TESIS

Optimasi Ekstraksi Tanin dari Kulit Kayu Tingi (*Ceriops tagal*) Menggunakan Metode Taguchi di IKM batik X,Y,Z

Euis Laela
22916017

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025

Optimasi Ekstraksi Tanin dari Kulit Kayu Tingi (*Ceriops tagal*) Menggunakan Metode Taguchi di IKM batik X,Y,Z

Tesis Untuk Memperoleh Gelar Magister
Pada Program Pasca Sarjana Magister Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Euis Laela
22916017

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
PROGRAM MAGISTER
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya menyatakan bahwa seluruh materi dalam karya tulis ini adalah hasil karya saya sendiri dan asli. Adapun literatur pada penulisan ini yang berasal maupun dikutip dari penulis lain telah dicantumkan dalam daftar pustaka serta dijelaskan sumber referensinya. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka Saya bersedia menerima sanksi serta konsekuensi.

Yogyakarta, 26 April 2025



Euis Laela

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Optimasi Ekstraksi Tanin dari Kulit Kayu Tingi (*Ceriops tagal*) Menggunakan Metode Taguchi di IKM batik X,Y,Z

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Magister Teknik Industri

Program Magister Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh
Euis Laela
22916017

Yogyakarta, April 2025
Dosen Pembimbing



Dr. Taufiq Immawan, ST., MM

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Optimasi Ekstraksi Tanin dari Kulit Kayu Tingi (*Ceriops tagal*) Menggunakan Metode Taguchi di IKM batik X,Y,Z

TESIS

Disusun oleh
Nama : Euis Laela
NIM : 22916017

Telah dipertahankan didepan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Magister Teknik Industri

Tim Penguji :

Dr. Taufiq Immawan, ST., MM
Ketua

Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.
Anggota 1

Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPM.
Anggota 2

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Magister
Fakultas Teknik Industri Universitas Islam Indonesia

Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM
NIP. 025200519

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunianya serta shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul Optimasi Ekstraksi Tanin dari Kulit Kayu Tingi (*Ceriops tagal*) Menggunakan Metode Taguchi di IKM batik X,Y,Z.

Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar Magister Teknik Industri, Jurusan teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Penulis mendapatkan banyak bantuan dari banyak pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Magister Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Taufiq Immawan, ST., MM, selaku dosen pembimbing yang telah berkenan memberikan bimbingan, saran dan waktunya untuk menyelesaikan tesis ini.
4. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc.,dan ibu Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPM., selaku penguji yang telah memberikan banyak masukan terkait penelitian yang dilakukan.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta staff dari Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu serta membantu selama penulis berkuliah di Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak dan Mamih yang telah memberikan curahan kasih sayang dan doa kepada penulis.
7. Isnaini, suamiku tersayang yang telah memberikan semangat dan dukungannya.

8. Salsabila Berliana Putri Isnaini, Nayyara Putri Isnaini, Kenzie Habibie Putra Isnaini, anak-anak yang sholeh dan sholehah penyemangat dan penyejuk hati penulis.
9. Kepala Balai Besar Standardisasi Pelayanan Jasa Industri Kerajinan dan Batik beserta seluruh staf, yang telah memberikan izin dan memberikan support kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
10. Semua pihak yang tidak dapat kami sebut satu per satu yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari, laporan Tesis ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun. Semoga laporan Tesis ini dapat bermanfaat bagi semua. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh.

Yogyakarta, 26 April 2025

Penulis



Euis Laela

ABSTRAK

Kulit Kayu Tingi (*Ceriops Tagal*) merupakan salah satu sumber potensial pewarna alami untuk batik. Pewarna alami tersebut diperoleh dengan cara di ekstrak. Pewarna alami lebih ramah lingkungan dibandingkan pewarna sintetis, namun penggunaannya masih terbatas akibat biaya produksi yang relatif tinggi, yang disebabkan belum optimalnya teknologi ekstraksi yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses ekstraksi zat pewarna alami dari kulit kayu tingi kering menggunakan metode Taguchi. Variabel bebas yang diuji meliputi berat kulit kayu tingi, volume pelarut, suhu ekstraksi, dan waktu ekstraksi, sedangkan variabel respon yang diamati adalah kadar tanin dan nilai absorbansi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa melalui optimasi proses diperoleh kadar tanin sebesar 28,60 %, nilai absorbansi 0,13 dan nilai prediksi biaya Rp. 11. 295,81. Bila di bandingkan dengan metode ekstraksi konvensional yang biasa digunakan perajin batik dapat menghemat biaya untuk CV. Naraya Batik sebesar Rp. 3.814,68; Sungsang Batik Rp. 1.646,03 dan Nurgiri Batik Rp. 3.265,03. Hal ini menunjukan bahwa optimasi proses ekstraksi mampu meningkatkan efisiensi perolehan zat pewarna alami, sehingga berpotensi menekan biaya produksi, meningkatkan daya saing produk batik berbahan pewarna alami dan membuka peluang bagi penerapan ekstraksi warna tingi di sektor industri.

Kata kunci: kulit kayu tingi, ekstraksi, metode Taguchi, tanin

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN ……...I
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING ……II
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI III
KATA PENGANTAR ……IV
ABSTRAK VI
DAFTAR ISI VII
DAFTAR TABEL …….....IX
DAFTAR GAMBAR …….....XI
BAB I ……..……1
PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 4
1.3. Tujuan Penelitian..... 5
1.4. Batasan Penelitian 5
1.5. Manfaat Penelitian 6
BAB II..... 7
TINJAUAN PUSTAKA..... 7
2.1. Penelitian Terdahulu..... 7
2.2. Posisi penelitian 8
2.3. Pewarna Alami 11
2.4. Kualitas 16
2.5. Metode Taguchi..... 18
BAB III 29
METODE PENELITIAN..... 29
3.1. Subjek dan Objek Penelitian 30
3.2. Lokasi penelitian..... 30
3.3. Variabel penelitian 30
3.4. Alat - alat yang digunakan 30

3.5. Prosedur penelitian 31
3.6. Evaluasi dan analisa data 36
3.7. Pembahasan dan pengambilan kesimpulan 37
BAB IV 38
HASIL PENELITIAN 38
4.1. Studi Pendahuluan 38
4.2. Penelitian 38
BAB V 67
PEMBAHASAN 67
BAB VI 72
KESIMPULAN DAN SARAN 72
6.1. Kesimpulan 72
6.2. Saran 72
DAFTAR PUSTAKA 74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian terdahulu ……...	8
Tabel 2.2	Matrik Posisi Penelitian ……	10
Tabel 3.1	Faktor Kendali ……..	35
Tabel 3.2	Matriks Orthogonal Array L9 (34) …….	35
Tabel 4.1	Data hasil pengujian kandungan total tanin (%) ……...	43
Tabel 4.2	Data hasil pengujian Absorbansi (AU) …….	43
Tabel 4.3	Uji Normalitas Kandungan Tanin ……	44
Tabel 4.4	Uji Normalitas Absorbansi Tanin …….	45
Tabel 4.5	Uji Homogenitas konsentrasi Tanin …….	45
Tabel 4.6	Uji Homogenitas Absorbansi …….……..	46
Tabel 4.7	Uji Anova Kadar Tanin ……	47
Tabel 4.8	Analisis Variansi Kadar Tanin …….	48
Tabel 4.9	Uji Anova Absorbansi ……..	48
Tabel 4.10	Analisis Variansi Absorbansi ……	49
Tabel 4.11	Nilai SNR kandungan tanin ……..	50
Tabel 4.12	Nilai SNR Absorbansi ……..	50
Tabel 4.13	Efek tiap Faktor Kandungan Tanin	51
Tabel 4.14	Efek tiap Faktor Absorbansi …….	51
Tabel 4.15	1/9 FFE (Fractional Factroial Experiment) ……..	52
Tabel 4.16	Model Regresi Linear Berganda Kandungan Tanin …….	52
Tabel 4.17	Penomoran percobaan 1/9 FFE …….	53
Tabel 4.18	Hasil Prediksi Kandungan Tanin (%) ……	53
Tabel 4.19	Model Regresi Linear Berganda Absorbansi ……	55
Tabel 4.20	Hasil Prediksi Absorbansi (AU) ……	55
Tabel 4.21	Proses Eksraksi tingi pada UKM …….	58

Tabel 4.22.a.	Kondisi awal UKM ……...	58
Tabel 4.22.b.	Kandungan tanin dan Absorbans pada UKM	58
Tabel 4.23	Kondisi Level Optimal Kandungan Tanin ……	59
Tabel 4.24	Kondisi Level Optimal Absorbansi ……..	59
Tabel 4.25	Quality Loss Kandungan Tanin …….	60
Tabel 4.26	Quality Loss Absorbansi ……...	62
Tabel 4.27	Nilai MRSN ……..	64
Tabel 5.1	Level Faktor Optimal ……	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram alir penelitian …….. 29

Gambar 4.1 Tahapan ekstraksi kulit kayu tingi (ceriops tagal) …… 39

Gambar 4.2 Deret Standar Asam Tanat …… 40

Gambar 4.3 Larutan baku kurva kalibrasi Asam Tanat …… 41

Gambar 4.4 Pengenceran sampel ……. 42

Gambar 4.5 Sampel siap di baca pada spektrofotometer UV-VIS 42

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Batik merupakan warisan budaya dunia yang berasal dari Indonesia dan diakui oleh *United Nation Educational Scientific and Cultural Organization* (UNESCO) pada 2 Oktober 2009 sebagai *Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity* (Putri *et al.,* 2023). Menurut Standar Nasional Indonesia, batik didefinisikan sebagai sebuah produk kerajinan tangan yang dihasilkan melalui teknik pewarnaan dengan metode perintangan. Pada proses ini, malam (lilin batik) digunakan sebagai bahan penghalang warna. Alat utama yang digunakan untuk menciptakan motif-motif yang memiliki nilai serta makna simbolis adalah canting tulis dan/atau canting cap (BSN, 2019). Tahapan proses pembuatan batik terdiri dari: pemolaan desain, pelekatan lilin, pewarnaan, penghilangan malam, sehingga di hasilkan produk jadi.

Penggunaan zat warna sintesis dalam proses pembuatan batik dapat menimbulkan permasalahan lingkungan bila limbah zat warna sintesis tidak dikelola dengan baik dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia serta ekosistem. Hal ini menjadi sorotan penting di tengah meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya *sustainability* dan produk ramah lingkungan. Sebagai respons terhadap isu tersebut, penggunaan zat warna alam sebagai alternatif pewarna sintetis mulai mendapatkan perhatian. Zat warna alam dikenal lebih ramah lingkungan karena berasal dari bahan-bahan organik yang dapat terurai secara hayati. Namun, tantangan utama dalam pemanfaatan zat warna alam adalah belum adanya metode ekstraksi yang baku dan efisien, sehingga pemanfaatannya masih terbatas dan bersifat tradisional.

Pengrajin batik pada zaman dahulu menggunakan zat warna alam yang berasal dari tumbuhan yaitu kayu, kulit kayu, bunga, biji, buah, daun dan akar tumbuhan (Rusdi et al., 2020); (Zerin et al., 2020). Batik yang menggunakan pewarna sintetis biasanya menghasilkan warna yang lebih terang dan tajam dengan proses produksi yang relatif lebih cepat. Di sisi lain, batik yang menggunakan pewarna alami cenderung memiliki warna yang lembut dan khas, namun memerlukan waktu yang lebih lama dalam proses pembuatannya (Purwanto, 2019) .

Zat warna alam memiliki tanin, yang dapat menggantikan mordan pada proses pewarnaan dengan menggunakan pewarna alami (Elsahida et al., 2019); (Adeel et al., 2023). Zat warna alam dapat menggantikan zat warna sintesis yang bersifat beracun (T. Rahayuningsih et al., 2020) ; (Affat, 2021). Pemanfaatan bahan alam sebagai zat warna mempertimbangkan sifat tahan luntur warna dan kekuatan warna yang dapat diketahui dengan melakukan pengujian di laboratorium. (Abu *et al*., 2023). Salah satu tantangan yang dihadapi dalam pengujian batik dengan warna alami adalah tingkat ketahanan luntur yang masih minim. Ketahanan luntur yang kurang memadai menyebabkan warna batik dapat memudar dengan cepat. Hal ini di sebabkan rendahnya kekuatan zat warna yang berikatan dengan kain. Permasalahan tersebut mendorong para peneliti untuk melakukan perbaikan agar diperoleh hasil yang optimal dari zat warna alam. Kekuatan warna pada kain dipengaruhi oleh suhu, waktu dan pH proses pewarnaan (E. Rahayuningsih et al., 2021); (Azeem et al., 2019). Suhu pewarnaan dan mordan berpengaruh nyata terhadap sifat kolorimetri kain katun, selain itu memiliki faktor perlindungan UV dan anti mikroba (Ultraviolet Protection Factor /UPF) yang lebih baik (Liman et al., 2021) (Shahidi et al., 2022).

Kulit kayu tingi memiliki kandungan tanin. Untuk meningkatkan komersialisasi penggunaan pewarna alami dari kulit kayu tingi dalam pembuatan batik, penting untuk

mengembangkan metode ekstraksi yang baku dan efisien guna mencapai hasil pewarnaan yang maksimal. Optimasi proses ekstraksi zat warna alami memiliki signifikansi yang besar dalam mencapai kualitas pewarna yang tinggi. Pengoptimalan berbagai variabel dalam proses ekstraksi menjadi faktor kunci dalam menghasilkan zat warna alami yang unggul, sekaligus meningkatkan efisiensi serta menekan biaya produksi. Kondisi optimal pada proses ekstraksi berperan penting dalam meningkatkan efektivitas pewarnaan kain. Selain itu, optimasi juga berfungsi untuk menentukan parameter kritis yang harus diperhatikan selama proses ekstraksi berlangsung. (Bemcha et al., 2021); (Shantibala et al., 2023); (Kurinjimalar et al., 2022).

Hasil penelitian (Bemcha et al., 2021) serta rekan-rekannya, mengungkapkan bahwa konsentrasi bahan alami memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil ekstraksi yang dihasilkan. Peningkatan konsentrasi bahan alami menunjukkan adanya korelasi positif terhadap hasil yang diperoleh. Sementara itu, pada variasi perlakuan waktu, penambahan durasi ekstraksi menghasilkan peningkatan kuantitas warna yang dihasilkan. Metode optimalisasi ekstraksi dapat menggunakan desain eksperimental Taguchi. Metode Taguchi diterapkan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kunci dan Interaksi antar parameter yang berkontribusi terhadap proses ekstraksi. Pendekatan ini memberikan kesempatan bagi peneliti mengidentifikasi keadaan ekstraksi yang paling efisien dan akurat (Shafiq et al., 2021); (Gupta et al., 2020); (Vakili, 2023).

Pada penelitian ini memanfaatkan kulit kayu tingi *(Ceriops tagal)* untuk digunakan sebagai pewarna batik. Tingi merupakan tanaman semak yang tumbuh dalam hutan bakau. Kulit kayu tingi saat ini dimanfaatkan untuk : pewarna alami tekstil dan batik, bahan penyamak kulit, antioksidan dan antimikroba dalam industri farmasi dan pangan, bahan tambahan dalam perekat alami untuk industri kayu lapis. Pengrajin batik dalam mengekstraksi tanin masih dikerjakan secara tradisional dan hasilnya kurang

maksimal, baik dari segi kadar tanin yang diekstraksi maupun efisiensi proses. Kondisi saat ini pemanfaatan kulit kayu tingi belum optimal yakni rendemen rendah dimana hasil tanin yang diambil dari kayu masih sedikit dibandingkan potensinya; variabilitas hasil yaitu hasil ekstraksi beda-beda tergantung suhu, waktu, ukuran serbuk, jenis pelarut, dll; teknik ekstraksi masih sederhana yaitu ikm batik banyak menggunakan cara perebusan biasa tanpa kontrol parameter proses yang ketat, pemborosan energi dan waktu yaitu proses lama, suhu tinggi, air atau pelarut banyak terbuang.

Berdasarkan hal di atas metode Taguchi dipilih karena metode Taguchi khusus dipakai untuk optimasi proses yang banyak variabelnya. Ekstraksi tanin dari kayu tingi terdapat faktor yang mempengaruhi yaitu suhu, waktu, konsentrasi pelarut, rasio pelarut terhadap bahan dan ukuran partikel. Bila di uji satu persatu memerlukan waktu dan biaya yang besar. Metode Taguchi memungkinkan : mencari kombinasi parameter terbaik dengan jumlah eksperimen lebih sedikit (menggunakan *orthogonal array*); mengidentifikasi faktor paling dominan yang mempengaruhi hasil ekstraksi; mengurangi variasi hasil (sehingga lebih konsisten dan *reproducible*); meningkatkan rendemen ekstraksi tanin dengan kondisi optimal.

Berdasarkan hal tersebut menjadi acuan peneliti mengambil judul tentang optimasi ekstraksi tanin dari kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) menggunakan metode taguchi pada IKM batik X,Y,Z.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Mengacu pada masalah yang telah dibahas sebelumnya, berikut adalah rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini:

1. Bagaimana menentukan kombinasi level faktor yang dapat menghasilkan kandungan tanin dan zat pewarna dengan tingkat optimal. Parameter yang

digunakan adalah berat kayu tingi (gr), volume pelarut (ml), suhu ekstraksi (°C), waktu ekstraksi (menit).

2. Berapa kadar tanin dan zat pewarna yang dihasilkan pada kondisi proses yang optimal.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi metode ekstraksi yang paling optimal pada kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen Taguchi.
2. Menganalisis kadar tanin dan zat pewarna yang dihasilkan pada kondisi ekstraksi optimal.

1.4. BATASAN PENELITIAN

Batasan penelitian ini terdiri dari beberapa aspek, yakni:

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) kering.
2. Variabel respons yang diamati meliputi nilai absorbansi dan kadar tanin, dengan hasil yang lebih baik ditunjukkan oleh nilai absorbansi dan kadar tanin yang lebih tinggi.
3. Metode Taguchi digunakan dalam Desain eksperimen.
4. Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorium Pengujian Balai Besar Standardisasi Pelayanan Jasa Industri Kerajinan dan Batik, yang berlokasi di Jalan Sidobali No. 9, Yogyakarta.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Diharapkan bahwa penelitian ini dapat memberikan kontribusi manfaat sebagai berikut.

a. Manfaat Ilmiah

- Penelitian ini memberikan sumbangan terhadap pengembangan metode ekstraksi bahan alami yang lebih efisien, khususnya dalam bidang kimia dan bioteknologi, dengan mengaplikasikan desain eksperimen Taguchi.
- Penelitian ini memberikan informasi mengenai kandungan tanin dan zat pembawa warna pada kulit kayu tingi, yang selama ini mungkin belum banyak diteliti. Informasi yang diperoleh dapat menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya.

b. Manfaat Ekonomis

- Hasil optimasi proses ekstraksi dapat diterapkan dalam skala industri untuk menghasilkan tanin dan zat pewarna dengan biaya yang lebih rendah dan proses yang lebih cepat.
- Produk tanin dan zat pembawa warna dari kulit kayu tingi memiliki potensi optimal untuk digunakan di berbagai industri, seperti tekstil, kulit, farmasi, dll, yang membutuhkan bahan pewarna alami atau tanin sebagai zat aktif.

c. Aplikasi dalam Industri yang Berkelanjutan

- Hasil penelitian ini dapat mendukung terciptanya produk-produk industri yang lebih ramah lingkungan, sejalan dengan tren global menuju *Sustainability* dan pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya.
- Dengan ditemukannya kandungan tanin dan zat pewarna alami dalam kulit kayu tingi yang optimal, maka industri dapat beralih dari penggunaan bahan kimia sintetis yang berpotensi berbahaya ke bahan-bahan alami yang lebih aman.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENELITIAN TERDAHULU

(Abu Bakar et al., 2023) meneliti ekstraksi mahoni dapat digunakan sebagai pewarna alami industry tekstil. Optimasi proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan desain eksperimen Taguchi. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa Ekstraksi dilakukan dengan jumlah bubuk giling yang tetap dengan rasio cairan 1:10 pada suhu 90◦C selama 60 menit.

Meghna Diarsa and Akshaya Gupte pada tahun 2020 meneliti Ekstraksi pewarna alami menggunakan metode air merupakan konsep yang ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan ketuaan warna dan sifat tahan luntur kain katun dan sutra yang di warna dengan zat warna alam dari bunga marigold (tagetes erecta). Hasil pencelupan kain optimal pada suhu 80°C selama 60 menit, dengan menjaga rasio massa terhadap cairan 1:40 pada pH-7.

