanfaatan ekstrak sebagai sumber pewarna alami dan senyawa bioaktif[30].

Selain kadar antosianin, sudut hue juga ditetapkan sebagai respon yang dimaksimalkan pada rentang 45.629–53.170. Parameter sudut hue digunakan untuk menggambarkan karakteristik visual warna ekstrak antosianin[22]. Nilai sudut hue yang lebih tinggi dalam rentang tersebut menunjukkan dominasi warna merah keunguan yang menjadi ciri khas antosianin[31]. Dengan demikian, peningkatan nilai sudut hue mencerminkan kualitas warna ekstrak yang lebih baik dan lebih stabil.

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 dilihat dari Tabel 10.

Tabel 10. Solusi Titik Optimum Pada Software Design Expert

Suhu Waktu Antosianin Sudut hue Desirability Keterangan

(0C) (Menit) (mg/100g) (0)

Prediksi 40 90 1.398 50.932 0.716 Selected

Verifikasi 40 90 1.432 52.135

Tingkat Ketepatan (%) 97.62 97.69

Penentuan solusi optimum dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan Design Expert DX 13.0.5.0. melalui metode optimasi. Proses tersebut menghasilkan satu solusi optimum terpilih yang merepresentasikan kondisi proses paling sesuai untuk mencapai respon yang ditargetkan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 10.

Berdasarkan hasil pemodelan, kondisi optimum proses ekstraksi antosianin daun jati muda diperoleh pada suhu 40 °C dengan waktu ekstraksi 90 menit. Model memprediksi kadar antosianin sebesar 1.398 serta nilai sudut hue sebesar 50.932 pada kondisi tersebut. Nilai desirability yang diperoleh menunjukkan bahwa sasaran optimasi telah tercapai, yaitu memaksimalkan kadar antosianin dan sudut hue dengan tetap mengontrol suhu ekstraksi agar tidak terlalu tinggi..

Hasil pengujian eksperimental pada kondisi optimum menunjukkan kadar antosianin aktual sebesar 1.432 dan nilai sudut hue sebesar 52.135.



Perbedaan antara nilai prediksi dan hasil verifikasi relatif kecil, dengan tingkat ketepatan mencapai 97.62% untuk kadar antosianin dan 97.69% untuk sudut hue. Nilai akurasi yang tinggi ini menandakan bahwa model yang dihasilkan memiliki validitas dan keandalan yang kuat dalam memprediksi respon.

Penggunaan suhu ekstraksi rendah berperan penting dalam menjaga stabilitas antosianin yang sensitif terhadap panas, sehingga degradasi pigmen dapat diminimalkan.

Di sisi lain, waktu ekstraksi yang lebih lama memungkinkan proses difusi antosianin berlangsung secara optimal dari jaringan daun ke dalam pelarut[28]. Nilai sudut hue yang berada pada kisaran merah keunguan menunjukkan bahwa ekstrak yang dihasilkan memiliki karakteristik warna khas antosianin dengan kestabilan yang baik[31]. Oleh karena itu, hasil optimasi ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam pengembangan proses ekstraksi antosianin daun jati muda untuk aplikasi lanjutan, baik sebagai pewarna alami maupun sebagai sumber senyawa dengan aktivitas antioksidan.

Karakteristik Ekstraksi Daun Jati Muda Optimal

Tabel 11. Hasil Optimasi Ekstraksi Daun Jati Muda

Respon Waktu Suhu Hasil

(menit) (0C)

Antosianin 90 40 1.432

Sudut hue 90 40 52.135

Tabel 11, menunjukkan bahwa kondisi ekstraksi optimum dicapai pada suhu 40 °C dan waktu ekstraksi 90 menit, yang menghasilkan kadar antosianin serta karakteristik warna ekstrak yang optimal. Kadar antosianin sebesar 1.432 mg/100g, yang diperoleh pada kondisi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan suhu rendah efektif dalam menjaga stabilitas antosianin selama proses ekstraksi[28]. Berdasarkan[32], antosianin merupakan pigmen flavonoid yang bersifat termolabil, sehingga mudah mengalami degradasi pada suhu tinggi akibat perubahan struktur kimia antosianidin. Meskipun peningkatan suhu dapat mempercepat difusi senyawa bioaktif, suhu yang terlalu tinggi justru dapat menyebabkan penurunan kadar antosianin akibat degradasi termal[33]. Oleh karena itu, penerapan suhu 40 °C sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa suhu rendah hingga sedang lebih mendukung kestabilan antosianin.

Waktu ekstraksi selama 90 menit juga berkontribusi terhadap peningkatan kadar antosianin. Durasi ekstraksi yang lebih panjang memungkinkan terjadinya difusi antosianin secara optimal dari jaringan tanaman ke dalam pelarut. Akhirnya, bilamana waktu ekstraksi melebihi batas, pigmen berpotensi mengalami oksidasi atau degradasi[28]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa waktu 90 menit masih berada dalam rentang optimum yang mampu meningkatkan pelepasan antosianin tanpa menurunkan stabilitasnya.

Nilai sudut hue sebesar 52.1350 menunjukkan dominasi warna merah keunguan yang menjadi karakteristik khas antosianin. Warna antosianin dipengaruhi oleh struktur kimia, pH, suhu, serta kondisi ekstraksi[32]. Nilai sudut hue yang diperoleh mengindikasikan bahwa antosianin dalam ekstrak daun jati muda berada pada kondisi yang stabil, sehingga warna khasnya dapat dipertahankan. Hal ini menunjukkan kondisi ekstraksi optimum tidak hanya meningkatkan kadar antosianin, tetapi juga menjaga mutu visual ekstrak.

IV. SIMPULAN

Hasil optimasi dan analisis menunjukkan bahwa kondisi optimum ekstraksi antosianin daun jati muda diperoleh pada suhu 40 °C dengan waktu ekstraksi selama 90 menit. Pada kondisi ini, dihasilkan kadar antosianin dan karakteristik warna ekstrak yang paling baik. Optimasi yang dilakukan menggunakan Software Design Expert DX 13.0.5.0 menghasilkan prediksi kadar antosianin sebesar 1.398 dengan nilai sudut hue 52.225. Selanjutnya, hasil verifikasi eksperimental memperlihatkan nilai yang mendekati hasil prediksi, yakni kadar antosianin sebesar 1.432 dan sudut hue sebesar 52.135, dengan tingkat ketepatan masing-masing mencapai 97.62% dan 97.69%. Tingkat kesesuaian yang tinggi antara nilai prediksi dan hasil verifikasi menunjukkan bahwa model optimasi memiliki tingkat akurasi dan reliabilitas yang baik. Ekstrak daun jati muda yang dihasilkan pada kondisi optimum memiliki kandungan antosianin yang cukup tinggi serta warna merah keunguan yang stabil, yang merupakan karakteristik utama pigmen antosianin. Penggunaan suhu ekstraksi yang lebih rendah membantu mempertahankan stabilitas antosianin yang sensitif terhadap panas, sedangkan waktu ekstraksi yang lebih lama memungkinkan terjadinya difusi senyawa secara lebih maksimal.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bu. Syarifa Ramadhan Nurbaya selaku dosen pembimbing atas bimbingan yang diberikan kepada penulis. Kepada semua dosen dan tim laboratorium Teknologi Pangan yang selalu memberikan segala ilmu pengetahuan dan memberikan dukungan selama penggerjaan skripsi, taklupa pula teman seangkatan atas bantuan dan kebersamaan selama menempuh masa studi.