I Kartini dan kawan kawan pada tahun 2021 meneliti Pelapisan kitosan pada kain katun yang diwarnai dengan pewarna alami Tingi (*Ceriops tagal*) dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan luntur pencucian. Pelapisan hidrofobik menggunakan HDTMS (hexadecyltrimethoxysilane) dilakukan untuk mendapatkan tekstil multifungsi. Pencelupan kain dilakukan dengan metode dip-coating dengan dua cara yaitu one pot (Op) dan layer by layer (Lbl). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelapisan LbL menunjukkan cakupan pewarna yang lebih baik pada kain katun dibandingkan dengan pelapisan Op. Namun kain katun dilapisi oleh kitosan/tingi (Op) menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan LbL. Berbagai jenis interaksi molekuler antara pewarna dan kitosan dari teknik pelapisan yang berbeda dapat menghasilkan kinerja yang berbeda pula pencucian.

Edia Rahayuningsih, dan kawan - kawan pada tahun 2021 meneliti optimasi parameter pencelupan kain katun menggunakan ekstrak pewarna alami yang berasal dari dari kulit batang Tegeran (*Cudrania javanensis*), Merbau (*Intsia bijuga*), Tingi (*Ceriops tagal*), dan Jambal (*Peltophorum pterocarpum*), serta buah Jolawe (*Terminalia bellirica*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimal kondisi pencelupan untuk semua ekstrak pewarna alami yang digunakan adalah konsentrasi ekstrak kode A (0,0113 g/mL Tegeran; 0,0115 g/mL Merbau; 0,0204 g/mL Jambal; dan 0,0582 g/mL Jolawe), pencelupan pada suhu 28°C, waktu pencelupan 30 menit, dan MLR 1:30. Nilai K/S tertinggi adalah 5,56 untuk kain yang diwarnai dengan pewarna Tegeran ekstrak dengan larutan fiksatif besi (II) sulfat. Nilai tahan luntur terhadap pencucian untuk Merbau, Tingi, Jambal, dan Jolawe adalah 3-4 (cukup baik) hingga 4-5 (sangat baik). Sementara itu, nilai tahan luntur terhadap sinar untuk semua pewarna adalah antara 4 (baik) dan 5 (sangat baik).

2.2. POSISI PENELITIAN

Berdasarkan tinjauan terhadap penelitian-penelitian sejenis yang telah dijelaskan sebelumnya, posisi penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Penelitian terdahulu

No.	Author	Tujuan	Metode	Hasil
1.	(Diarsa & Gupte, 2020)	Optimasi dan Ekstraksi Pewarna Alami dari *Tagetes Erecta* dan Pencelupan Kain Katun dan Sutra Menggunakan Pseudo Pisang (*Musa Sp*.). Getah Batang	Ektraksi menggunakan metode air yang ramah lingkungan dan meningkatkan kekuatan warna dan sifat tahan luntur.	Kekuatan warna maksimum dicapai pada suhu 80°C dan waktu pencelupan 60 menit dengan mempertahankan rasio bahan terhadap cairan 1:40. Mordan alami dan kimia meningkatkan kekuatan warna kain katun dan sutra.
2.	(Budiarni et al., 2024)	Mengoptimalkan ekstraksi fenolik dari daun mangga kasturi menggunakan metode Taguchi.	Proses ekstraksi dilakukan pada sampel basah dan kering daun mangga kasturi menggunakan metode digesti dengan etanol 50% pada suhu 50 ºC selama 60 menit.	Rasio pelarut padat (SSR) optimal diperoleh pada sampel kering dengan rasio SSR 1:5 dan kadar fenolik sebesar 16995,8 mg/L. Untuk hasil optimasi ekstraksi fenolik sampel kering daun mangga kasturi dengan metode Taguchi, kadar fenolik tertinggi yang diperoleh sebesar 19407,8 mg/L dengan penggunaan etanol 30% pada suhu 70 ºC selama 60 menit.
3.	(Kartini et al., 2021)	Pelapisan kitosan pada kain katun yang diwarnai dengan pewarna alami Tingi (*Ceriops tagal*) untuk meningkatkan ketahanan luntur pencucian.	Pelapisan hidrofobik menggunakan HDTMS (hexadecyltrimethoxysilane) untuk mendapatkan tekstil multifungsi. Kain Pencelupan dilakukan dengan metode dip-coating dengan dua cara yaitu one pot (Op) dan layer by layer.	pelapisan LbL menunjukkan daya tutup warna yang lebih baik pada kain katun dibandingkan dengan pelapisan Op. Namun kain katun dilapisi oleh kitosan/tingi (Op) menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan LbL, dengan tingkat pelindian sebesar 6,2% pada pelindian SDS, dan 4,1% pada pelindian lerak. Sedangkan untuk pelapisan LbL dilakukan proses leaching derajatnya adalah 20,1% pada SDS dan 13,9% pada pelindian

			(LbL)	lerak. Lapisan hidrofobiknya stabil dan tidak terpengaruh oleh pencucian.
4.	(Nurmasitah et al., 2022)	(1) mengetahui pengaruh mordan tawas, tunjung, dan tanin terhadap hasil pencelupan ecoprint menggunakan pewarna Tingi (*Ceriops tagal*) pada kain primisima (2) mengetahui hasil terbaik dalam pencelupan ecoprint menggunakan berbagai jenis mordan meliputi kejernihan pola, ketajaman warna, kewajaran warna, dan serapan warna.	- Metode penelitian eksperimental. - Variabel bebasnya adalah mordan tawas, tunjung dan tanin. - Variabel terikatnya adalah hasil pencelupan ecoprint yang meliputi kejernihan pola, ketajaman warna, kewajaran warna, dan serapan warna. - Variabel kontrolnya adalah pewarna Tingi (Ceriops tagal), teknik mordaning, dan kain primisima	Berdasarkan pengujian kejelasan pola, ketajaman warna, kewajaran warna, dan serapan warna, perlakuan ecoprint terbaik ditunjukkan pada sampel A, yaitu perlakuan ecoprint dengan menggunakan mordan tawas pada kain utama, pewarna Tingi (*Ceriops tagal*) pada selimut, dan mordan tawas dalam fiksasi
5.	(Pancapalaga et al., 2023)	mengetahui potensi *Rhizophora mucronata*, Ekstrak *Maclura cochinchinensis*, dan *Ceriops tagal* sebagai pewarna kulit ramah lingkungan	nilai warna (L*, A*,dan B*), analisis Spektroskopi Inframerah Fourier-Transform (FTIR), dan tahan luntur warna kulit ecoprinting.	ekstrak *R. mucronata*, *M. cochinchinensis*, dan *C. tagal* dapat digunakan untuk pewarnaan kulit dengan metode ecoprinting.
6.	(E. Rahayuningsih et al., 2021)	mengoptimalkan parameter pencelupan kain katun menggunakan ekstrak pewarna alami dari kulit kayu Tegeran, Merbau, Tingi, Jambal, serta kulit buah Jolawe. Optimasi dilakukan berdasarkan kedalaman warna dan keseragaman warna kain katun yang diukur secara kolorimetrik.	Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan variasi parameter pencelupan, termasuk konsentrasi pewarna, suhu pencelupan, waktu pencelupan, dan rasio material ke cairan. Proses melibatkan pra-mordanting, pencelupan, dan pasca-mordanting menggunakan larutan tawas, kapur, dan besi (II) sulfat.	Kondisi pencelupan optimal ditemukan pada konsentrasi ekstrak tertentu (misalnya, 0,0113 g/mL untuk Tegeran), suhu 28°C, waktu pencelupan 30 menit, dan rasio material ke cairan 1:30. Ketahanan pencucian berkisar antara 3–4 (cukup baik) hingga 4–5 (sangat baik), sementara ketahanan cahaya berkisar antara 4–5 (baik hingga sangat baik)
7	(Abu Bakar et al., 2023)	Potensi pewarna alami untuk mengurangi tantangan lingkungan yang terkait dengan pewarna sintetis yang bersifat non-degradable, karsinogenik dan sangat mencemari lingkungan.	metodologi ekstraksi air	pewarnaan kain goni menggunakan pewarna alami yang diekstraksi dari kayu mahoni dapat menjadi alternatif pengganti pewarna sintetis pada industri tekstil.
8	(Nwuzor et al., 2023)	- Optimasi parameter proses ekstraksi zat warna alami *Hibiscus sabdariffa* dengan metodologi permukaan respons. - bertujuan untuk mengembangkan teknik yang lebih sesuai dan terstandarisasi untuk mengekstrak komponen aktif dari bahan tanaman. - Parameter proses ekstraksi zat warna Hibiscus sabdariffa (suhu, waktu, dan bahan baku) dioptimalkan untuk mendapatkan hasil yang tinggi.	- Zat warna diekstraksi menggunakan mesin ekstraktor dan pengering gabungan buatan lokal dengan kapasitas produksi 4 g/menit dan efisiensi ekstraksi masing-masing 78,61% dan 63,77% menggunakan pelarut sebagai media. - Desain Komposit Sentral (CCD) dari Metodologi Permukaan Respons (RSM) digunakan untuk mengoptimalkan parameter proses yang menghasilkan hasil yang optimal.	- Penelitian ini mengungkapkan bahwa suhu dan waktu ekstraksi memiliki pengaruh yang signifikan, sedangkan jumlah bahan baku memiliki pengaruh yang kecil terhadap hasil. - Temuan penelitian ini memberikan dasar bagi pemanfaatan ekstrak pewarna Hibiscus sabdariffa sebagai alternatif pewarna konvensional yang dapat berfungsi sebagai pewarna fungsional bagi industri tekstil, pangan, dan farmasi.

Tabel 2.2. Matrik Posisi Penelitian

No.	Author	Judul Penelitian	Aspek Kajian							
			A	B	C	D	E	F	G	H
1.	(Diarsa & Gupte, 2020)	'Optimization and Extraction of Natural Dye from Tagetes Erecta and Dyeing of Cotton and Silk Fabric Using Banana (Musa Sp.) Pseudo Stem Sap', Journal of Natural Fibers	V	V	V	V	V	V	V	-
2.	(Budiarni et al., 2024)	'Optimization of Phenolic in Extraction Kasturi Mango Leaves (Mangifera casturi Kosterm.) with Taguchi Method'	-	-	V	V	V	V	-	V
3.	(Kartini et al., 2021)	'Enhanced wash-fastness of cotton fabric dyed with a composite of chitosan-natural dyes extract of Ceriops tagal'	-	-	-	V	-	-	-	-
4.	(Nurmasitah et al., 2022)	'The impact of different types of mordant on the eco-print dyeing using tingi (Ceriops tagal)'	V	-	-	-	-	-	-	-
5.	(Pancapalaga et al., 2023)	'Production and Characterization of Natural Dyes for Ecoprinting Leather from the Extracts of Three Mangrove Species'	V	V	V	V	V	V	-	-
6.	(E. Rahayuningsih et al., 2021)	'Optimization of cotton fabrics dyeing process using various natural dye extracts'	V	-	-	-	-	-	-	-
7	(Abu Bakar et al., 2023)	'Exploring the potential of mahogany extract as a natural dye for the coloration of jute fabric'	V	V	V	V	V	V	-	-
8	(Nwuzor et al., 2023)	'Hibiscus sabdariffa natural dye extraction process with central composite design for optimal extract yield'	-	-	V	-	V	V	-	-
9	(Laela, E., 2025)	Optimasi Ekstraksi Tanin dari Kulit Kayu Tingi (Ceriops tagal) Menggunakan Metode Taguchi di IKM batik X,Y,Z	V	V	V	V	V	V	-	V

Keterangan :

A = pelarut Air

B = metode ekstraksi dengan pelarut

C = Berat

D = Volume

E = Suhu

F = Waktu

G = pH

H = Metode Taguchi

Berdasarkan penelitian terdahulu, kesamaan dengan penelitian ini adalah ekstraksi zat warna alam menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut air.

Berdasarkan pemahaman penulis, melalui studi literatur dan survey ke pengrajin batik, penggunaan kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) sebagai pewarna alami batik masih terbatas. Pada riset ini, penulis mengusulkan Teknik ekstraksi yang efisien untuk Pewarnaan batik berbahan alami. Kendala utama dalam riset ini adalah Pengoptimalan ekstraksi untuk memaksimalkan perolehan zat pewarna. Penggunaan metode Taguchi dalam penelitian ini bertujuan untuk memperkaya temuan-temuan dalam studi-studi sebelumnya mengenai zat pewarna alami.

2.3. Pewarna Alami

Pewarnaan pada batik bisa menggunakan zat warna sintetik atau alami. Zat warna sintetik antara lain : Naphtol, Indigosol, Rapid, Remasol. Sedangkan zat warna alami dapat berasal dari tumbuhan yaitu kayu, kulit kayu, bunga, biji, buah, daun dan akar tumbuhan, yaitu : Indigo, Jolawe, Bixa, Jambal, Tingi, Tegeran, dll.

Proses pewarnaan batik menggunakan zat warna sintesis menghasilkan limbah yang dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Sedangkan zat warna alami menghasilkan lebih sedikit polutan. Namun penggunaan mordan untuk meningkatkan kualitas proses pewarnaan dapat melepaskan zat pencemar yang berbahaya karena mordan yang umum digunakan mengandung logam berat. Untuk mengklaim bahwa penggunaan pewarna alami mendukung industri batik yang berkelanjutan, sulit untuk menemukan sumber alternatif bahan mirip mordan yang ramah lingkungan. Tanin dilaporkan dapat menggantikan mordan pada proses pewarnaan dengan menggunakan pewarna alami.(Elsahida et al., 2019)(Adeel et al., 2023)

Zat warna alam dapat menggantikan zat warna sintesis yang bersifat beracun (Olas et al., 2021). Pemanfaatan bahan alam sebagai zat warna mempertimbangkan sifat tahan luntur warna dan kekuatan warna. (Azeem et al., 2019). Kualitas hasil pewarnaan kain

batik diketahui dengan dilakukan pengujian dilaboratorium. (Maghfiroh & Widowati, 2020). Salah satu permasalahan dalam pengujian batik warna alam adalah Daya tahan warna yang rendah. Tahan luntur warna yang rendah berdampak pada pudar nya warna batik. Hal ini di sebabkan rendahnya kekuatan zat warna yang berikatan dengan kain. Permasalahan tersebut mendorong para peneliti untuk melakukan perbaikan agar diperoleh hasil yang optimal dari zat warna alam. Kekuatan warna pada kain dipengaruhi oleh suhu, waktu dan pH proses pewarnaan.(Azeem et al., 2019)(E. Rahayuningsih et al., 2021). Suhu pewarnaan dan mordan berpengaruh nyata terhadap sifat kolorimetri kain katun, selain itu memiliki faktor perlindungan UV dan anti mikroba (Ultraviolet Protection Factor /UPF) yang lebih baik. (Liman et al., 2021) (Shahidi et al., 2022).

Berbagai studi telah menunjukkan bahwa hampir semua material organik memiliki kemampuan untuk menghasilkan warna ketika mengalami proses perebusan, tetapi hanya jenis tumbuhan tertentu yang memiliki kemampuan untuk dimanfaatkan sebagai pewarna kain (Uddin et al., 2022); (Lizamoni Chungkrang, 2021). Untuk bisa dimanfaatkan sebagai bahan pewarna untuk kain, diperlukan penerapan mordan. Mordan berperan dalam meningkatkan ketahanan luntur warna. Proses aplikasi mordan pada kain ini disebut *mordanting* (Repon et al., 2024).

2.3.1. Faktor – faktor yang mempengaruhi ekstraksi

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi proses ekstraksi pewarna alami. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa suhu merupakan faktor yang memengaruhi efisiensi ekstraksi warna alami (Patel *et al.*, 2024) (Bains *et al.,* 2021) (Shantibala *et al.,* 2023). Riset lainnya mengindikasikan hasil dari proses ekstraksi bergantung pada durasi proses ekstraksi (Hardiningtyas *et al*., 2020) (Shantibala *et al.*, 2023) (Bains *et al.,* 2021). Faktor lain yang

disebutkan memengaruhi hasil ekstraksi adalah tingkat pH larutan (Bains *et al.,* 2021) (Shantibala *et al.,* 2023)

2.3.2. Tanaman Tingi (*Ceriops Tagal*)

Ceriops tagal, yang dikenal masyarakat sebagai tengar, merupakan salah satu jenis tanaman bakau dari famili *Rhizophoraceae*. Tanaman ini memiliki kandungan tanin yang tinggi, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai sumber pewarna alami. (Nurmasitah et al., 2022) (Sukmarani et al., 2023) . Tengar merupakan nama yang merujuk pada kelompok tumbuhan dari genus *Ceriops*. Di Indonesia, genus ini terdiri atas dua spesies, yaitu *Ceriops tagal* dan *Ceriops decandra*. Secara morfologi, *Ceriops decandra* memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan *Ceriops tagal*. Namun, kedua spesies ini memiliki karakteristik dan habitat yang relatif mirip, sehingga sering dianggap serupa. *Ceriops tagal* tersebar luas di berbagai wilayah Nusantara dan dikenal dengan berbagai nama lokal, seperti tangar, tengal, tengah, tingi, palun, parun, hingga bido-bido.

2.3.3. **Morfologi dan Ciri-Ciri *Ceriops Tagal***

Ceriops tagal termasuk dalam golongan tanaman dengan batang kecil atau perdu, yang dapat tumbuh hingga mencapai ketinggian 25 meter. Batangnya memiliki ciri khas menggelembung dan dilengkapi dengan akar tunjang yang kecil. Baik Ceriops tagal maupun Ceriops decandra memiliki daun tunggal berbentuk bulat telur, dengan ujung daun yang tumpul atau sedikit berlekuk dan permukaan yang cenderung mengilap. Ukuran daun umumnya tidak melebihi 4×10 cm. Pada tanaman ini, terdapat daun penumpu kecil (sekitar 1,5-2,5 cm) yang mudah gugur, meninggalkan bekas seperti cincin. Bunga Ceriops tagal tumbuh secara berkelompok dengan 5-10 kuntum, berwarna kehijauan pada kelopak dan putih pada daun mahkota, yang kemudian berubah menjadi kecokelatan seiring usia.

Tangkai benang sari tanaman ini relatif pendek, dan proses pembungaan dapat terjadi sepanjang tahun. Buah dari pohon tengar berbentuk bulat telur, berwarna cokelat dengan ukuran rata-rata 2 cm. Hipokotilnya berbentuk silindris, halus, dan berbintil, serta dapat mencapai panjang 25 cm.

2.3.4. Habitat dan Distribusi *Ceriops Tagal*

Ceriops tagal umumnya ditemukan di wilayah tropis dan subtropis, terutama di kawasan Asia Tenggara, Afrika Timur, hingga Pasifik Barat. Habitat alami *Ceriops tagal* mencakup hutan mangrove dengan substrat berlumpur atau berpasir yang terendam air pasang, di mana pohon ini berfungsi sebagai penstabil tanah dan pencegah abrasi pantai. Distribusi geografis *Ceriops tagal* meliputi pantai timur Afrika, Semenanjung Arab, Asia Selatan, Asia Tenggara, hingga ke wilayah Australia utara dan Pasifik barat. Di Indonesia, spesies ini tersebar luas di pesisir Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, dan Papua. Faktor lingkungan, seperti salinitas, suhu, intensitas cahaya, dan tingkat sedimentasi, memengaruhi distribusi dan kelimpahan populasi Ceriops tagal di suatu wilayah.

Sebagai sumber daya alam, *Ceriops tagal* memiliki nilai ekonomi dan ekologis yang signifikan. Kulit kayunya sering dimanfaatkan sebagai bahan pewarna alami, sementara ekosistem yang terbentuk dari pohon mangrove ini berfungsi sebagai habitat penting bagi berbagai organisme laut dan sebagai penyerap karbon dioksida, sehingga berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim. Dengan demikian, memahami habitat dan distribusi *Ceriops tagal* menjadi kunci dalam upaya pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya mangrove secara berkelanjutan.

2.3.5. Pemanfaatan Spesies *Ceriops Tagal*

Selain berfungsi untuk menjaga kelestarian ekosistem pesisir, tanaman tengar memiliki berbagai manfaat. Kayunya sering dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan bakar, sementara kulitnya diolah menjadi pewarna batik. Kulit kayu tengar diketahui mengandung zat tanin sekitar 26,5%, yang merupakan kadar yang cukup tinggi, terutama jika dibandingkan dengan kayu avaram, hemlock, oak, dan chestnut. Selain itu, kayu dari spesies *Ceriops tagal* memiliki kekuatan yang cukup tinggi, bahkan lebih kokoh dibandingkan kayu hutan bakau lainnya, sehingga sering digunakan dalam konstruksi bangunan. Di beberapa daerah, kayu tengar juga dimanfaatkan sebagai bantalan rel kereta dan gagang perkakas. Karena sifat-sifat tersebut, produk olahan kayu tengar memiliki nilai jual yang tinggi di pasaran. Filipina adalah salah satu negara yang melestarikan flora ini, di mana tengar dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam fermentasi anggur kelapa, yang menghasilkan rasa pahit dan tajam. Campuran ekstrak tengar ini memberikan warna cokelat-oranye pada minuman tradisional tersebut, yang menjadi bukti bahwa *Ceriops tagal* mengandung kadar tanin yang tinggi.

Ceriops Tagal (C. tagal)

KERAJAAN	Plantae
DIVISI	Magnoliophyta
KELAS	Magnoliopsida
ORDO	Malpighiales
FAMILI	Rhizophoraceae
GENUS	Ceriops
SPESIES	C. tagal

www.greeners.co

2.4. KUALITAS

Menurut ISO kualitas merupakan keseluruhan atribut dan Karakteristik suatu produk atau layanan ditentukan oleh kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan, baik yang eksplisit maupun yang implisit. Secara ringkas, sebuah produk bisa dianggap berkualitas baik jika mampu memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh klien. Dalam konteks analisis, kualitas diartikan sebagai penyediaan informasi yang dapat dipercaya sesuai dengan waktu, kondisi, dan biaya yang telah disepakati (ISO 9000, 2015).

Menurut Taguchi, kualitas diartikan sebagai sejauh mana suatu produk sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dan seberapa kecil deviasi dari karakteristik kualitas yang diinginkan (G Taguchi & Wu, 1979). Taguchi merumuskan suatu metode yang fokus pada peningkatan kualitas selama tahap perancangan, daripada hanya mengandalkan metode pengendalian kualitas yang diterapkan setelah proses produksi.

Taguchi memperkenalkan dua prinsip utama terkait kualitas, yaitu:

- Kualitas harus dinilai berdasarkan deviasi dari karakteristik kualitas yang diinginkan, dengan tujuan mengurangi variasi tersebut.
- Aspek kualitas perlu diperhatikan sejak tahap perancangan produk.

  Minat manajemen muncul karena dampak ekonomi yang dihasilkan oleh metode Taguchi, yang meliputi pengurangan biaya melalui peningkatan kualitas, yang pada gilirannya berkontribusi terhadap peningkatan kepuasan konsumen.

2.4.1. Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah suatu proses evaluasi yang dilakukan selama tahap perancangan produk atau proses (Snee, 2016). Pengendalian kualitas melibatkan proses sistematis yang mencakup identifikasi, pengukuran, pemantauan, dan pengendalian kualitas pada setiap tahap produksi. Pengendalian kualitas terbagi menjadi dua pendekatan utama: pengendalian kualitas *on-line* dan *off-line*.(Ramzan et al., 2016).

a. Pengendalian kualitas *off-line*

Pengendalian kualitas off-line berfokus pada identifikasi faktor-faktor kritis yang memengaruhi kualitas produk atau proses. Pendekatan ini melibatkan perencanaan percobaan dan desain eksperimen untuk meminimalkan variasi dalam proses produksi. *Desain Eksperimen* (DoE) digunakan untuk mempelajari pengaruh berbagai faktor terhadap kualitas produk, sementara Metode Taguchi menjadi salah satu metode yang banyak digunakan untuk mengoptimalkan desain produk dan proses. Metode ini berfokus pada "*robust design*", yakni menciptakan produk yang tahan terhadap gangguan atau *noise* yang tidak dapat dikendalikan. Dalam konteks pengoptimalan sistem, proses pengendalian kualitas terbagi menjadi dua tahap utama yakni (Genichi Taguchi et al., 2007):

a). *Desain Eksperimen* (DoE). Desain eksperimen digunakan untuk mempelajari bagaimana faktor-faktor yang berpengaruh pada kualitas produk atau proses saling berinteraksi. DoE memungkinkan untuk merancang eksperimen yang efisien untuk mendapatkan informasi yang cukup tentang pengaruh berbagai faktor terhadap variabel kualitas.

b). Metode Taguchi. Metode Taguchi, yang dikembangkan oleh Genichi Taguchi, merupakan pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dengan menciptakan produk yang *robust* terhadap variabilitas faktor eksternal (*noise*). Dengan menggunakan *orthogonal array*, Taguchi memungkinkan peneliti untuk merancang eksperimen dengan jumlah percobaan yang lebih sedikit, namun tetap memberikan informasi yang memadai mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas. (Taguchi & Wu, 1979).

b. Pengendalian kualitas secara on-line

Pengendalian kualitas on-line dilakukan selama proses produksi, di mana proses produksi dikendalikan secara langsung untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang diinginkan. Hal ini melibatkan pemeriksaan dan pengujian produk secara real-time, sehingga penyimpangan kualitas dapat segera diketahui dan diperbaiki.

2.5. Metode Taguchi

Pendekatan eksperimen konvensional, yang mengubah satu faktor untuk meneliti satu respon, membutuhkan banyak percobaan untuk mengevaluasi pengaruh setiap faktor. Metode ini kurang efisien karena memerlukan waktu yang lebih lama dan biaya yang lebih tinggi, sehingga kini jarang digunakan. Pendekatan konvensional memiliki kelemahan utama, yaitu ketidakmampuannya mendeteksi interaksi antar faktor. Untuk mengatasi keterbatasan ini, metode yang lebih efisien, seperti metode Taguchi, sering digunakan (Gupta et al., 2020)

Metode Taguchi, yang dikembangkan dari *Desain Of Eksperimen*, digunakan untuk mengatasi keterbatasan optimasi desain konvensional. Metode ini efektif dalam mengurangi biaya dan variabilitas pada variabel respon. Hal ini disebabkan oleh kemampuan metode Taguchi untuk mengurangi jumlah percobaan yang diperlukan(Sukmana et al., 2019). Pengurangan percobaan ini didasarkan pada signifikansi statistik dari parameter-parameter yang relevan serta interaksi yang terjadi antar parameter tersebut. Metode Taguchi memiliki aplikasi yang luas di berbagai bidang ilmu (Silva et al., 2014), termasuk dalam optimasi penggunaan zat pewarna alami (Teklay & Kechi, 2018)(Desai & Parikh, 2015).

Metode Taguchi bertujuan menciptakan produk atau desain yang robust terhadap noise, sehingga dikenal sebagai *Robust Design*. Metode ini menggunakan matriks *orthogonal array* untuk menentukan jumlah eksperimen minimal, namun

tetap mampu memberikan informasi yang maksimal mengenai semua faktor yang memengaruhi parameter. Kunci utama dalam *orthogonal array* adalah pemilihan kombinasi level variabel input untuk setiap eksperimen.

2.5.1. Faktor kendali dan faktor *noise*

Faktor kendali adalah variabel atau parameter dalam proses desain atau produksi yang dapat diatur, dimodifikasi, dan dioptimalkan oleh produsen untuk mencapai performa produk atau proses yang diinginkan. Faktor ini bersifat tetap selama penggunaan produk oleh konsumen dan dirancang untuk meminimalkan pengaruh faktor-faktor eksternal (*noise*). Dalam konteks metode Taguchi, faktor kendali digunakan untuk mengoptimalkan desain agar lebih tahan terhadap gangguan atau variasi lingkungan. Faktor kendali memungkinkan produsen untuk mengendalikan output produk dan memastikan kualitas yang konsisten. Sedangkan Faktor *noise* adalah variabel atau kondisi eksternal yang berada di luar kendali produsen tetapi dapat mempengaruhi performa produk atau proses. Faktor-faktor ini bersifat tidak dapat diprediksi sepenuhnya dan sering kali menyebabkan variasi atau ketidakstabilan dalam kualitas produk, terutama saat produk digunakan oleh konsumen dalam berbagai lingkungan atau kondisi. Dalam metode Taguchi, faktor *noise* diperhitungkan dalam proses desain untuk membuat produk atau proses lebih *robust*, yaitu mampu bertahan dan tetap berkinerja optimal meskipun terpapar faktor-faktor ini.

Faktor noise dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu:

- Faktor noise *eksternal*: Merupakan variabilitas yang disebabkan oleh sumber-sumber luar yang mempengaruhi produk, seperti perubahan kondisi lingkungan atau gangguan eksternal lainnya.
- Faktor *noise* antar-unit: Mengacu pada perbedaan variabilitas yang terjadi antara satu unit produk dengan unit lainnya, yang merupakan hasil alami dari

proses produksi massal, di mana setiap item sejenis dapat memiliki perbedaan tertentu.

- Faktor *noise* akibat *deteriorasi:* Juga dikenal sebagai *noise internal*, yaitu variabilitas yang muncul akibat perubahan atau degradasi pada komponen mesin atau sistem selama masa penggunaan, terutama ketika komponen telah melebihi masa operasional optimalnya (over time).

Penanganan faktor noise dalam eksperimen Taguchi dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan berikut:

- Melakukan pengulangan pada setiap percobaan untuk memastikan data yang diperoleh lebih representatif terhadap variabilitas yang terjadi.
- Memasukkan faktor noise ke dalam eksperimen dengan memperlakukannya sebagai variabel yang berada di luar kendali, sehingga efeknya terhadap performa sistem dapat dianalisis secara langsung.
- Mengasumsikan faktor *noise* sebagai variabel terkendali yang bervariasi, guna memodelkan dampaknya secara sistematis dan mengoptimalkan respons sistem terhadap kondisi tersebut.

2.5.2. Signal to Noise Ratio (SNR)

SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) merupakan logaritma dari fungsi kerugian kuadratik yang digunakan untuk menilai kualitas suatu produk. SNR berfungsi untuk mengidentifikasi level faktor eksperimen yang memiliki pengaruh terhadap hasil yang diperoleh. SNR terdiri dari beberapa jenis karakteristik kualitas, antara lain:

1. *Smaller the better (STB),* di mana kualitas terbaik ditandai dengan nilai terendah. Nilai SNR untuk karakteristik "smaller the better" dihitung menggunakan rumus.

$$S/N_STB = -10\log\left[\frac{1}{n}\sum_{i=n}^{n} Yi^2\right]$$

Keterangan:

n = jumlah pengulangan dalam suatu percobaan (*trial*)

Yi = nilai respon dari cuplikan ke-i untuk jenis eksperimen tertentu

2. *Larger-the-Better (LTB),* di mana kualitas terbaik ditunjukkan oleh nilai tertinggi. Untuk menghitung nilai S/N pada karakteristik LTB, digunakan rumus tertentu.

$$S/N_STB = -10\log\left[\frac{1}{n}\sum_{i=n}^{n}\frac{1}{Yi^2}\right]$$

3. *Nominal-the-Better (NTB)* mengacu pada kualitas terbaik yang didefinisikan sebagai nilai yang paling mendekati nilai nominal yang telah ditentukan. Nilai S/N untuk karakteristik *nominal-the-better* dihitung menggunakan rumus.

$$S/N_STB = -10\log\left[\frac{\mu^2}{\sigma^2}\right], \text{ dengan } \sigma^2 = \frac{\sum\left(yi-\bar{y}\right)^2}{n-1}$$

2.5.3. Matriks orthogonal Array

Derajat bebas merujuk pada jumlah perbandingan yang diperlukan antar level faktor atau interaksi dalam eksperimen untuk menentukan jumlah minimum percobaan yang perlu dilakukan. Tujuan dari perhitungan derajat bebas adalah untuk menganalisis hubungan antara berbagai level faktor dengan karakteristik kualitas yang dihasilkan. Proses analisis ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang faktor dan level mana yang berkontribusi secara signifikan terhadap kualitas yang diukur. Dalam perancangan eksperimen, aspek efisiensi dan biaya menjadi sangat krusial. Oleh karena itu, pemilihan orthogonal array yang paling minimal namun tetap mampu memberikan informasi yang relevan sangat dianjurkan. Untuk menentukan orthogonal array yang tepat, perhitungan derajat bebas harus dilakukan dengan teliti. Dengan cara ini, desain eksperimen dapat mengoptimalkan sumber daya tanpa mengorbankan keabsahan hasil yang diperoleh.

Perhitungan derajat kebebasan menggunakan cara sebagai berikut:

Untuk faktor dan level :

$$v_{fl} = number_of_levels - 1$$

Untuk orthogonal array

$$v_{OA} = number_of_experiments - 1$$

Untuk interaksi A dan B

$$v_{AxB} = (n_A - 1)x(n_B - 1)$$

Tabel orthogonal array yang dipilih harus memiliki jumlah baris minimum yang setidaknya sama dengan jumlah total derajat bebas yang ada.

2.5.4. Orthogonal array

Orthogonal array adalah sebuah matriks yang terdiri dari beberapa baris dan kolom, di mana setiap kolom mewakili faktor atau kondisi tertentu yang dapat bervariasi dalam setiap percobaan. Faktor-faktor yang diuji dituliskan dalam kolom-kolom matriks ini. Penggunaan orthogonal array bertujuan untuk merancang dan menganalisis data eksperimen secara efisien, sehingga jumlah percobaan yang diperlukan dapat diminimalkan tanpa mengurangi informasi yang diperoleh tentang semua faktor yang mempengaruhi parameter yang diuji.

Keunggulan utama *orthogonal array* terletak pada kemampuannya untuk secara sistematis menentukan kombinasi level dari variabel input, memungkinkan desain eksperimen yang lebih efisien dan optimal. Pemilihan kombinasi level yang tepat merupakan aspek krusial dalam penerapan *orthogonal array* untuk memastikan bahwa hasil eksperimen mencakup informasi yang relevan dengan kualitas yang diinginkan.

Ortogonal Array dinyatakan dengan :

$$L_x(n^y) ,$$

Di mana :

L = orthogonal array

x = jumlah percobaan

y = jumlah faktor yang diamati

n = jumlah level faktor.

Jenis tabel *orthogonal array* yang akan digunakan ditentukan oleh total derajat bebas. Pemilihan derajat bebas tersebut mempertimbangkan beberapa hal, seperti:

1) jumlah faktor dan interaksinya,

2) jumlah level yang diterapkan pada setiap faktor, dan

3) resolusi eksperimen yang diinginkan serta batasan biaya yang ada.

Pemilihan orthogonal array juga didasarkan pada jumlah level faktor yang akan diuji.

Sebagai contoh, jika percobaan memiliki dua level, maka digunakan *orthogonal array* dengan dua level. Jumlah percobaan yang diperlukan ditentukan oleh angka yang tercantum dalam *matriks array.* Sebagai ilustrasi, matriks L8 merepresentasikan 8 percobaan, matriks L9 merepresentasikan 9 percobaan, dan seterusnya, sesuai dengan kebutuhan eksperimen.

Berikut dibawah adalah tabel *orthogonal array* dari metode Taguchi:

Tabel 2. 3. *Orthogonal Array* untuk Setiap Level

2 Level	3 level	4 level	5 level	Mixed level
$L_4(2^3)$	$L_9(3^4)$	$L_{36}(4^5)$	$L_{25}(5^6)$	$L_{18}(2^1x2^7)$
$L_8(2^7)$	$L_{27}(3^{13})$	$L_{64}(4^{21})$		$L_{32}(2^1x4^9)$
$L_{12}(2^{11})$	$L_{81}(3^4)$			$L_{36}(2^{11}x3^{12})$
$L_{16}(2^{15})$				$L_{36}(2^3x3^{13})$
$L_{32}(2^{31})$				$L_{54}(2^1x3^{25})$
$L_{64}(2^{63})$				$L_{50}(2^1x5^{11})$

2.5.5. Langkah Penggunaan metode Taguchi

Barrado dan rekan-rekannya menerapkan desain eksperimental Taguchi melalui beberapa langkah berikut : (Silva et al., 2014)

1) Memformulasikan permasalahan yang akan dipecahkan.

   Mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan secara jelas adalah langkah awal yang sangat penting untuk peningkatan kualitas. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa fokus penelitian tetap terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

2) Memilih variabel output yang akan dioptimalkan, yaitu variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel-variabel lain. Dalam merancang eksperimen, sangat penting untuk memilih dan menetapkan variabel bebas yang akan diteliti dengan jelas.

   Dalam merancang eksperimen, sangat penting untuk memilih dan menetapkan variabel tak bebas yang akan diteliti secara jelas. Dalam konteks eksperimen Taguchi, variabel tak bebas merujuk pada karakteristik kualitas yang dikelompokkan dalam tiga kategori utama:

   a) Karakteristik yang dapat diukur.

      Semua hasil akhir yang diamati dapat diukur dengan skala kontinu, seperti dimensi, berat, dan tekanan. Karakteristik yang dapat diukur ini dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu:

      i) Nominal is the best,

      ii) Smaller the better, dan

      iii) Larger the better.

   b) Karakteristik atribut, yang merupakan hasil akhir yang tidak dapat diukur dengan skala kontinu, tetapi dapat diklasifikasikan ke dalam kategori tertentu, seperti kecil, menengah, besar, atau sangat besar. Selain itu, hasil tersebut juga dapat dikelompokkan berdasarkan kriteria berhasil atau tidak.

c) *Dynamic Characteristic* (Karakteristik dinamis)

Merupakan representasi fungsi dari proses yang dianalisis, di mana proses tersebut digambarkan melalui sinyal atau input, sedangkan output mencerminkan hasil yang diperoleh dari sinyal tersebut.

3) Menentukan faktor-faktor (variabel input) yang berpengaruh terhadap variabel output (respons) dan menentukan level yang akan diuji.

Variabel independent / variable bebas merujuk pada variabel yang perubahannya tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya. Pada tahap ini, faktor-faktor yang diperkirakan memiliki pengaruh terhadap variabel terikat diidentifikasi untuk dianalisis. Dalam suatu percobaan, tidak semua faktor yang diduga memengaruhi variabel terikat disertakan, karena hal tersebut dapat menyebabkan eksperimen menjadi terlalu kompleks dalam pelaksanaannya maupun dalam analisis data. Oleh karena itu, hanya faktor-faktor yang dianggap signifikan atau relevan yang akan dipilih untuk diselidiki.

1) Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Faktor-faktor yang diamati dalam suatu eksperimen dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam metode Taguchi, identifikasi yang jelas terhadap kedua jenis faktor ini sangat penting karena pengaruh keduanya terhadap hasil eksperimen berbeda. Faktor kontrol adalah variabel yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan sesuai keinginan untuk mencapai hasil yang optimal. Sementara itu, faktor gangguan (*noise factor)* adalah variabel yang nilainya tidak dapat atau tidak diinginkan untuk dikendalikan. Meskipun dalam beberapa kasus faktor gangguan dapat dikendalikan,

melakukannya sering kali memerlukan biaya yang tinggi, sehingga optimalisasi dilakukan dengan memperhitungkan pengaruhnya tanpa perlu mengendalikannya secara langsung.

Faktor gangguan terdiri atas :

a) *External (outer) noise*

Semua gangguan dari kondisi lingkungan atau luar produksi.

b) *Internal* (*inner*) *noise*

Semua gangguan dari dalam produksi sendiri.

c) *Unit to unit noise*

Perbedaan antara unit yang diproduksi dengan spesifikasi yang sama.

2) Pilih *ortogonal array*,

Matriks eksperimen adalah struktur matriks yang mencakup sekumpulan percobaan di mana faktor dan levelnya dapat saling dipertukarkan dalam matriks tersebut. Pelaksanaan eksperimen dengan menggunakan bentuk matriks khusus, seperti *orthogonal array*, bertujuan untuk menguji pengaruh berbagai parameter secara efisien. Pendekatan ini merupakan salah satu teknik penting dalam *robust design* atau perancangan kokoh. *Orthogonal array* adalah matriks yang tersusun dari elemen-elemen yang diatur dalam baris dan kolom. Kolom merepresentasikan faktor atau kondisi yang dapat diubah dalam percobaan, sedangkan baris merepresentasikan berbagai kombinasi keadaan dari faktor-faktor tersebut. Matriks ini disebut orthogonal karena level-level dari faktor disusun secara seimbang dan terpisah, sehingga pengaruh suatu faktor atau level tidak tercampur (confounded) dengan pengaruh faktor lainnya dalam analisis. Dengan demikian, *orthogonal array* adalah matriks yang dirancang secara seimbang untuk memastikan bahwa pengaruh setiap faktor atau level dapat dianalisis secara independen tanpa adanya bias atau interferensi.

Desain percobaan yang melibatkan beberapa variabel independen, masing-masing dengan level tertentu, dirancang menggunakan orthogonal array. Berdasarkan faktor-faktor dan level-level yang telah ditentukan, orthogonal array digunakan untuk menyusun desain penelitian. Setiap baris pada matriks merepresentasikan jumlah percobaan yang dilakukan secara acak. Setiap percobaan diulang sebanyak tiga kali di bawah kondisi yang sama namun pada waktu yang berbeda, untuk mengamati pengaruh noise terhadap proses ekstraksi. Hasil dari setiap langkah dalam desain penelitian dinyatakan sebagai rata-rata dari serangkaian percobaan yang dilakukan. Nilai rata-rata dari replikasi ini adalah respon dari percobaan (Vázquez et al., 2013) (Gupta et al., 2020) (Lymperopoulou et al., 2019). Daftar lengkap *array orthogonal* dapat dilihat dalam Taguchi dan Kenishi (Taguchi.G & Konishi, 1987).

3) Tentukan faktor dan interaksi yang relevan, kemudian alokasikan ke kolom-kolom pada orthogonal array

4) Laksanakan percobaan sesuai dengan desain eksperimen yang telah dirancang.

5) Lakukan analisis statistik untuk menghitung *rasio signal-to-noise* (SNR) dan mengidentifikasi kondisi optimal dalam penyesuaian tingkat faktor.

Setelah eksperimen dilakukan menggunakan metode Taguchi, langkah berikutnya adalah melakukan pengukuran statistik untuk mengevaluasi kinerja melalui rasio sinyal terhadap noise (S/N). Setiap percobaan harus dianalisis untuk menghitung pengaruh masing-masing variabel independen terhadap parameter kinerja (Gupta et al., 2020) (Ghasemi et al., 2018)(Rossi et al., 2017)(Lymperopoulou et al., 2019). Rasio S/N merupakan suatu ukuran yang membandingkan sinyal atau keluaran yang diinginkan dengan data yang tidak relevan. Rasio ini menggambarkan sejauh mana respons yang diterima

sesuai dengan parameter target dalam eksperimen. Dalam penelitian ini, kategori respons yang dipilih sebagai yang terbaik adalah nilai tertinggi.

Persamaan untuk menghitung Rasio SN ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2.

Rasio *SN=-10 log (M.S.D)* (1)

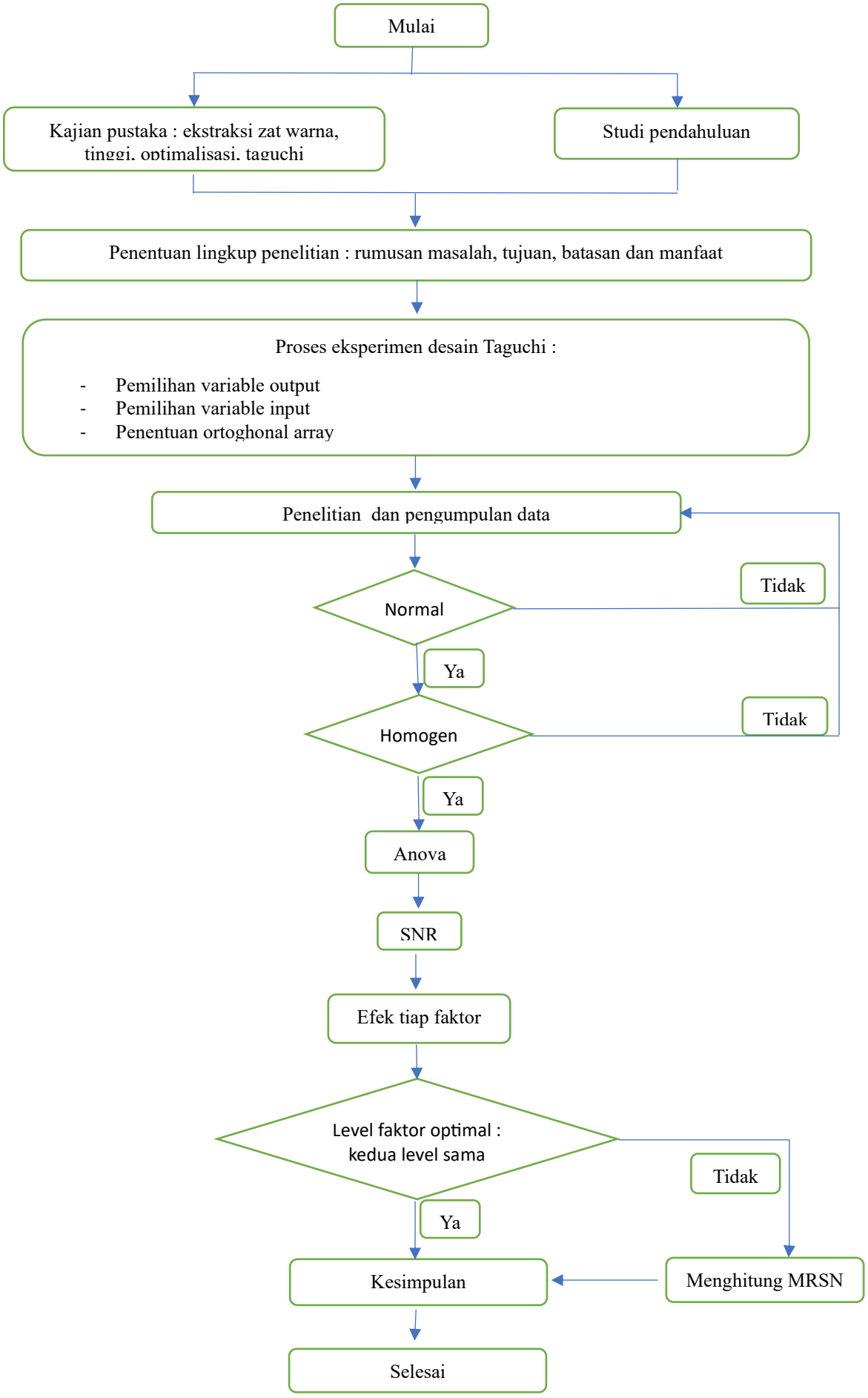
$$MSD = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{T_i^{\,2}} \quad (2)$$

Dimana m adalah jumlah percobaan, Ti adalah nilai hasil performa parameter, i adalah percobaan.

Setelah data eksperimen terkumpul, langkah berikutnya adalah menghitung rasio S/N untuk setiap percobaan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kualitas, penghitungan Signal to Noise ratio (SNR), Penghitungan efek tiap faktor, prediksi nilai variabel respon, dan penentuan level faktor kondisi optimal menggunakan MRSN jika level faktor pada kondisi optimal tidak sama.

BAB III

METODE PENELITIAN



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah menentukan cara ekstraksi optimal zat warna kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) pada beberapa variable. Sedangkan objek penelitian ini adalah Mengetahui nilai kandungan *tanin* dan zat pembawa warna pada kondisi optimal dari kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*).

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengujian Balai Besar Standardisasi Pelayanan Jasa Industri Kerajinan dan Batik, yang beralamat Jl. Sidobali No. 9 Yogyakarta.

3.3.Variabel Penelitian

Variabel bebas pada penelitian ini terdiri dari beberapa faktor yaitu : berat kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) (gr), volume pelarut (ml) , suhu ekstraksi (◦C) dan waktu ekstraksi (menit). Sedangkan variabel terikat (respon) yang di pilih dalam penelitian ini yaitu : Absorbansi larutan (nm) dan Konsentrasi tannin (mg/L).

3.4. Alat – alat yang digunakan

Alat – alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

a. Neraca digital digunakan untuk menimbang bahan baku dan bahan pendukung dalam kegiatan penelitian : Mettler Toledo, Tipe : MS105, Kapasitas: 120 g.

b. Hot Plate Stirrer Thermolyne, digunakan untuk mengaduk dan memanaskan larutan ekstraksi.

c. Thermometer gelas merk Iwaki Kapasitas 100°C, Ketelitian 1°C, digunakan untuk memantau suhu larutan ekstraksi.

d. Peralatan gelas : Piala gelas Iwaki ukuran 100 ml, 250 ml, 500 ml dan 1000 ml; Gelas ukur iwaki ukuran 100 ml; Pipet Volumetrik iwaki ukuran 5 ml, 10 ml dan 25 ml; Labu ukur iwaki ukuran 50 ml.

e. Mikropipet NICHIPET, Kapasitas 1000 ul, untuk mengambil larutan ekstraksi dalam jumlah kecil (µL).

f. UV- VIS Spectrofotometer merk Agilent 8453, digunakan untuk mengukur absorbansi dari larutan hasil ekstraksi.

3.5. Prosedur penelitian

3.5.1. Tahap persiapan

a. Pembuatan log book penelitian

Logbook diperlukan untuk membantu peneliti mencatat kegiatan penelitian.

b. Persiapan bahan untuk diekstrak

Kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) sebagai bahan pewarna alam dibeli di toko Prawoto yang menyediakan bahan dan alat batik di daerah ngasem kota yogyakarta. Kulit kayu tingi *(Ceriops tagal)* yang di beli adalah yang sudah kering.

Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi dengan pelarut berbasis air. Pemilihan pelarut air didasarkan pada karakteristik sebagian besar zat warna alami yang bersifat larut dalam air. Selain itu, air dipilih karena merupakan pelarut yang ekonomis, mudah diperoleh, dan dapat didaur ulang. Sebaliknya, pelarut organik kurang ramah lingkungan dan

memiliki biaya yang relatif tinggi, sehingga kurang sesuai untuk diaplikasikan pada industri batik yang sebagian besar dijalankan oleh perajin berskala kecil.

3.5.2. Tahap desain eksperimen Taguchi

a. Karakteristik Kualitas Produk

Kandungan senyawa (zat warna) yang terlarut dalam tanaman kulit kayu tingi (*ceriops tagal*) antara lain golongan kuinon (naftokuinon, antrakuinon, dll), flavonoid, antosianin, karotenoid, indigoids, dan tannin. (Karadag, R. 2023); (Shamsuzzaman, Md, et all. 2021); (Yusuf et all. 2017). Semakin optimal proses ekstraksi yang dilakukan, semakin tinggi jumlah zat terlarut yang dihasilkan. Pengukuran zat terlarut dilakukan dengan menganalisis absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

Kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*) mengandung senyawa tanin yang berpotensi berperan sebagai *biomordant*. Konsentrasi tanin diukur menggunakan metode *Folin-Ciocalteu*(Makkar, 2003) dengan bantuan spektrofotometer UV-VIS sebagai alat analisis. Semakin optimal proses ekstraksi yang dilakukan, semakin tinggi konsentrasi tanin yang dapat diperoleh.

b. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor

Faktor-faktor yang diperhatikan dalam riset optimasi ekstraksi meliputi:

- Berat kulit kayu tingi (*ceriops tagal*)
- Jumlah pelarut yang di gunakan
- Temperatur proses ekstraksi

Durasi proses ekstraksi.

Tingkat faktor yang diterapkan, beserta alasan pemilihannya, merupakan hasil modifikasi berdasarkan L. Muruganandam, dijelaskan sebagai berikut :

a. Bobot kulit kayu tingi (*ceriops tagal*) dipilih 70 g, 80 g, 100 g. Pemilihan level ini didasarkan pada fakta bahwa semakin banyak bahan yang diekstraksi, semakin tinggi hasil zat terlarut dan tannin yang diperoleh. Level 70 gram dipilih karena jika kurang dari 70 gram, konsentrasi zat terlarut dan tannin yang dihasilkan masih rendah dan kurang optimal untuk pewarnaan. Di sisi lain, pada level di atas 100 gram, konsentrasi zat terlarut dan tannin sudah mencapai titik jenuh, namun belum semua komponen pembawa warna dan tannin dapat terlarut sepenuhnya.
b. Jumlah pelarut yang di gunakan 750 ml, 875 ml dan 1000 ml. Pemilihan level ini didasarkan pada fakta bahwa pada volume di bawah 750 ml, laju perpindahan massa sudah mulai menurun, meskipun belum semua zat terlarut dan tanin dapat diekstraksi. Sementara itu, pada volume lebih dari 1000 ml, peningkatan jumlah zat terlarut dan tanin cenderung kecil dan mendekati konstan. Ketika bahan padat berinteraksi dengan pelarut, komponen yang larut dari bahan padat akan berpindah ke dalam pelarut. Laju perpindahan massa akan menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi zat warna dalam pelarut hingga tercapai keadaan kesetimbangan. Setelah itu, tidak akan ada lagi perpindahan massa zat warna dari bahan tanaman ke pelarut. Salah satu cara untuk meningkatkan perpindahan massa selama proses

ekstraksi adalah dengan mengidentifikasi kondisi parameter yang tepat untuk ekstraksi yang lebih efisien (Sabarudin et al., 2016).

c. Suhu ekstraksi yang digunakan adalah 80 °C, 90 °C, dan 100 °C. Pemilihan level suhu ini didasarkan pada fakta bahwa kondisi ekstraksi, terutama suhu, memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan ekstraksi zat terlarut dan tanin. Secara umum, peningkatan suhu ekstraksi akan menghasilkan jumlah zat terlarut yang lebih besar. Namun demikian, suhu yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi komposisi kimia dan bioaktivitas ekstrak tumbuhan tumbuhan (Arina & Harisun, 2019). Level suhu ini dipilih karena suhu ekstraksi yang lebih rendah dari 80 °C dapat memperlambat proses ekstraksi zat terlarut dan tanin.

d. Durasi ekstraksi yang dipilih adalah 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Waktu ekstraksi yang terlalu lama dapat menyebabkan hidrolisis ekstrak, sementara waktu yang terlalu singkat tidak memungkinkan semua senyawa aktif terekstrak dari bahan(Zhang et al., 2018). Pemilihan level ini didasarkan pada pertimbangan bahwa waktu ekstraksi kurang dari 30 menit kurang optimal, karena kontak antara pelarut dan bahan yang diekstraksi belum cukup untuk melarutkan seluruh zat terlarut dan tanin. Di sisi lain, durasi ekstraksi lebih dari 90 menit dianggap tidak efisien karena hampir semua zat terlarut dan tanin sudah sepenuhnya terekstrak, yang dapat mengakibatkan pemborosan energi.

Tabel 3.1. Faktor Kendali

No	Faktor kendali	Level 1	Level 2	Level 3
1.	Berat kayu tingi (g)	70	80	100
2.	Volume pelarut (mL)	750	875	1000
3.	Suhu ekstraksi °C	80	90	100
4.	Lama ekstraksi (menit)	30	60	90

c. Pemilihan *Orthogonal Array*

Derajat bebas masing- masing faktor :

Faktor 1 (3 level), df = 3-1 = 2

Faktor 2 (3 level), df = 3-1 = 2

Faktor 3 (3 level), df = 3-1 = 2

Faktor 4 (3 level), df = 3-1 = 2

Jumlah df percobaan = 8, maka Pemilihan orthogonal array :

Df OA ≥ df percobaan; Maka dipilih *Orthogonal Array* yang sesuai yaitu L_9 (3^4). Adapun matriks orthogonalnya adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2. Tabel Matriks *Orthogonal Array* L_9 (3^4)

Trial	*Column number*			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Untuk menghasilkan data yang bagus dan meminimalisasi error yang mungkin terjadi, dilakukan 3 kali ulangan percobaan.

3.5.3. Tahap pelaksanaan eksperimen

a. Laksanakan ekstraksi dengan mengikuti urutan percobaan sesuai dengan Tabel 3.2.

b. Lakukan penyaringan dan tempatkan pada wadah kemudian diberi label.

c. Ukur absorbansi dan konsentrasi tannin menggunakan UV-VIS Spectrophotomer. Nilai ini merupakan variabel terikat (respon) dari percobaan. Catat nilai- nilai yang diperoleh pada logbook penelitian.

d. Percobaan diulang sebanyak 3 kali ulangan.

3.6. Evaluasi dan analisa data

Setelah eksperimen dilakukan menggunakan metode Taguchi, langkah berikutnya adalah pengukuran statistik untuk menilai kinerja, yang dikenal dengan rasio sinyal terhadap noise (SN). Setiap percobaan perlu dianalisis untuk mengidentifikasi pengaruh variabel independen terhadap parameter kinerja (Lymperopoulou et al., 2019). Rasio SN adalah ukuran yang membandingkan sinyal atau output yang diinginkan dengan data yang tidak relevan. Rasio ini menggambarkan sejauh mana respons yang diterima berkaitan dengan parameter target dalam percobaan. Dalam penelitian ini, kategori respons yang dipilih adalah nilai tertinggi. Persamaan untuk menghitung rasio SN dapat ditemukan pada persamaan 1 dan 2.

Rasio SN=-10 log (M.S.D) (1)

$$MSD = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{1}{T_i^2} \quad (2)$$

Dimana m merujuk pada jumlah percobaan, Ti adalah nilai hasil performa parameter, dan i adalah percobaan tertentu. Setelah data percobaan terkumpul, rasio SN dihitung untuk setiap percobaan. Langkah berikutnya adalah menghitung nilai analysis of variance (ANOVA). Nilai ANOVA digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas.

Penelitian ini menggunakan desain Taguchi untuk menganalisis pengaruh utama dan interaksi antara parameter yang mempengaruhi proses ekstraksi komponen warna dari kulit kayu tingi (*Ceriops tagal*). Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS . Analisis statistic pada Taguchi dilaksanakan terhadap :

a. Means
b. Standard deviation
c. Analisis Variasi (Anova)
d. Menghitung rasio signal terhadap noise (S/N ratio)
e. Menghitung efek tiap faktor
f. Menentukan nilai optimal level tiap faktor pada masing-masing variabel respons

3.7. Pembahasan dan pengambilan kesimpulan

Setelah uji coba selesai dilaksanakan dan hasil analisis diperoleh, tahap selanjutnya adalah pembahasan. Kesimpulan diambil berdasarkan data dan analisis yang telah didapatkan.

BAB IV
HASIL PENELITIAN

4.1. Studi Pendahuluan

Studi pendahuluan berfungsi membantu peneliti mengenali apa sebenarnya masalahnya, menyaring variabel atau faktor penting, mengetes metode atau teknik awal, membangun hipotesis awal dan mengidentifikasi potensi kendala. Studi pendahuluan untuk memastikan bahwa penelitian mempunyai arah yang jelas, metode yang tepat dan alasan yang kuat. Studi pendahuluan memberikan landasan agar penelitian relevan dengan kebutuhan atau permasalahan nyata, efisien dan kuat secara akademik. Misalnya mencoba beberapa metode ekstraksi sederhana sehingga diketahui bahwa suhu dan waktu pelarut sangat berpengaruh terhadap kadar tanin.

4.2. Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium pengujian Balai Besar Pelayanan Jasa Industri Kerajinan dan Batik. Beralamat di Jl. Sidobali No.9 Yogyakarta. Pelaksanaan penelitian di dasarkan pada matrik *orthogonal array* (L 9). Langkah penelitian yang dilakukan antara lain :

a. Pembuatan ekstrak kulit kayu tingi (*ceriops tagal*)

   Bubuk kulit kayu tingi (*ceriops tagal*) ditimbang menggunakan timbangan sesuai level faktor yang ditetapkan yaitu : 70 gr, 80 gr dan 100 gr. Penimbangan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Kemudian dimasukan ke dalam gelas beker dan dilarutkan dengan air sesuai level faktor yang di tetapkan yaitu : 750 ml, 875 ml dan 1000 ml. Lalu di letakkan di atas *hot plate* dan di panaskan sambil di aduk pada suhu sesuai level faktor yang ditetapkan yaitu : 80 ◦C, 90 ◦C dan 100 ◦C. Waktu ekstraksi sesuai level faktor yang ditetapkan yaitu : 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Selanjutnya,

larutan di filtrasi dengan menggunakan pompa vakum sehingga di hasilkan ekstrak kulit kayu tingi (*ceriops tagal).*



1
Bubuk kulit kayu tingi (*ceriops tagal*)



2
Penimbangan kulit kayu tingi (*ceriops tagal*)



3
Proses Ektraksi



4
Penyaringan Hasil Ekstraksi

Gambar 4.1 Tahapan ekstraksi kulit kayu tingi (*ceriops tagal*)

b. Pengujian Konsentrasi kandungan tanin

Pengujian kandungan tanin dilakukan untuk mengetahui besarnya zat tanin yang dapat di ekstrak dari kulit kayu tingi (*ceriops tagal*). Pengujian kandungan tanin dilakukan menggunakan alat spektrofotometer UV – VIS pada Panjang gelombang maksimum. Langkah pengujian kandungan tanin menggunakan alat spektrofotometer UV -VIS dapat diuraikan sebagai berikut (Kurniawati et al., 2024):

a) Pembuatan Larutan Baku asam tanat

100 mg asam tanat dilarutkan dengan aquadest dalam labu ukur 100 ml, sehingga diperoleh larutan baku induk tanin konsentrasi 1000 ppm. Selanjutnya diencerkan sehingga diperoleh larutan baku seri dengan konsentrasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm dan 100 ppm.



Gambar 4.2. Deret Standar Asam Tanat

b) Penentuan Panjang Gelombang (λ) maksimum

Pilih salah satu larutan baku seri asam tanat. Kemudian pipet 0,5 ml larutan baku 60 ppm dan ditambahkan 7,5 ml aquadest dan 0,5 ml reagen Folin-Ciocalteu dan diamkan selama ± 5 menit. Selanjutnya tambahkan 1,5 ml Na_2CO3 20 % dan diletakkan ditempat yang tidak terkena cahaya 30 menit untuk proses homogenisasi (Chintya & Utami, 2017). Larutan blanko dibuat dengan cara yang sama, namun tanpa menggunakan larutan standar. Selanjutnya dilakukan pengukuran absorbansi dengan spektrofotometer UV-VIS pada rentang Panjang Gelombang (λ) 600 – 800 nm. λ dengan absorbansi paling tinggi adalah λ maksimum dan memiliki kepekaan analisis yang maksimum. Berdasarkan hasil pembacaan di peroleh λ maksimum pada 764 nm.

c) Kurva Kalibrasi

Larutan baku seri asam tanat dengan konsentrasi 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm dan 100 ppm, masing masing di pipet 0,5 ml ditambahkan 7,5 ml aquadest, 0,5 ml 0,5 ml reagen Folin-Ciocalteu dan diamkan selama ± 5 menit. Selanjutnya

tambahkan 1,5 ml Na2CO3 20 % dan diletakkan ditempat yang tidak terkena cahaya 30 menit untuk proses homogenisasi. Di ukur Absorbansi nya pada Panjang gelombang 764 nm. Sehingga di dapatkan kurva kalibrasi.



Gambar 4.3. Larutan baku kurva kalibrasi Asam Tanat

d) Pengukuran kadar Tanin

Larutan sampel di encerkan agar bisa di baca oleh spektrofotometer dan masuk dalam range kurva kalibrasi. Masing masing contoh di pipet 0,5 ml ditambahkan 7,5 ml aquadest, 0,5 ml 0,5 ml reagen Folin-Ciocalteu dan diamkan selama ± 5 menit. Selanjutnya tambahkan 1,5 ml Na2CO3 20 % dan diletakkan ditempat yang tidak terkena cahaya 30 menit untuk proses homogenisasi. Di ukur Absorbansi nya pada Panjang gelombang 764 nm. Sehingga di dapatkan kadar tanin dan Absorbansi sampel.



Pengenceran sampel 1000 x



Pengenceran sampel 500 x

Gambar 4.4. Pengenceran sampel



Gambar 4.5. Sampel siap di baca pada spektrofotometer UV-VIS

Perhitungan kandungan tanin total dengan rumus :

$$\text{Kadar tanin total} = \frac{c \times v \times fp}{m}$$

keterangan :

c = kadar sampel (ppm)
v = volume sampel (ml)
fp = faktor pengenceran
m = bobot sampel (gr)

Kadar total di sebutkan dalam mg ekuivalen asam tanat / gram sampel (mgTAE/g)

$$\text{Kadar tanin total (\%)} = \frac{\text{kadar tanin total (mg/kg)}}{10000}$$

c. Pengumpulan Data

Berikut data hasil pengujian kandungan tanin pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1. Data hasil pengujian kandungan total tanin (%)

Percobaan ke-	Faktor Kendali				Pengulangan (%)		
	A	B	C	D	1	2	3
1	1	1	1	1	22,71	22,66	22,56
2	1	2	2	2	25,51	25,48	25,25
3	1	3	3	3	24,88	24,93	24,91
4	2	1	2	3	24,84	24,65	24,65
5	2	2	3	1	17,69	17,67	17,66
6	2	3	1	2	14,95	14,96	15,00
7	3	1	3	2	17,15	17,01	16,93
8	3	2	1	3	18,19	17,91	17,95
9	3	3	2	1	13,89	13,89	13,87

Tabel 4.2. Data hasil pengujian Absorbansi (AU)

Percobaan ke-	Faktor Kendali				Pengulangan		
	A	B	C	D	1	2	3
1	1	1	1	1	0,10622	0,10600	0,10555
2	1	2	2	2	0,10226	0,10215	0,10123
3	1	3	3	3	0,17460	0,17491	0,17477
4	2	1	2	3	0,13274	0,13175	0,13174
5	2	2	3	1	0,16211	0,16194	0,16184
6	2	3	1	2	0,11987	0,11994	0,12023
7	3	1	3	2	0,11455	0,11361	0,11309
8	3	2	1	3	0,10414	0,10258	0,10279
9	3	3	2	1	0,13915	0,13919	0,13895

Keterangan : Nilai 1, 2, 3 menjelaskan kombinasi perlakuan. Dimana faktor kendali A adalah bobot tingi, B adalah Volume pelarut, C adalah Suhu dan D adalah waktu. Contohnya : A1 menjelaskan bobot tingi 70 gr, A2 menjelaskan bobot tingi 80 gr dan A3 menjelaskan bobot tingi 100 gr, dst.

d. Analisis Data

Data hasil penelitian di olah lebih lanjut untuk didapatkan kombinasi level faktor yang menghasilkan kualitas ekstrak kulit kayu tingi (*ceriops tagal*) yang optimal. Langkah langkah yang dilakukan dengan Uji statistik meliputi :

a) Perhitungan Normalitas Data (Ernawati et al., 2023)

Uji normalitas merupakan salah satu bagian dari uji persyaratan analisis data atau uji asumsi klasik, artinya sebelum melakukan analisis statistic untuk uji hipotesis maka data penelitian tersebut harus di uji kenormalan distribusinya.

Dasar pengambilan Keputusan dalam uji normalitas adalah :

- Jika nilai signifikansi (Sig.) lebih besar dari 0,05 maka data penelitian berdistribusi normal.
- Sebaliknya, jika nilai signifikansi (Sig.) lebih kecil dari 0,05 maka data penelitian tidak berdistribusi normal.

Pada uji normalitas : $N \geq 50$ ⟶ Kolmogorov Smirnov

$N < 50$ ⟶ Shapiro wilk

Dimana N = banyaknya populasi sampel penelitian

Jumlah sampel penelitian ini adalah 27 sampel maka menggunakan Shapiro wilk. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS versi 26.

Tabel 4.3. Uji Normalitas Kandungan Tanin

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Ulangan_1	.209	9	.200*	.884	9	.174
Ulangan_2	.226	9	.200*	.882	9	.166
Ulangan_3	.221	9	.200*	.879	9	.153

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan hasil di atas nilai Sig. > 0,05 maka distribusi data normal.

Tabel 4.4. Uji Normalitas Absorbansi Tanin

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
pengulangan1	.184	9	.200*	.893	9	.212
pengulangan2	.176	9	.200*	.891	9	.202
pengulangan3	.168	9	.200*	.895	9	.225

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan hasil di atas nilai Sig. > 0,05 maka distribusi data normal

b) Uji Homogenitas

Uji homogenitas adalah suatu uji yang dilakukan untuk mengetahui bahwa dua atau lebih kelompok data sampel berasal dari populasi yang memiliki varians sama (homogen). Berdasarkan tabel 4.3 dan 4.4 diperoleh data penelitian berdistribusi normal, maka uji homogenitas dapat menggunakan Uji Bartlett. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS versi 26.

Pengujian Homogenitas dengan ketentuan :

H 0 = nilai konsentrasi x berasal dari populasi yang homogen

H 1 = nilai konsentrasi x bukan berasal dari populasi yang homogen

Ketentuan :

Jika Sig. < 0,05 ; maka H 0 ditolak, H 1 tidak dapat menolak
Jika Sig. > 0,05 ; maka H 0 tidak dapat menolak, H 1 ditolak

Tabel 4.5. Uji Homogenitas konsentrasi Tanin

Test Results

Box's M		.001
F	Approx.	.000
	df1	2
	df2	1296.000
	Sig.	1.000

Tests null hypothesis of equal
population covariance matrices.

Berdasarkan tabel 4.5 , nilai Sig. = 1,000 > 0,05 , maka H0 tidak dapat menolak, H 1 ditolak. Dengan demikian di simpulkan bahwa data konsentrasi tanin berasal dari populasi yang homogen.

Tabel 4.6. Uji Homogenitas Absorbansi

Test Results

Box's M		.002
F	Approx.	.001
	df1	2
	df2	1296.000
	Sig.	.999

Tests null hypothesis of equal
population covariance matrices.

Berdasarkan tabel 4.6 , nilai Sig. = 0,999 > 0,05 , maka H0 tidak dapat menolak, H 1 ditolak. Dengan demikian di simpulkan bahwa data absorbansi berasal dari populasi yang homogen.

c) Uji Anova

ANOVA digunakan untuk menguji rata-rata dari beberapa populasi. Uji Anova dapat membandingkan lebih dari dua sampel. One Way ANOVA digunakan untuk mengetahui apakah rata-rata dua atau lebih kelompok berbeda secara nyata atau tidak. Uji One way ANOVA disebut juga uji anova satu faktor. Analisis ini memiliki asumsi bahwa kelompok yang dianalisis memiliki varian yang sama serta data yang digunakan berdistribusi normal. Berikut ini persyaratan penggunaan uji One Way ANOVA:

- Sampel berasal dari kelompok yang indepeden.
- Variabel faktor (variabel independent) berupa non metrik (data kategorikal).
- Variabel data penelitian berdistribusi normal.

- Variabel data penelitian mempunyai varian yang sama (data homogen).

Analisis data menggunakan aplikasi SPSS versi 26.

Keterangan :

- Jika signifikan atau probabilitas > 0,05, maka H0 tidak dapat menolak
- Jika signifikansi atau probabilitas < 0,05, maka H0 ditolak

Tabel 4.7. Uji Anova Kadar Tanin

ANOVA

Konsentrasi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.060	2	.030	.001	.999
Within Groups	490.297	24	20.429		
Total	490.357	26			

Uji ANOVA menunjukan nilai probabilitas atau signifikansi = 0,999. Hal ini berarti signifikansi > 0.05 maka H0 tidak dapat menolak yang artinya tidak ada perbedaan rata-rata antara ketiga kelompok ulangan. Uji Pos Hoc tidak dilakukan karena H0 tidak dapat menolak.

Analisis data menggunakan Excel.

Hipotesis yang di uji adalah :

H0 = tidak ada perbedaan rata rata kadar tanin dengan ulangan yang berbeda. (sama)

H1 = ada perbedaan rata rata kadar tanin dengan ulangan yang berbeda. (tidak sama)

Untuk menentukan H0 atau Ha yang tidak dapat menolak maka ketentuan yang harus di ikuti adalah sebagai berikut :

- Jika Fhitung > Ftabel maka H0 menolak

- Jika F hitung < Ftabel maka H0 tidak dapat menolak

Tabel 4.8. Analisis Variansi Kadar Tanin

Sumber variasi	derajat bebas	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	%P	Keterangan
Faktor A	2	297,43	148,72	18510,48	3,55	297,42	0,61	F hit > F tabel
Faktor B	2	59,23	29,62	3686,20	3,55	59,21	0,12	F hit > F tabel
Faktor C	2	35,12	17,56	2185,97	3,55	35,11	0,07	F hit > F tabel
Faktor D	2	98,50	49,25	6130,32	3,55	98,49	0,20	F hit > F tabel
Residual	18,00	0,14	0,01				0,00	
Total	26,00	490,44						

Berdasarkan tabel 4.8 terlihat bahwa faktor A , B, C dan D mempunyai F hitung sebesar 18510,48 ; 3686,20 ; 2185,97 dan 6130,32 > Ftabel (3.55) sehingga Ho menolak dan tidak dapat menolak Ha, artinya terdapat pengaruh yang signifikan terhadap kandungan tanin. Dari tabel terlihat, faktor A = 0,61 % memberikan persentase kontribusi lebih besar daripada faktor B, C dan D.

Tabel 4.9 Uji Anova Absorbansi

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	2	.000	.001	.999
Within Groups	.017	24	.001		
Total	.017	26			

Uji ANOVA menunjukan nilai probabilitas atau signifikansi = 0,999. Hal ini berarti signifikansi > 0.05 maka Ho tidak dapat menolak yang artinya tidak ada perbedaan rata-rata antara ketiga kelompok ulangan. Uji Pos Hoc tidak dilakukan karena H0 tidak dapat menolak.

Tabel 4.10. Analisis Variansi Absorbansi

Sumber variasi	derajat bebas	SS	MS	F Hitung	F Tabel	SS'	%P	Keterangan
Faktor A	2	0,0017	0,0008	3569,89	3,55	0,0017	10,2%	F hit > F tabel
Faktor B	2	0,0038	0,0019	8066,06	3,55	0,0038	23,0%	F hit > F tabel
Faktor C	2	0,0076	0,0038	15967,54	3,55	0,0076	45,5%	F hit > F tabel
Faktor D	2	0,0035	0,0018	7490,89	3,55	0,0035	21,3%	F hit > F tabel
Residual	18	0,0000	0,0000				0,0%	
Total	26	0,0166						

Berdasarkan tabel 4.10 terlihat bahwa faktor A , B, C dan D mempunyai F hitung sebesar 3569,89; 8066,06; 15967,54 dan 7490,89 > Ftabel (3.55) sehingga Ho menolak dan tidak dapat menolak Ha, artinya terdapat pengaruh yang signifikan terhadap Absorbansi. Dari tabel terlihat, faktor C = 45,5 % memberikan persentase kontribusi lebih besar daripada faktor A, B dan D.

d) Signal to Noise Ratio (SNR)

(Murniati et al., 2015) Metode Taguchi diperkenalkan pertama kali oleh Dr. Genichi Taguchi (1949) yang merupakan metodologi baru untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan resources seminimal mungkin. Metode Taguchi membentuk metode eksperimen berdasarkan *orthogonal array*. *Orthogonal array* menyediakan satu set jumlah eksperimen yang paling minimum yang mampu memberikan informasi secara lengkap tentang pengaruh faktor pada performa parameter. Pada metode Taguchi hasil dari eksperimen ditransformasikan menjadi S/N Ratio untuk mengukur deviasi karakteristik kualitas dari nilai yang diharapkan. Nilai S/N ratio untuk karakteristik kualitas yang digunakan adalah *larger the better (LTB)*, dimana semakin besar nilai nya, maka kualitas semakin baik. LTB dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

$$S/N_{ltb} = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{y_i^2}\right)$$

Hasil perhitungan nilai SNR Kandungan Tanin dan Absorbansi ditujukan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.11. Nilai SNR kandungan tanin

Percobaan ke -	Faktor Kendali				Pengulangan (%)			SNR
	A	B	C	D	1	2	3	
1	1	1	1	1	22,71	22,66	22,56	27,10
2	1	2	2	2	25,51	25,48	25,25	28,10
3	1	3	3	3	24,88	24,93	24,91	27,93
4	2	1	2	3	24,84	24,65	24,65	27,86
5	2	2	3	1	17,69	17,67	17,66	24,95
6	2	3	1	2	14,95	14,96	15,00	23,50
7	3	1	3	2	17,15	17,01	16,93	24,62
8	3	2	1	3	18,19	17,91	17,95	25,11
9	3	3	2	1	13,89	13,89	13,87	22,85

Tabel 4.12. Nilai SNR Absorbansi

Percobaan ke -	Faktor Kendali				Pengulangan			SNR
	A	B	C	D	1	2	3	
1	1	1	1	1	0,10622	0,10600	0,10555	-19,50
2	1	2	2	2	0,10226	0,10215	0,10123	-19,84
3	1	3	3	3	0,17460	0,17491	0,17477	-15,15
4	2	1	2	3	0,13274	0,13175	0,13174	-17,58
5	2	2	3	1	0,16211	0,16194	0,16184	-15,81
6	2	3	1	2	0,11987	0,11994	0,12023	-18,42
7	3	1	3	2	0,11455	0,11361	0,11309	-18,88
8	3	2	1	3	0,10414	0,10258	0,10279	-19,73
9	3	3	2	1	0,13915	0,13919	0,13895	-17,13

e) Efek tiap Faktor

Analisis pengaruh masing-masing faktor dilakukan untuk memperoleh rumusan yang menghasilkan kombinasi tingkat faktor terbaik bagi setiap variabel respons.

Hasil perhitungan pengaruh faktor terhadap variabel respons, seperti kandungan tanin dan absorbansi, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.13. Efek tiap Faktor Kandungan Tanin

Level	Faktor Kendali			
	A	B	C	D
Level 1	27,71	26,53	25,24	24,97
Level 2	25,44	26,05	26,27	25,41
Level 3	24,19	24,76	25,83	26,97
Maksimum	27,71	26,53	26,27	26,97
Minimum	24,19	24,76	25,24	24,97
Selisih	3,51	1,77	1,03	2,00
Rank	1	3	4	2
Optimal	A1	B1	C2	D3

Berdasarkan perhitungan statistik ANOVA, diketahui bahwa faktor A, B, C, dan D memiliki pengaruh signifikan terhadap kandungan tanin. Oleh karena itu, kombinasi tingkat faktor yang optimal adalah A1, B1,C2,D3.

Tabel 4.14. Efek tiap Faktor Absorbansi

Level	Faktor Kendali			
	A	B	C	D
Level 1	-18,16336	-18,65508	-19,21511	-17,48194
Level 2	-17,27029	-18,45989	-18,18534	-19,04513
Level 3	-18,58158	-16,90026	-16,61478	-17,48816
Maksimum	-17,27029	-16,90026	-16,61478	-17,48194
Minimum	-18,58158	-18,65508	-19,21511	-19,04513
Selisih	1,31129	1,75482	2,60033	1,56319
Rank	4	2	1	3
Optimal	A2	B3	C3	D3

Hasil perhitungan statistik ANOVA menunjukkan bahwa faktor A, B, C, dan D memiliki pengaruh yang signifikan terhadap absorbansi. Oleh karena itu, kombinasi tingkat faktor yang optimal untuk absorbansi adalah A2, B3, C3 dan D3. Berdasarkan perhitungan tersebut, ditemukan bahwa kombinasi tingkat optimal untuk setiap variabel respons tidak seragam, sehingga analisis multi-respons diperlukan. Untuk itu, setiap

faktor akan dianalisis berdasarkan 81 kombinasi alternatif yang tertera pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15. 1/9 FFE (Fractional Factroial Experiment)

		A1			A2			A3		
		B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
C1	D1	1								
	D2	2								
	D3	3								
C2	D1	4								
	D2	5								
	D3	6								
C3	D1	7								
	D2	8								
	D3	9								

f) Prediksi Nilai variabel Respon

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 4.1 dan tabel 4.15. 1/9 FFE (Fractional Factroial Experiment) maka dengan menggunakan metode regresi linear berganda, regresi linear berganda digunakan untuk mengetahui pengaruh dua atau lebih variable independent (variable bebas) terhadap variable dependent (variable respon), dimana variable independent : A (berat Tingi), B (volume Aqudes), C (Suhu), D (Waktu). Sedangkan variable dependent adalah kadar tanin atau absorbansi. Model regresi linear berganda dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.16. Model Regresi Linear Berganda Kandungan Tanin

Ulangan ke	**Model Regresi**
1	Y = 25,76+-3,98A-1,83B+0,65C+2,27D
2	Y = 25,72+-4,04A-1,76B+0,68C+2,21D
3	Y = 25,51+-4A-1,73B+0,66C+2,24D

Berdasarkan tabel 4.15 1/9 FFE (Fractional Factroial Experiment) disusunlah urutan penomoran untuk percobaan sebagai berikut:

Tabel 4.17 Penomoran percobaan 1/9 FFE

		A1			A2			A3		
		B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
C1	D1	1	10	19	28	37	46	55	64	73
	D2	2	11	20	29	38	47	56	65	74
	D3	3	12	21	30	39	48	57	66	75
C2	D1	4	13	22	31	40	49	58	67	76
	D2	5	14	23	32	41	50	59	68	77
	D3	6	15	24	33	42	51	60	69	78
C3	D1	7	16	25	34	43	52	61	70	79
	D2	8	17	26	35	44	53	62	71	80
	D3	9	18	27	36	45	54	63	72	81

Berdasarkan model regresi linear berganda yang terdapat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17, penomoran percobaan 1/9 FFE, prediksi kandungan tanin disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.18 Hasil Prediksi Kandungan Tanin (%)

Nomor	A	B	C	D	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3
1	1	1	1	1	22,87	22,81	22,69
2	1	1	1	2	25,14	25,03	24,92
3	1	1	1	3	27,41	27,24	27,16
4	1	1	2	1	23,52	23,49	23,35
5	1	1	2	2	25,79	25,71	25,59
6	1	1	2	3	28,06	27,92	27,82
7	1	1	3	1	24,16	24,17	24,02
8	1	1	3	2	26,43	26,39	26,25
9	1	1	3	3	28,70	28,60	28,49
10	1	2	1	1	21,04	21,06	20,96
11	1	2	1	2	23,31	23,27	23,19
12	1	2	1	3	25,58	25,48	25,43
13	1	2	2	1	21,69	21,74	21,62
14	1	2	2	2	23,96	23,95	23,86
15	1	2	2	3	26,23	26,16	26,10
16	1	2	3	1	22,33	22,42	22,29
17	1	2	3	2	24,60	24,63	24,52
18	1	2	3	3	26,87	26,84	26,76
19	1	3	1	1	19,21	19,30	19,23
20	1	3	1	2	21,48	21,51	21,47
21	1	3	1	3	23,75	23,73	23,70
22	1	3	2	1	19,86	19,98	19,89
23	1	3	2	2	22,13	22,19	22,13
24	1	3	2	3	24,40	24,40	24,37

25	1	3	3	1	20,51	20,66	20,56
26	1	3	3	2	22,78	22,87	22,80
27	1	3	3	3	25,05	25,08	25,03
28	2	1	1	1	18,89	18,77	18,69
29	2	1	1	2	21,16	20,98	20,93
30	2	1	1	3	23,43	23,20	23,16
31	2	1	2	1	19,54	19,45	19,36
32	2	1	2	2	21,81	21,66	21,59
33	2	1	2	3	24,08	23,88	23,83
34	2	1	3	1	20,18	20,13	20,02
35	2	1	3	2	22,45	22,34	22,26
36	2	1	3	3	24,72	24,55	24,49
37	2	2	1	1	17,06	17,02	16,96
38	2	2	1	2	19,33	19,23	19,20
39	2	2	1	3	21,60	21,44	21,44
40	2	2	2	1	17,71	17,70	17,63
41	2	2	2	2	19,98	19,91	19,86
42	2	2	2	3	22,25	22,12	22,10
43	2	2	3	1	18,35	18,37	18,29
44	2	2	3	2	20,62	20,59	20,53
45	2	2	3	3	22,89	22,80	22,77
46	2	3	1	1	15,23	15,26	15,23
47	2	3	1	2	17,50	17,47	17,47
48	2	3	1	3	19,77	19,68	19,71
49	2	3	2	1	15,88	15,94	15,90
50	2	3	2	2	18,15	18,15	18,14
51	2	3	2	3	20,42	20,36	20,37
52	2	3	3	1	16,53	16,62	16,56
53	2	3	3	2	18,80	18,83	18,80
54	2	3	3	3	21,07	21,04	21,04
55	3	1	1	1	14,91	14,73	14,70
56	3	1	1	2	17,18	16,94	16,93
57	3	1	1	3	19,45	19,15	19,17
58	3	1	2	1	15,56	15,41	15,36
59	3	1	2	2	17,83	17,62	17,60
60	3	1	2	3	20,10	19,83	19,83
61	3	1	3	1	16,20	16,09	16,03
62	3	1	3	2	18,47	18,30	18,26
63	3	1	3	3	20,74	20,51	20,50
64	3	2	1	1	13,08	12,97	12,97
65	3	2	1	2	15,35	15,19	15,20
66	3	2	1	3	17,62	17,40	17,44
67	3	2	2	1	13,73	13,65	13,63
68	3	2	2	2	16,00	15,86	15,87
69	3	2	2	3	18,27	18,08	18,10
70	3	2	3	1	14,37	14,33	14,30

71	3	2	3	2	16,64	16,54	16,53
72	3	2	3	3	18,92	18,76	18,77
73	3	3	1	1	11,25	11,22	11,24
74	3	3	1	2	13,52	13,43	13,47
75	3	3	1	3	15,79	15,64	15,71
76	3	3	2	1	11,90	11,90	11,90
77	3	3	2	2	14,17	14,11	14,14
78	3	3	2	3	16,44	16,32	16,38
79	3	3	3	1	12,55	12,58	12,57
80	3	3	3	2	14,82	14,79	14,80
81	3	3	3	3	17,09	17,00	17,04

Berdasarkan data pengujian absorbansi yang tercantum pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.15, 1/9 FFE (Fractional Factorial Experiment), diperoleh persamaan sebagai berikut:

Tabel 4.19. Model Regresi Linear Berganda Absorbansi

Ulangan ke	**Model Regresi**
1	Y = 0,07+-0,0042A+0,01B+0,02C+0,0007D
2	Y = 0,068+-0,005A+0,014B+0,0203C+0,0004D
3	Y = 0,07+-0,004A+0,01B+0,02C+0D

Sesuai dengan model regresi linear berganda pada tabel 4.19 dan tabel 4.17 penomoran percobaan 1/9 FFE, prediksi Absorbansi disusun pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.20 Hasil Prediksi Absorbansi (AU)

	A	**B**	**C**	**D**	**ulangan 1**	**ulangan 2**	**ulangan 3**
1	1	1	1	1	0,09842	0,09817	0,09764
2	1	1	1	2	0,09909	0,09852	0,09814
3	1	1	1	3	0,09976	0,09887	0,09863
4	1	1	2	1	0,11859	0,11849	0,11783
5	1	1	2	2	0,11926	0,11884	0,11832
6	1	1	2	3	0,11993	0,11919	0,11882
7	1	1	3	1	0,13876	0,13881	0,13802
8	1	1	3	2	0,13943	0,13917	0,13851
9	1	1	3	3	0,14010	0,13952	0,13901
10	1	2	1	1	0,11177	0,11194	0,11157

11	1	2	1	2	0,11244	0,11230	0,11206
12	1	2	1	3	0,11311	0,11265	0,11256
13	1	2	2	1	0,13194	0,13227	0,13176
14	1	2	2	2	0,13261	0,13262	0,13225
15	1	2	2	3	0,13328	0,13297	0,13274
16	1	2	3	1	0,15211	0,15259	0,15195
17	1	2	3	2	0,15278	0,15294	0,15244
18	1	2	3	3	0,15345	0,15330	0,15293
19	1	3	1	1	0,12512	0,12572	0,12550
20	1	3	1	2	0,12579	0,12608	0,12599
21	1	3	1	3	0,12646	0,12643	0,12648
22	1	3	2	1	0,14529	0,14605	0,14568
23	1	3	2	2	0,14596	0,14640	0,14618
24	1	3	2	3	0,14663	0,14675	0,14667
25	1	3	3	1	0,16546	0,16637	0,16587
26	1	3	3	2	0,16613	0,16672	0,16637
27	1	3	3	3	0,16680	0,16708	0,16686
28	2	1	1	1	0,09422	0,09355	0,09319
29	2	1	1	2	0,09488	0,09390	0,09368
30	2	1	1	3	0,09555	0,09426	0,09418
31	2	1	2	1	0,11439	0,11388	0,11338
32	2	1	2	2	0,11505	0,11423	0,11387
33	2	1	2	3	0,11572	0,11458	0,11436
34	2	1	3	1	0,13456	0,13420	0,13357
35	2	1	3	2	0,13522	0,13455	0,13406
36	2	1	3	3	0,13589	0,13490	0,13455
37	2	2	1	1	0,10757	0,10733	0,10712
38	2	2	1	2	0,10823	0,10768	0,10761
39	2	2	1	3	0,10890	0,10803	0,10810
40	2	2	2	1	0,12774	0,12766	0,12730
41	2	2	2	2	0,12840	0,12801	0,12780
42	2	2	2	3	0,12907	0,12836	0,12829
43	2	2	3	1	0,14791	0,14798	0,14749
44	2	2	3	2	0,14857	0,14833	0,14799
45	2	2	3	3	0,14924	0,14868	0,14848
46	2	3	1	1	0,12092	0,12111	0,12104
47	2	3	1	2	0,12158	0,12146	0,12154
48	2	3	1	3	0,12225	0,12181	0,12203
49	2	3	2	1	0,14109	0,14143	0,14123
50	2	3	2	2	0,14175	0,14179	0,14172
51	2	3	2	3	0,14242	0,14214	0,14222
52	2	3	3	1	0,16126	0,16176	0,16142
53	2	3	3	2	0,16192	0,16211	0,16191
54	2	3	3	3	0,16259	0,16246	0,16241
55	3	1	1	1	0,09001	0,08894	0,08874

56	3	1	1	2	0,09068	0,08929	0,08923
57	3	1	1	3	0,09134	0,08964	0,08972
58	3	1	2	1	0,11018	0,10926	0,10892
59	3	1	2	2	0,11085	0,10961	0,10942
60	3	1	2	3	0,11151	0,10997	0,10991
61	3	1	3	1	0,13035	0,12959	0,12911
62	3	1	3	2	0,13102	0,12994	0,12961
63	3	1	3	3	0,13168	0,13029	0,13010
64	3	2	1	1	0,10336	0,10272	0,10266
65	3	2	1	2	0,10403	0,10307	0,10316
66	3	2	1	3	0,10469	0,10342	0,10365
67	3	2	2	1	0,12353	0,12304	0,12285
68	3	2	2	2	0,12420	0,12339	0,12334
69	3	2	2	3	0,12486	0,12375	0,12384
70	3	2	3	1	0,14370	0,14337	0,14304
71	3	2	3	2	0,14437	0,14372	0,14353
72	3	2	3	3	0,14503	0,14407	0,14403
73	3	3	1	1	0,11671	0,11650	0,11659
74	3	3	1	2	0,11738	0,11685	0,11708
75	3	3	1	3	0,11804	0,11720	0,11758
76	3	3	2	1	0,13688	0,13682	0,13678
77	3	3	2	2	0,13755	0,13717	0,13727
78	3	3	2	3	0,13821	0,13752	0,13776
79	3	3	3	1	0,15705	0,15715	0,15697
80	3	3	3	2	0,15772	0,15750	0,15746
81	3	3	3	3	0,15838	0,15785	0,15795

g) Penentuan Level Faktor Kondisi Optimal Menggunakan MRSN

Kondisi optimal untuk kadar tanin dan absorbansi diperoleh dari kombinasi level faktor yang bervariasi, sehingga diperlukan analisis untuk mengoptimalkan kondisi-kondisi tersebut dengan menggunakan pendekatan Taguchi multi-respon. Pendekatan multi-respon yang diterapkan adalah prosedur Rasio Sinyal terhadap Noise (MRSN). Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian MRSN adalah sebagai berikut:

- Menganalisis qualiyt loss (Lij) untuk setiap percobaan

  Proses pembuatan ekstraksi kulit kayu tinggi pada beberapa UKM berbeda beda, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.21 Proses Eksraksi tingi pada UKM

No.	Variabel	CV. Naraya Batik	Sungsang Batik	Nurgiri Batik
1	Berat Kayu Tingi	1kg	1 kg	1 kg
2	Volume Air	10 L	6 L	8 L
3	Suhu	100 ◦C	100 ◦C	100 ◦C
4	Waktu	60 menit	90 menit	180 menit
5	Preparasi awal	-	perendaman 7 jam	perendaman 7 jam

Biaya yang dibutuhkan untuk meningkatkan kandungan tanin dan absorbansi adalah sebagai berikut:

Tabel 4.22.a. Kondisi awal UKM

No.	UKM		
1	**CV. Naraya batik, Tanjungbumi Bangkalan, Madura**		
	:berat tingi 100 gr	Rp	9.000,00
	: Volume air 1000	Rp	5.470,00
	: Suhu Air 100 C	Rp	134,84
	: Lama waktu Ekstraksi 60	Rp	505,65
	total biaya	Rp	15.110,48
2	**Sungsang Batik, Giriloyo, Imogiri bantul**		
	:berat tingi 100 gr		9.000,00
	: Volume air 600 mL		3.282,00
	: Suhu Air 100 C		134,84
	: Lama waktu Ekstraksi 90 menit		525,00
	total biaya		12.941,84
3	**Nurgiri batik, tancep ngawen ngunung kidul**		
	:berat tingi 100 gr		9.000,00
	: Volume air 800 mL		4.376,00
	: Suhu Air 100 C		134,84
	: Lama waktu Ekstraksi 180 menit		1.050,00
	total biaya		14.560,84

Tabel 4.22.b. kandungan tanin dan Absorbans pada UKM :

No.	UKM	Kadar Tanin (%)	Absorbansi
1	CV. Naraya Batik	27,20	0,13622
2	Sungsang Batik	29,71	0,24806
3	Nurgiri Batik	46,75	0,28939

Untuk memperoleh peningkatan kandungan tanin, diterapkan kombinasi level faktor yang optimal sebagai berikut:

Tabel 4.23 Kondisi Level Optimal Kandungan Tanin

A1	:berat tingi 70 gr	Rp	6.300,00
B1	: Volume air 750 mL	Rp	4.102,50
C2	: Suhu Air 90 C	Rp	117,98
D3	: Lama waktu Ekstraksi 90 menit	Rp	758,47
	total biaya	Rp	11.278,95

Sedangkan untuk mendapatkan absorbansi optimal menggunakan seting level kombinasi level faktor sebagai berikut:

4.24 Kondisi Level Optimal Absorbansi

A2	:berat tingi 80 gr	Rp	7.200,00
B3	: Volume air 1000 mL	Rp	5.470,00
C3	: Suhu Air 100 C	Rp	134,84
D3	: Lama waktu Ekstraksi 90 menit	Rp	758,47
	total biaya	Rp	13.563,31

Pengrajin batik lebih mengutamakan variabel respons kandungan tanin dibandingkan dengan absorbansi. Berdasarkan istilah linguistik yang digunakan dalam penelitian ini, diperoleh hasil konversi dalam bentuk bilangan fuzzy sebagai berikut: Respons Kandungan Tanin: 0,750; Respons Absorbansi: 0,583. Selanjutnya, bobot untuk setiap variabel respons dihitung sebagai berikut:

$$\text{kandungan tanin} = \frac{0{,}750}{0{,}750 + 0{,}583} = 0{,}563$$

w_i=0,563

$$\text{Absorbansi} = \frac{0{,}583}{0{,}750 + 0{,}583} = 0{,}437$$

w_j = 0,437

a. variabel respon kandungan tanin

Tabel 4.25 Quality Loss Kandungan Tanin

Nomor	A	B	C	D	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	Lij	Cij	w x Cij
1	1	1	1	1	22,87	22,81	22,69	-13,54460	1,57	0,89
2	1	1	1	2	25,14	25,03	24,92	-11,22931	1,31	0,73
3	1	1	1	3	27,41	27,24	27,16	-9,46069	1,10	0,62
4	1	1	2	1	23,52	23,49	23,35	-12,78890	1,49	0,84
5	1	1	2	2	25,79	25,71	25,59	-10,65665	1,24	0,70
6	1	1	2	3	28,06	27,92	27,82	-9,01642	1,05	0,59
7	1	1	3	1	24,16	24,17	24,02	-12,09475	1,41	0,79
8	1	1	3	2	26,43	26,39	26,25	-10,12673	1,18	0,66
9	1	1	3	3	28,70	28,60	28,49	-8,60274	1,00	0,56
10	1	2	1	1	21,04	21,06	20,96	-15,92321	1,85	1,04
11	1	2	1	2	23,31	23,27	23,19	-13,00444	1,51	0,85
12	1	2	1	3	25,58	25,48	25,43	-10,82044	1,26	0,71
13	1	2	2	1	21,69	21,74	21,62	-14,96345	1,74	0,98
14	1	2	2	2	23,96	23,95	23,86	-12,29291	1,43	0,80
15	1	2	2	3	26,23	26,16	26,10	-10,27841	1,19	0,67
16	1	2	3	1	22,33	22,42	22,29	-14,08794	1,64	0,92
17	1	2	3	2	24,60	24,63	24,52	-11,63823	1,35	0,76
18	1	2	3	3	26,87	26,84	26,76	-9,77612	1,14	0,64
19	1	3	1	1	19,21	19,30	19,23	-18,98863	2,21	1,24
20	1	3	1	2	21,48	21,51	21,47	-15,23660	1,77	1,00
21	1	3	1	3	23,75	23,73	23,70	-12,49607	1,45	0,82
22	1	3	2	1	19,86	19,98	19,89	-17,74413	2,06	1,16
23	1	3	2	2	22,13	22,19	22,13	-14,33737	1,67	0,94
24	1	3	2	3	24,40	24,40	24,37	-11,82532	1,37	0,77
25	1	3	3	1	20,51	20,66	20,56	-16,61811	1,93	1,09
26	1	3	3	2	22,78	22,87	22,80	-13,51548	1,57	0,88
27	1	3	3	3	25,05	25,08	25,03	-11,20718	1,30	0,73
28	2	1	1	1	18,89	18,77	18,69	-19,93813	2,32	1,30
29	2	1	1	2	21,16	20,98	20,93	-15,91683	1,85	1,04
30	2	1	1	3	23,43	23,20	23,16	-12,99994	1,51	0,85
31	2	1	2	1	19,54	19,45	19,36	-18,60041	2,16	1,22
32	2	1	2	2	21,81	21,66	21,59	-14,95741	1,74	0,98
33	2	1	2	3	24,08	23,88	23,83	-12,28862	1,43	0,80
34	2	1	3	1	20,18	20,13	20,02	-17,39299	2,02	1,14
35	2	1	3	2	22,45	22,34	22,26	-14,08223	1,64	0,92
36	2	1	3	3	24,72	24,55	24,49	-11,63415	1,35	0,76
37	2	2	1	1	17,06	17,02	16,96	-24,30481	2,83	1,59
38	2	2	1	2	19,33	19,23	19,20	-18,97948	2,21	1,24
39	2	2	1	3	21,60	21,44	21,44	-15,23039	1,77	1,00
40	2	2	2	1	17,71	17,70	17,63	-22,51405	2,62	1,47
41	2	2	2	2	19,98	19,91	19,86	-17,73557	2,06	1,16
42	2	2	2	3	22,25	22,12	22,10	-14,33150	1,67	0,94

43	2	2	3	1	18,35	18,37	18,29	-20,91422	2,43	1,37
44	2	2	3	2	20,62	20,59	20,53	-16,61011	1,93	1,09
45	2	2	3	3	22,89	22,80	22,77	-13,50993	1,57	0,88
46	2	3	1	1	15,23	15,26	15,23	-30,28146	3,52	1,98
47	2	3	1	2	17,50	17,47	17,47	-23,01984	2,68	1,51
48	2	3	1	3	19,77	19,68	19,71	-18,08860	2,10	1,18
49	2	3	2	1	15,88	15,94	15,90	-27,80746	3,23	1,82
50	2	3	2	2	18,15	18,15	18,14	-21,36677	2,48	1,40
51	2	3	2	3	20,42	20,36	20,37	-16,92990	1,97	1,11
52	2	3	3	1	16,53	16,62	16,56	-25,62481	2,98	1,68
53	2	3	3	2	18,80	18,83	18,80	-19,88564	2,31	1,30
54	2	3	3	3	21,07	21,04	21,04	-15,87912	1,85	1,04
55	3	1	1	1	14,91	14,73	14,70	-32,21447	3,74	2,11
56	3	1	1	2	17,18	16,94	16,93	-24,29406	2,82	1,59
57	3	1	1	3	19,45	19,15	19,17	-18,97242	2,21	1,24
58	3	1	2	1	15,56	15,41	15,36	-29,50414	3,43	1,93
59	3	1	2	2	17,83	17,62	17,60	-22,50392	2,62	1,47
60	3	1	2	3	20,10	19,83	19,83	-17,72884	2,06	1,16
61	3	1	3	1	16,20	16,09	16,03	-27,12218	3,15	1,77
62	3	1	3	2	18,47	18,30	18,26	-20,90469	2,43	1,37
63	3	1	3	3	20,74	20,51	20,50	-16,60371	1,93	1,09
64	3	2	1	1	13,08	12,97	12,97	-41,58243	4,83	2,72
65	3	2	1	2	15,35	15,19	15,20	-30,26460	3,52	1,98
66	3	2	1	3	17,62	17,40	17,44	-23,00936	2,67	1,50
67	3	2	2	1	13,73	13,65	13,63	-37,64254	4,38	2,46
68	3	2	2	2	16,00	15,86	15,87	-27,79186	3,23	1,82
69	3	2	2	3	18,27	18,08	18,10	-21,35692	2,48	1,40
70	3	2	3	1	14,37	14,33	14,30	-34,23741	3,98	2,24
71	3	2	3	2	16,64	16,54	16,53	-25,61037	2,98	1,67
72	3	2	3	3	18,92	18,76	18,77	-19,87639	2,31	1,30
73	3	3	1	1	11,25	11,22	11,24	-55,72358	6,48	3,64
74	3	3	1	2	13,52	13,43	13,47	-38,74178	4,50	2,53
75	3	3	1	3	15,79	15,64	15,71	-28,48718	3,31	1,86
76	3	3	2	1	11,90	11,90	11,90	-49,68137	5,78	3,25
77	3	3	2	2	14,17	14,11	14,14	-35,18988	4,09	2,30
78	3	3	2	3	16,44	16,32	16,38	-26,22494	3,05	1,72
79	3	3	3	1	12,55	12,58	12,57	-44,57149	5,18	2,92
80	3	3	3	2	14,82	14,79	14,80	-32,10515	3,73	2,10
81	3	3	3	3	17,09	17,00	17,04	-24,22198	2,82	1,58

Karakteristik kualitas dari kandungan tanin dan absorbansi adalah Larger the better (LTB)

$$L_{ij} = k\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n_i}\frac{1}{y^2ijk}$$

Dimana:

y_{ijk} = data untuk respon ke-I, pecobaan ke-j, pengulangan ke-k;
n_i = pengulakan untuk respon ke-i;
k = koefisien dari *quality loss*

b. variabel respon absorbansi

Tabel 4.26 Quality Loss Absorbansi

No	A	B	C	D	ulangan 1	ulangan 2	ulangan 3	Lij	Cij	w x Cij
1	1	1	1	1	0,09842	0,09817	0,09764	368766830,61	0,83	0,36
2	1	1	1	2	0,09909	0,09852	0,09814	365011886,37	0,82	0,36
3	1	1	1	3	0,09976	0,09887	0,09863	361317579,02	0,81	0,35
4	1	1	2	1	0,11859	0,11849	0,11783	253443052,13	0,57	0,25
5	1	1	2	2	0,11926	0,11884	0,11832	251299486,28	0,56	0,25
6	1	1	2	3	0,11993	0,11919	0,11882	249184714,43	0,56	0,24
7	1	1	3	1	0,13876	0,13881	0,13802	184833769,04	0,41	0,18
8	1	1	3	2	0,13943	0,13917	0,13851	183496911,87	0,41	0,18
9	1	1	3	3	0,14010	0,13952	0,13901	182175427,18	0,41	0,18
10	1	2	1	1	0,11177	0,11194	0,11157	283977639,01	0,64	0,28
11	1	2	1	2	0,11244	0,11230	0,11206	281434210,08	0,63	0,28
12	1	2	1	3	0,11311	0,11265	0,11256	278926974,08	0,63	0,27
13	1	2	2	1	0,13194	0,13227	0,13176	203608167,10	0,46	0,20
14	1	2	2	2	0,13261	0,13262	0,13225	202061891,08	0,45	0,20
15	1	2	2	3	0,13328	0,13297	0,13274	200534291,45	0,45	0,20
16	1	2	3	1	0,15211	0,15259	0,15195	153090758,45	0,34	0,15
17	1	2	3	2	0,15278	0,15294	0,15244	152081599,71	0,34	0,15
18	1	2	3	3	0,15345	0,15330	0,15293	151083028,93	0,34	0,15
19	1	3	1	1	0,12512	0,12572	0,12550	225399561,20	0,51	0,22
20	1	3	1	2	0,12579	0,12608	0,12599	223597665,00	0,50	0,22
21	1	3	1	3	0,12646	0,12643	0,12648	221818687,98	0,50	0,22
22	1	3	2	1	0,14529	0,14605	0,14568	167150638,10	0,38	0,16
23	1	3	2	2	0,14596	0,14640	0,14618	165998788,41	0,37	0,16
24	1	3	2	3	0,14663	0,14675	0,14667	164859577,21	0,37	0,16
25	1	3	3	1	0,16546	0,16637	0,16587	128876320,14	0,29	0,13
26	1	3	3	2	0,16613	0,16672	0,16637	128095912,38	0,29	0,13
27	1	3	3	3	0,16680	0,16708	0,16686	127323033,38	0,29	0,12
28	2	1	1	1	0,09422	0,09355	0,09319	404444865,10	0,91	0,40
29	2	1	1	2	0,09488	0,09390	0,09368	400139557,55	0,90	0,39

30	2	1	1	3	0,09555	0,09426	0,09418	395906854,70	0,89	0,39
31	2	1	2	1	0,11439	0,11388	0,11338	273523045,82	0,61	0,27
32	2	1	2	2	0,11505	0,11423	0,11387	271123048,98	0,61	0,27
33	2	1	2	3	0,11572	0,11458	0,11436	268756469,66	0,60	0,26
34	2	1	3	1	0,13456	0,13420	0,13357	197232372,80	0,44	0,19
35	2	1	3	2	0,13522	0,13455	0,13406	195760428,47	0,44	0,19
36	2	1	3	3	0,13589	0,13490	0,13455	194305936,93	0,44	0,19
37	2	2	1	1	0,10757	0,10733	0,10712	307872054,01	0,69	0,30
38	2	2	1	2	0,10823	0,10768	0,10761	305005113,38	0,68	0,30
39	2	2	1	3	0,10890	0,10803	0,10810	302180552,24	0,68	0,30
40	2	2	2	1	0,12774	0,12766	0,12730	217976606,83	0,49	0,21
41	2	2	2	2	0,12840	0,12801	0,12780	216265811,68	0,49	0,21
42	2	2	2	3	0,12907	0,12836	0,12829	214576356,52	0,48	0,21
43	2	2	3	1	0,14791	0,14798	0,14749	162393491,77	0,36	0,16
44	2	2	3	2	0,14857	0,14833	0,14799	161292053,86	0,36	0,16
45	2	2	3	3	0,14924	0,14868	0,14848	160202499,28	0,36	0,16
46	2	3	1	1	0,12092	0,12111	0,12104	242178885,60	0,54	0,24
47	2	3	1	2	0,12158	0,12146	0,12154	240174553,08	0,54	0,24
48	2	3	1	3	0,12225	0,12181	0,12203	238196594,66	0,53	0,23
49	2	3	2	1	0,14109	0,14143	0,14123	177784219,81	0,40	0,17
50	2	3	2	2	0,14175	0,14179	0,14172	176522019,66	0,40	0,17
51	2	3	2	3	0,14242	0,14214	0,14222	175274079,24	0,39	0,17
52	2	3	3	1	0,16126	0,16176	0,16142	136034035,37	0,31	0,13
53	2	3	3	2	0,16192	0,16211	0,16191	135188460,15	0,30	0,13
54	2	3	3	3	0,16259	0,16246	0,16241	134351254,16	0,30	0,13
55	3	1	1	1	0,09001	0,08894	0,08874	445573223,64	1,00	0,44
56	3	1	1	2	0,09068	0,08929	0,08923	440604276,31	0,99	0,43
57	3	1	1	3	0,09134	0,08964	0,08972	435723012,17	0,98	0,43
58	3	1	2	1	0,11018	0,10926	0,10892	296091942,33	0,66	0,29
59	3	1	2	2	0,11085	0,10961	0,10942	293392841,93	0,66	0,29
60	3	1	2	3	0,11151	0,10997	0,10991	290732750,89	0,65	0,29
61	3	1	3	1	0,13035	0,12959	0,12911	210923871,14	0,47	0,21
62	3	1	3	2	0,13102	0,12994	0,12961	209297973,76	0,47	0,21
63	3	1	3	3	0,13168	0,13029	0,13010	207691974,30	0,47	0,20
64	3	2	1	1	0,10336	0,10272	0,10266	334919565,28	0,75	0,33
65	3	2	1	2	0,10403	0,10307	0,10316	331671729,93	0,74	0,33
66	3	2	1	3	0,10469	0,10342	0,10365	328473843,40	0,74	0,32
67	3	2	2	1	0,12353	0,12304	0,12285	233924004,91	0,52	0,23
68	3	2	2	2	0,12420	0,12339	0,12334	232024456,31	0,52	0,23
69	3	2	2	3	0,12486	0,12375	0,12384	230149404,39	0,52	0,23
70	3	2	3	1	0,14370	0,14337	0,14304	172572024,39	0,39	0,17
71	3	2	3	2	0,14437	0,14372	0,14353	171366685,16	0,38	0,17
72	3	2	3	3	0,14503	0,14407	0,14403	170174729,28	0,38	0,17
73	3	3	1	1	0,11671	0,11650	0,11659	260907049,73	0,59	0,26
74	3	3	1	2	0,11738	0,11685	0,11708	258668732,91	0,58	0,25
75	3	3	1	3	0,11804	0,11720	0,11758	256460922,49	0,58	0,25

76	3	3	2	1	0,13688	0,13682	0,13678	189467318,37	0,43	0,19
77	3	3	2	2	0,13755	0,13717	0,13727	188080186,40	0,42	0,18
78	3	3	2	3	0,13821	0,13752	0,13776	186709204,33	0,42	0,18
79	3	3	3	1	0,15705	0,15715	0,15697	143805936,23	0,32	0,14
80	3	3	3	2	0,15772	0,15750	0,15746	142887719,61	0,32	0,14
81	3	3	3	3	0,15838	0,15785	0,15795	141978833,52	0,32	0,14

2. Menentukan total normalized quality loss (TNQL) dan MRSN ratio setiap eksperimen Tabel

Perhitungan MRSN Perhitungan nilai MRSN ditampilkan dalam tabel 4.24 sebagai berikut:

Tabel 4.27 Nilai MRSN

Nomor	A	B	C	D	TNQLj	MRSN
1	1	1	1	1	1,25	-0,10
2	1	1	1	2	1,09	-0,04
3	1	1	1	3	0,97	0,01
4	1	1	2	1	1,09	-0,04
5	1	1	2	2	0,94	0,03
6	1	1	2	3	0,83	0,08
7	1	1	3	1	0,97	0,01
8	1	1	3	2	0,84	0,07
9	1	1	3	3	0,74	0,13
10	1	2	1	1	1,32	-0,12
11	1	2	1	2	1,13	-0,05
12	1	2	1	3	0,98	0,01
13	1	2	2	1	1,18	-0,07
14	1	2	2	2	1,00	0,00
15	1	2	2	3	0,87	0,06
16	1	2	3	1	1,07	-0,03
17	1	2	3	2	0,91	0,04
18	1	2	3	3	0,79	0,10
19	1	3	1	1	1,46	-0,17
20	1	3	1	2	1,22	-0,08
21	1	3	1	3	1,04	-0,01
22	1	3	2	1	1,32	-0,12
23	1	3	2	2	1,10	-0,04
24	1	3	2	3	0,94	0,03
25	1	3	3	1	1,21	-0,08
26	1	3	3	2	1,01	0,00
27	1	3	3	3	0,86	0,07
28	2	1	1	1	1,70	-0,23
29	2	1	1	2	1,43	-0,16
30	2	1	1	3	1,24	-0,09
31	2	1	2	1	1,48	-0,17

32	2	1	2	2	1,24	-0,09
33	2	1	2	3	1,07	-0,03
34	2	1	3	1	1,33	-0,12
35	2	1	3	2	1,11	-0,05
36	2	1	3	3	0,95	0,02
37	2	2	1	1	1,89	-0,28
38	2	2	1	2	1,54	-0,19
39	2	2	1	3	1,29	-0,11
40	2	2	2	1	1,69	-0,23
41	2	2	2	2	1,37	-0,14
42	2	2	2	3	1,15	-0,06
43	2	2	3	1	1,53	-0,18
44	2	2	3	2	1,24	-0,10
45	2	2	3	3	1,04	-0,02
46	2	3	1	1	2,22	-0,35
47	2	3	1	2	1,74	-0,24
48	2	3	1	3	1,42	-0,15
49	2	3	2	1	1,99	-0,30
50	2	3	2	2	1,57	-0,20
51	2	3	2	3	1,28	-0,11
52	2	3	3	1	1,81	-0,26
53	2	3	3	2	1,43	-0,16
54	2	3	3	3	1,17	-0,07
55	3	1	1	1	2,54	-0,41
56	3	1	1	2	2,02	-0,31
57	3	1	1	3	1,67	-0,22
58	3	1	2	1	2,22	-0,35
59	3	1	2	2	1,76	-0,25
60	3	1	2	3	1,44	-0,16
61	3	1	3	1	1,98	-0,30
62	3	1	3	2	1,57	-0,20
63	3	1	3	3	1,29	-0,11
64	3	2	1	1	3,05	-0,48
65	3	2	1	2	2,30	-0,36
66	3	2	1	3	1,83	-0,26
67	3	2	2	1	2,69	-0,43
68	3	2	2	2	2,05	-0,31
69	3	2	2	3	1,62	-0,21
70	3	2	3	1	2,41	-0,38
71	3	2	3	2	1,84	-0,27
72	3	2	3	3	1,47	-0,17
73	3	3	1	1	3,90	-0,59
74	3	3	1	2	2,79	-0,45
75	3	3	1	3	2,11	-0,33
76	3	3	2	1	3,44	-0,54
77	3	3	2	2	2,49	-0,40

78	3	3	2	3	1,90	-0,28
79	3	3	3	1	3,06	-0,49
80	3	3	3	2	2,24	-0,35
81	3	3	3	3	1,72	-0,24

Contoh perhitungan

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^{m} w_i C_{ij}$$
$$= 0{,}89 + 0{,}36 = 1{,}25$$

$$MRSN_j = -10\log(TNQL_j)$$
$$= -log 1{,}25 = -0{,}10$$

3. Menentukan Kombinasi level faktor paling optimal

Kombinasi level vaktor paling optimal, didasarkan pada nilai MRSN pada tabel 4.27, dicari nilai yang paling besar. Dari tabel, terlihat bahwa trial nomor 9 mempunyai nilai MRSN terbesar = 0,13, yaitu dengan nilai level faktor optimal sebagai berikut:

A1 : berat tingi 70 gr
B1 : Volume air 750 mL
C3 : Suhu Air 100 ◦C
D3 : Lama waktu Ekstraksi 90 menit

BAB V

PEMBAHASAN

Sustainability dan produk ramah lingkungan, mendorong penggunaan zat warna alami sebagai alternatif pewarna sintesis. Zat warna alam tidak hanya menawarkan variasi sumber zat warna tetapi juga memiliki kualitas estetika yang unggul dan menyenangkan mata karena warna alami lebih unik. Zat warna alami lebih *biodegradable*, tidak beracun, dan ramah lingkungan dibandingkan dengan zat warna sisntesis. Meskipun pewarna alam memiliki aspek positif, namun konsumsi pewarna alami saat ini lebih kecil dibanding zat warna sintesis. Kendala utama dalam pengembangan pewarna alami adalah belum adanya metode ekstraksi yang baku dan efisien, sehingga pemanfaatannya masih terbatas dan bersifat tradisional.

Tujuan dari pelaksanaan ekstraksi zat warna alam adalah untuk meminimalkan penggunaan sumber daya dan memaksimalkan hasil yang diperoleh. Metode Taguchi diterapkan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memiliki pengaruh signifikan. Eksperimen dimulai dengan pengumpulan bahan dan peralatan yang diperlukan. Bahan berupa kulit kayu tingi diperoleh dari toko Prawoto, yang menyediakan bahan dan alat batik di daerah Ngasem, Kota Yogyakarta Pengujian kandungan tanin dan absorbansi dilaksanakan di laboratorium pengujian Balai Besar Kerajinan dan Batik Yogyakarta. Hasil pengujian selanjutnya diproses untuk analisis data.

Data hasil pengujian kandungan tanin dan absorbansi selanjutnya diuji untuk normalitas dan homogenitas guna memastikan apakah data tersebut memenuhi syarat untuk dilakukan uji analisis varian. Pengujian normalitas kandungan tanin dapat dilihat pada Tabel 4.3. menunjukkan bahwa nilai Sig. > 0,05 maka hasil percobaan konsentrasi tanin berdistribusi data normal. Sementara itu pengujian data absorbansi ditunjukkan pada tabel 4.4 menunjukan nilai Sig. > 0,05 maka distribusi data normal. Pengolahan data berikutnya adalah pengujian homogenitas. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data berasal dari populasi yang

keragamannya tidak berbeda jauh. Pengujian homogenitas metode Bartlett pada tabel 4.5 , dimana nilai Sig. = 1,000 > 0,05 , maka H0 tidak dapat menolak, H 1 menolak. Dengan demikian di simpulkan bahwa data konsentrasi tanin berasal dari populasi yang homogen. Sedangkan untuk absorbasi diperoleh pada tabel 4.6 , nilai Sig. = 0,999 > 0,05 , maka H 0 tidak dapat menolak dan H 1 menolak. Dengan demikian di simpulkan bahwa data absorbansi berasal dari populasi yang homogen.

Pengolahan data berikutnya adalah perhitungan Anova. Perhitungan ini untuk melihat faktor mana yang memberikan pengaruh terhadap variabel respon. Uji ANOVA pada tabel 4.7 menunjukan nilai probabilitas atau signifikansi = 0,999. Hal ini berarti signifikansi > 0.05 maka H0 tidak dapat menolak yang artinya tidak ada perbedaan rata-rata antara ketiga kelompok ulangan. Uji Pos Hoc tidak dilakukan karena H0 tidak dapat menolak.

Berdasarkan tabel 4.8 terlihat bahwa faktor A , B, C dan D mempunyai F hitung sebesar 18510,48 ; 3686,20 ; 2185,97 dan 6130,32 > Ftabel (3.55) sehingga Ho menolak dan tidak dapat menolak Ha, artinya terdapat pengaruh yang signifikan terhadap kandungan tanin. Dari tabel terlihat, faktor A = 0,61 % memberikan persentase kontribusi lebih besar daripada faktor B, C dan D. Tabel analisis Variansi Absorbansi pada tabel 4.10 terlihat bahwa faktor A , B, C dan D mempunyai F hitung sebesar 3569,89; 8066,06; 15967,54 dan 7490,89 > Ftabel (3.55) sehingga Ho menolak dan tidak dapat menolak Ha, artinya terdapat pengaruh yang signifikan terhadap Absorbansi. Dari tabel terlihat, faktor C = 45,5 % memberikan persentase kontribusi lebih besar daripada faktor A, B dan D.

Uji ANOVA menunjukan nilai probabilitas atau signifikansi = 0,999. Hal ini berarti signifikansi > 0.05 maka H0 tidak dapat menolak yang artinya tidak ada perbedaan rata-rata antara ketiga kelompok ulangan. Uji Pos Hoc tidak dilakukan karena H0 tidak dapat menolak.

Nilai SNR percobaan konsentrasi tanin pada tabel 4.11 diperoleh percobaan ke 2 mempunyai nilai optimal yaitu kombinasi A1, B2, C2, D2. Hal ini karena level faktor A1 yaitu berat tingi 70 gr dengan suhu ekstraksi 90 ^{0}C meningkatkan kandungan tanin. Sementara pada Tabel 4.12. nilai SNR absorbansi terlihat, nilai tertinggi ada pada percobaan 3 yaitu kombinasi level faktor A1-B3-C3-D3.

Perhitungan efek tiap faktor pada variabel respon kandungan tanin terlihat pada tabel 4.13. dengan hasil optimal yaitu kombinasi level faktor A1-B1-C2-D3. Sementara itu untuk absorbansi diperoleh hasil optimal dengan mengkombinasikan faktor A2-B3-C3-D3. Dikarenakan hasil efek tiap faktor yang berbeda antara kandungan tanin dan absorbansi, maka diperlukan perhitungan MRSN untuk menghitung nilai level faktor yang paling optimal.

Penelitian ini menggunakan matriks orthogonal $L_9(3^4)$, yang memerlukan 81 percobaan untuk diprediksi hasilnya melalui persamaan regresi linear berganda. Sebelum melakukan perhitungan MRSN, dilakukan pembuatan regresi linear berganda untuk meramalkan nilai yang belum teramati dalam eksperimen. Berdasarkan hasil persamaan regresi linear berganda, konstanta Y menunjukkan nilai positif, sementara konstanta faktor A dan B menunjukkan nilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu ekstraksi dan durasi ekstraksi dapat meningkatkan kandungan tanin yang dihasilkan.

Hasil model regresi linear berganda absorbansi, terlihat bahwa nilai konstanta Y mempunyai nilai positif untuk semua replikasi, hanya variable A yang bernilai negative. Artinya penambahan faktor B, C dan D mempunyai pengaruh positif pada variabel respon absorbansi.

Hasil perhitungan nilai MRSN yang tercantum pada tabel menunjukkan kombinasi level optimal yang menghasilkan respon terbaik, yang tercapai pada percobaan nomor 9 dengan level faktor optimal sebagai berikut:

Tabel 5.1 Level Faktor Optimal

No	Faktor kendali	Kode	Level optimal
1	berat tingi	A1	70 gr
2	Volume air	B1	750 mL
3	Suhu Air	C3	100 ^{0}C
4	Lama waktu Ekstraksi	D3	90 menit

Berdasarkan perhitungan prediksi kandungan tanin tertinggi terletak pada trial ke 9 (28,60) namun nilai absorbansinya masih rendah yaitu 0,14. sedangkan pada nilai prediksi absorbansi tertinggi pada trial ke 27 (0,17) namun untuk kandungan taninnya rendah (25,05). Level faktor optimal pada tabel yaitu (A1, B1, C3, D3) memiliki kandungan tanin 28,60 %, mampu menaikkan kandungan tanin dari kondisi awal untuk IKM CV.Naraya batik 27,20 % menjadi 28,60 % atau naik sebesar 1,4 %. Sedangkan perbandingan absorbansi awal IKM CV naraya batik 0,13622 dan level optimal percobaan 0,13954 atau naik sebesar 0,00332.

Kondisi awal IKM Sungsang Batik 29,71 % dan level optimal dari percobaan = 28,60 % selisih perbedaan – 1,11 %. Untuk kondisi awal IKM Nurgiri Batik 46,75 % dan level optimal dari percobaan 29,71 %, terdapat selisih perbedaan – 17,04 %. Berdasarkan data tersebut terjadi penurunanan, hal ini disebabkan karena perbedaan perlakuan proses pembuatan ekstrak zat warna yaitu menggunakan proses perendaman selama 7 jam terlebih dahulu sebelum perebusan, sehingga konsentrasi ekstrak tanin lebih banyak. Selain itu IKM Nurgiri Batik untuk waktu perebusan lebih lama yaitu 3 jam, hal ini yang menyebabkan kadar tanin nya lebih tinggi di bandingkan dengan IKM Sungsang Batik.

Berdasarkan Tabel 4.22a, untuk IKM CV Naraya Batik, biaya operasional sebesar Rp. 15.110,48 lebih besar dari biaya level faktor optimal Rp. 11.295,81 atau terdapat penghematan biaya Rp3.814,68. Untuk IKM Sungsang Batik, biaya operasional sebesar Rp. 12.941,84 lebih besar dari biaya level faktor optimal Rp. 11.295,81 atau terdapat penghematan biaya 1.646,03. Sedangkan untuk IKM Nurgiri Batik , baiya operasional sebesar Rp. 14.560,84 lebih besar dari biaya level faktor optimal Rp. 11.295,81 atau terdapat penghematan biaya Rp. 3.265,03.

Hambatan yang ada pada proses penelitian yaitu kulit kayu tingi yang digunakan di perajin batik umumnya belum dilakukan pengolahan awal atau masih dalam bentuk kulit kayu asli. Agar diperoleh hasil ekstrak yang optimal maka kulit kayu tingi kering berasal dari pohon yang sudah tua di buat dalam bentuk bubuk karena semakin kecil ukuran partikel padatan yang akan diekstraksi maka semakin besar luas permukaan bidang kontak sehingga laju pelarutan zat terlarut ke pelarut semakin besar.

Penelitian ini menggunakan air sebagai pelarut. Pemilihan pelarut air didasarkan pada karakteristik sebagian besar zat warna alami bersifat larut dalam air. Selain itu, air dipilih karena merupakan pelarut yang ekonomis, mudah diperoleh, dan dapat didaur ulang. Sebaliknya, pelarut organik kurang ramah lingkungan dan memiliki biaya yang relatif tinggi, sehingga kurang sesuai untuk diaplikasikan pada industri batik yang sebagian besar dijalankan oleh perajin berskala kecil.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, sehingga diperlukan studi lebih lanjut diantaranya belum dilakukan uji coba ekstraksi menggunakan pelarut polar selain air misalnya etanol. Ekstraksi senyawa tanin dengan pelarut organik lebih baik menggunakan pelarut yang sedikit polar tetapi tidak bercampur dengan air (Handayani & Maulana, 2013). Selain itu penulis menyarankan agar penelitian mendatang mengeksplorasi variabel respon lain yang berpengaruh terhadap kualitas hasil pewarnaan batik, seperti kandungan flavonoid, pH larutan, dan variabel lainnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan 4 faktor kendali, 3 level faktor dan 3 kali ulangan percobaan untuk mendapatkan 2 variabel respon diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam melakukan ekstraksi warna alam tingi, perlu melakukan ekstraksi dengan menggunakan kombinasi level faktor yaitu berat tingi 70 gr, volume air 750 mL, suhu air 90 ^{0}C dan waktu ekstraksi selama 90 menit.
2. Hasil optimasi menggunakan metode taguchi, kondisi optimal diperoleh kandungan tanin sebesar 28,60 % namun nilai absorbansinya yaitu 0,14 AU. Hasil optimasi tersebut untuk IKM CV Naraya Batik terdapat menghematan biaya Rp Rp3.814,68. Untuk IKM Sungsang Batik, dapat menghematan biaya Rp. 1.646,03. Sedangkan untuk IKM Nurgiri Batik dapat menghematan biaya Rp. 3.265,03.

Saran

1. Penelitian ini berfungsi sebagai panduan bagi IKM batik dalam mengoptimalkan proses ekstraksi. Aplikasi kombinasi faktor yang tepat, diharapkan dapat dihasilkan produk berkualitas tinggi, yang secara langsung berpotensi meningkatkan kepuasan pelanggan.
2. Penelitian ini membuka peluang bagi penerapan ekstraksi warna tingi disektor industry, mengingat prosesnya yang terukur secara ekonomis. Implementasi skala industry berpotensi meningkatkan efisiensi, menurunkan biaya produksi serta menciptakan peluang usaha baru di lingkungan sekitar
3. Penelitian ini memiliki keterbatasan, sehingga diperlukan studi lebih lanjut. Penulis menyarankan agar penelitian mendatang mengeksplorasi variabel respon lain yang

berpengaruh terhadap kualitas hasil pewarnaan batik, seperti kandungan flavonoid, pH larutan, dan variabel lainnya.

3. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengaplikasikan hasil ekstraksi optimal pada proses pewarnaan batik. Kajian lanjutan dapat difokuskan pada pengaruh optimasi terhadap spektrum warna serta kualitas daya tahan pewarna yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Abu Bakar, M., Islam, M. I., Mia, R., Ahmed, T., Mahmud, S. T., Toki, G. F. I., & Haque, M. A. (2023). Exploring the potential of mahogany extract as a natural dye for the coloration of jute fabric. *Heliyon*, *9*(9), e19464. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19464

Adeel, S., Azeem, M., Habib, N., Hussaan, M., Kiran, A., Haji, A., & Haddar, W. (2023). Sustainable Application of Microwave Assisted Extracted Tea Based Tannin Natural Dye for Chemical and Bio-Mordanted Wool Fabric. *Journal of Natural Fibers*, *20*(1). https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2136322

Affat, S. S. (2021). Classifications, Advantages, Disadvantages, Toxicity Effects of Natural and Synthetic Dyes: A review. *University of Thi-Qar Journal of Science*, *8*(1), 130–135. http://doi.org/10.32792/utq/utjsci/v8/1/21

Arina, M. Z. I., & Harisun, Y. (2019). Effect of extraction temperatures on tannin content and antioxidant activity of Quercus infectoria (Manjakani). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *19*(March), 101104. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101104

Azeem, M., Iqbal, N., Mir, R. A., Adeel, S., Batool, F., Khan, A. A., & Gul, S. (2019). Harnessing natural colorants from algal species for fabric dyeing: a sustainable eco-friendly approach for textile processing. *Journal of Applied Phycology*, *31*(6), 3941–3948. https://doi.org/10.1007/s10811-019-01848-z

Bemcha, O. R. D., Bains, S., & Grewal, S. (2021). Ultrasonic dyeing of wool fabric with aqueous extract of Ratanjot (Onosma echioides) natural dye. *Environment Conservation Journal*, *22*(1–2), 79–86. https://doi.org/10.36953/ECJ.2021.221213

BSN. (2019). *Batik - Pengertian dan istilah*. *8*.

Budiarni, K., Hindaningrum, I. F., Kartiman, R., Maily, Raharjani, S. A., Pambayun, F. S.,

Putra, A. R., Valentino, H. A., & Sulastry, D. P. (2024). Optimization of Phenolic in Extraction Kasturi Mango Leaves (Mangifera casturi Kosterm.) with Taguchi Method. *BIO Web of Conferences*, *101*. https://doi.org/10.1051/bioconf/202410102006

Chintya, N., & Utami, B. (2017). Ekstraksi Tannin dari Daun Sirsak (Annona muricata L.) sebagai Pewarna Alami Tekstil. *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia Dan Terapannya*, *1*(1), 22–29. https://doi.org/10.17977/um026v1i12017p022

Desai, M. A., & Parikh, J. (2015). Extraction of essential oil from leaves of lemongrass using microwave radiation: Optimization, comparative, kinetic, and biological studies. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. https://doi.org/10.1021/sc500562a

Diarsa, M., & Gupte, A. (2020). Optimization and Extraction of Natural Dye from Tagetes Erecta and Dyeing of Cotton and Silk Fabric Using Banana (Musa Sp.) Pseudo Stem Sap. *Journal of Natural Fibers*, *19*(12), 4443–4455. https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1863291

Elsahida, K., Fauzi, A. M., Sailah, I., & Siregar, I. Z. (2019). Sustainability of the use of natural dyes in the textile industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *399*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/399/1/012065

Ernawati, K., Raddina, B., Amelia, P., Alyaa, F., Nadya, A., & Auliya, H. (2023). *Uji Normalitas Data dengan Software SPSS*. *June*, 1–23.

Ghasemi, M., Mashhadi, S., & Azimi-Amin, J. (2018). Fe 3 O 4 /AC nanocomposite as a novel nano adsorbent for effective removal of cationic dye: Process optimization based on Taguchi design method, kinetics, equilibrium and thermodynamics. *J. Water Environ. Nanotechnol*, *3*(4), 321–336. https://doi.org/10.22090/jwent.2018.04.005

Gupta, T. B., Lataye, D. H., & Kurwadkar, S. T. (2020). Adsorption of Crystal Violet Dye: Parameter Optimization Using Taguchi's Experimental Methodology. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *949*(Cv), 653–665. https://doi.org/10.1007/978-981-

13-8196-6_57

Handayani, P. A., & Maulana, I. (2013). Pewarna Alami Batik Dari Kulit Soga Tingi (Ceriops tagal) dengan Metode Ekstraksi. *Jurnal Bahan Alam Terbaharukan*, *2*(2), 1–6.

Hardiningtyas, S. D., Purwaningsih, S., & Handharyani, E. (2020). Efek Durasi Waktu Ekstraksi dan Fraksinasi terhadap Aktivitas Antioksidan Daun Bakau Api-Api Putih (Avicennia marina). *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, *15*(2), 99. https://doi.org/10.15578/jpbkp.v15i2.604

ISO 9000. (2015). Quality management systems - Fundamentals and vocabulary (DIN EN ISO 9000:2015). In *International Organization for Standardization*.

Kartini, I., Halimah, S. N., & Rahayuningsih, E. (2021). Enhanced wash-fastness of cotton fabric dyed with a composite of chitosan-natural dyes extract of Ceriops tagal. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1053*(1), 012022. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1053/1/012022

Kurinjimalar, C., Usharani, N., Kanimozhi, B., Jayakumar, G. C., & Kanth, S. V. (2022). Extraction and optimization of natural colorant from Garcinia mangostana Linn peels for leather dyeing. *Cleaner Engineering and Technology*, *7*, 100423. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100423

Kurniawati, E., Lestari, T. P., & Hardini, P. H. (2024). Perbedaan kadar tanin total ekstrak daun turi (Sesbania grandiflora L.) varietas merah dan putih dengan metode spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, *6*(2), 329–343. https://doi.org/10.33759/jrki.v6i2.520

Liman, M. L. R., Islam, M. T., Hossain, M. M., Sarker, P., & Dabnath, S. (2021). Coloration of cotton fabric using watermelon extract: mechanism of dye-fiber bonding and chromophore absorption. *Journal of the Textile Institute*, *112*(2), 243–254. https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1738036

Lizamoni Chungkrang, S. B. and A. R. P. (2021). Natural dyes and pigments: Extraction and applications. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *10*(01), 75–102. https://doi.org/10.1002/9781119407850.ch5

Lymperopoulou, T., Georgiou, P., Tsakanika, L.-A., Hatzilyberis, K., & Ochsenkuehn-Petropoulou, M. (2019). Optimizing Conditions for Scandium Extraction from Bauxite Residue Using Taguchi Methodology. *Minerals*, *9*(4), 236. https://doi.org/10.3390/min9040236

Maghfiroh, L., & Widowati. (2020). Kualitas Hasil Pencelupan Kain Mori Primissima Menggunakan Limbah Kulit Buah Naga Merah (Hylocereus Polyrhizus). *Fashion and Fashion Education Journal*, *9*(1), 70–77.

Makkar, H. P. S. (2003). *Quantification of Tannins in Tree and shrub Foliage*. SPRINGER-SCIENCE+BUSINESS MEDIA, B.V. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0273-7

Murniati, T., Sunaryo, S., & Aridinanti, L. (2015). Optimasi Taguchi Multirespon melalui Pendekatan Fungsi Desirability dengan Regresi Fuzzy pada Kasus Kuat Tekan dan Daya Serap Air Produk Batako. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, *4*(1), D19–D24.

Nurmasitah, S., Solikhah, R., Widowati, & Milannisa, A. S. (2022). The impact of different types of mordant on the eco-print dyeing using tingi (Ceriops tagal). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *969*(1), 0–7. https://doi.org/10.1088/1755-1315/969/1/012046

Nwuzor, I. C., Adinoyi, B. J., Okey-Onyesolu, C. F., & Oyeoka, H. C. (2023). Hibiscus sabdariffa natural dye extraction process with central composite design for optimal extract yield. *Sustainable Chemistry for the Environment*, *2*(February), 100008. https://doi.org/10.1016/j.scenv.2023.100008

Olas, B., Białecki, J., Urbańska, K., & Bryś, M. (2021). The Effects of Natural and Synthetic Blue Dyes on Human Health: A Review of Current Knowledge and Therapeutic

Perspectives. *Advances in Nutrition*, *12*(6), 2301–2311. https://doi.org/10.1093/advances/nmab081

Pancapalaga, W., Ishartati, E., & Ambarwati, T. (2023). Production and Characterization of Natural Dyes for Ecoprinting Leather from the Extracts of Three Mangrove Species. *Jurnal Sylva Lestari*, *11*(1), 98–106. https://doi.org/10.23960/jsl.v11i1.634

Patel, P., & , Mineh D. Patel , Dr. Satishkumar M Khadia, F. G. B. (2024). Review on Extraction and Application of Natural Dyes. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, *4*(4), 218–233. https://doi.org/10.31881/TLR.2021.09

Purwanto, P. (2019). Exploration of natural dyes as alternative substitutes of synthetic dyes on batik making fabrics. *Journal of Physics: Conference Series*, *1375*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1375/1/012023

Putri, E. P., Putra, B. R. S. P., & Puteri, A. H. A. (2023). *Eco-Print Batik : Plant-Based Recycling Innovation in Indonesia Eco-Print Batik : Plant-Based Recycling Innovation in Indonesia*. *May*, 5–6.

Rahayuningsih, E., Marfitania, T., Marfitania, T., Sapto Pamungkas, M., Pamungkas, M. S., Siti Fatimah, W., & Fatimah, W. S. (2021). Optimization of cotton fabrics dyeing process using various natural dye extracts. *Jurnal Rekayasa Proses*, *16*(1), 58. https://doi.org/10.22146/jrekpros.70397

Rahayuningsih, T., Rejeki, F. S., Wedowati, E. R., & Widhowati, D. (2020). Preliminary study of natural dyes application on batik. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *475*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/475/1/012069

Ramzan, M. B., Wook Kang, C., & Sarkar, B. (2016). A Review Paper on Offline Inspection of Finished and Semi-Finished Products and Emerging Research Directions. *Yugoslav Journal of Operations Research*, *26*(4), 395–422. https://doi.org/10.2298/YJOR150815006R

Repon, M. R., Dev, B., Rahman, M. A., Jurkonienė, S., Haji, A., Alim, M. A., & Kumpikaitė, E. (2024). Textile dyeing using natural mordants and dyes: a review. In *Environmental Chemistry Letters* (Vol. 22, Issue 3). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/s10311-024-01716-4

Rossi, T., Silva, P. M. S., De Moura, L. F., Araújo, M. C., Brito, J. O., & Freeman, H. S. (2017). Waste from eucalyptus wood steaming as a natural dye source for textile fibers. *Journal of Cleaner Production*, *143*, 303–310. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.109

Rusdi, S., Maulana, H. F., Samudro, N. L., & Chafidz, A. (2020). Investigating the potential use of papaya leaf extract as natural dyes in the textile industry. *Materials Science Forum*, *991 MSF*, 129–134. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.991.129

Sabarudin, N. A., Sakinah, M., Munaim, A., & Wahid, Z. A. (2016). Effect of Extraction Condition of Natural Dye Pigment from Bougainvillea Flowers' Bract. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *10*(17), 172–175.

Shafiq, F., Siddique, A., Pervez, M. N., Hassan, M. M., Naddeo, V., Cai, Y., Hou, A., Xie, K., Khan, M. Q., & Kim, I. S. (2021). Extraction of natural dye from aerial parts of argy wormwood based on optimized taguchi approach and functional finishing of cotton fabric. *Materials*, *14*(19). https://doi.org/10.3390/ma14195850

Shahidi, S., Khoshechin, E., Dalal Sharifi, S., & Mongkholrattanasit, R. (2022). Investigation of the Effect of Various Natural Dyes on UV Protection Properties and Antibacterial Activity of Cotton Fabrics. *Journal of Natural Fibers*, *19*(13), 7213–7228. https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1944433

Shantibala, T., Talha Ansari, M., & Tatan, T. (2023). Optimization of extraction and dyeing conditions of the Parkia roxburghii pod's peel as a natural substantive silk dye. *Natural Product Research*, *0*(0), 1–7. https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2225124

Silva, M. B., Carneiro, L. M., Silva, J. P. A., dos Santos Oliveira, I., Filho, H. J. I., & de Oliveira Almeida, C. R. (2014). An Application of the Taguchi Method (Robust Design) to Environmental Engineering: Evaluating Advanced Oxidative Processes in Polyester-Resin Wastewater Treatment. *American Journal of Analytical Chemistry*, *05*(13), 828–837. https://doi.org/10.4236/ajac.2014.513092

Snee, R. D. (2016). *Quality by Design - Building Quality into Products and Processes* (Issue May). Springiner Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23558-5_18

Sukmana, N. C., Khifdillah, M. I., Nurkholil, A. S., & Anggarini, U. (2019). Optimization of non-autoclaved aerated concrete using phosphogypsum of industrial waste based on the taguchi method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *509*(1), 7–13. https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012095

Sukmarani, D., Proklamasiningsih, E., Susanto, A. H., Ardli, E. R., Permadi, J., & Palimirmo, F. S. (2023). *Morphological and Genetic Diversity of Mangrove Species Ceriops tagal (Perr .) C . B . Rob . Around Java Island*. *28*(December), 334–350. https://doi.org/10.14710/ik.ijms.28.4.334-350

Taguchi.G, & Konishi, S. (1987). Taguchi methods, orthogonal arrays and linear graphs: Tools for quality engineering. *Dearbom, American Supplier Institute*.

Taguchi, G, & Wu, Y. (1979). *Introduction to off-line quality control*. Central Japan Quality Control Assoc.

Taguchi, Genichi, Chowdhury, S., & Wu, Y. (2007). Taguchi's Quality Engineering Handbook. In *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. https://doi.org/10.1002/9780470258354

Teklay, N., & Kechi, A. (2018). Optimization of Leather Dyeing using Natural Dye Extract. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, *6*(7), 136–141.

Uddin, M. A., Rahman, M. M., Haque, A. N. M. A., Smriti, S. A., Datta, E., Farzana, N.,

Chowdhury, S., Haider, J., & Muhammad Sayem, A. S. (2022). Textile colouration with natural colourants: A review. *Journal of Cleaner Production*, *349*(September 2021), 131489. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131489

Vakili, R. (2023). The Application of Taguchi Method to Optimize Pellet Quality in Broiler Feeds. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, *45*(August), 1–8. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v45i1.58931

Vázquez, M. F. B., Comini, L. R., R.E.Martini, Andreatta, A. E., Bottini, S., & Cabrera, J. L. (2013). Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Anthraquinones from Heterophyllae Pustulata Hook F. (Rubiaceae) Using Taguchi L9 Orthogonal Design. In A.-A. A. de I. Químicos (Ed.), *CAIQ2013* (Vol. 40). Asociación Argentina de Ingenieros Químicos.

Zerin, I., Farzana, N., Sayem, A. S. M., Anang, D. M., & Haider, J. (2020). Potentials of Natural Dyes for Textile Applications. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials: Volume 1-5*, *1–5*, 873–883. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11668-6

Zhang, Q. W., Lin, L. G., & Ye, W. C. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, *13*(1), 1–26. https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x