

**PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENYUSUNAN
ELEKTRODA MONOPOLAR SERI DAN PARALEL
PADA REAKTOR ELEKTROKOAGULASI UNTUK
MENURUNKAN KADAR WARNA DAN COD**

SKRIPSI



Oleh :

NAURAH THIFAL SAFITRI
NPM: 21034010054

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2026**

**PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENYUSUNAN
ELEKTRODA MONOPOLAR SERI DAN PARALEL
PADA REAKTOR ELEKTROKOAGULASI UNTUK
MENURUNKAN KADAR WARNA DAN COD**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.

Diajukan Oleh :

NAURAH THIFAL SAFITRI

NPM: 21034010054

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENYUSUNAN
ELEKTRODA MONOPOLAR SERI DAN PARALEL
PADA REAKTOR ELEKTROKOAGULASI UNTUK
MENURUNKAN KADAR WARNA DAN COD**

Disusun Oleh :


Naurah Thifal Safitri
NPM 21034010054

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP. 19760212 202121 1 004


Restu Hikmah Ayu Murti, SST., MSc.
NIP. 19930416 202506 2 005

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah., MP
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN
PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENYUSUNAN
ELEKTRODA MONOPOLAR SERI DAN PARALEL
PADA REAKTOR ELEKTROKOAGULASI UNTUK
MENURUNKAN KADAR WARNA DAN COD

Disusun Oleh :


Naurah Thifal Safitri
NPM. 21034010054

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Asian Journal of Applied Research for Community Development and
Empowerment (Terakreditasi SINTA 2)

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I


Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP. 19760212 202121 1 004

Tim Penguji

1. Ketua


Firra Rosariawati, ST., MT.
NIP. 19750409 202121 2 004

Dosen Pembimbing II


Restu Hikmah Ayu Murti, SST., MSc.
NIP. 19930416 202506 2005

2. Anggota


Syadzadhiya O. Z. Nisa', ST., MT.
NPT. 21219940930296

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah., MP
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI
PERBANDINGAN EFEKTIVITAS PENYUSUNAN
ELEKTRODA MONOPOLAR SERI DAN PARALEL
PADA REAKTOR ELEKTROKOAGULASI UNTUK
MENURUNKAN KADAR WARNA DAN COD

Disusun Oleh :


Naurah Thifal Safitri
NPM 21034010054

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 18 Februari 2026

TIM PENILAI

KETUA


Firra Rosariawari, ST., MT.
NIP. 19750409 202121 2 004

ANGGOTA


Syadzadhiya O. Z. Nisa', ST., MT.
NPT. 21219940930296

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naurah Thifal Safitri
NPM : 21034010054
Program : Sarjana (S1) / Magister (S2) / Doktor (S3)
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

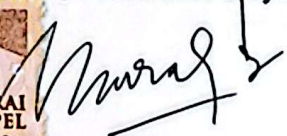
Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 20 Februari 2026

Yang Membuat Pernyataan




Naurah Thifal Safitri
21034010054

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Perbandingan Efektivitas Penyusunan Elektroda Monopolar Seri dan Paralel pada Reaktor Elektrokoagulasi untuk Menurunkan Kadar Warna dan COD”** ini dalam rangka menyelesaikan Pendidikan S1 Program Sarjana Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Ibu Aussie Amalia, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing serta memberikan kritik dan saran selama
4. Bapak Mohamad Mirwan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberikan motivasi, kritik serta saran dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.Sc., selaku dosen pembimbing skripsi sekaligus dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberikan motivasi, kritik serta saran dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Firra Rosariawari, S.T., M.T., Ibu Dr. Aulia Ulfah Faradhiba, S.T., M.T., dan Ibu Syadzadhiya Qothrunada Zakiyayasin Nisa’ S.T., M.T., selaku dosen penguji tugas akhir yang memberikan bimbingan, saran, dan masukkan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih dan memohon maaf atas kekurangan penulisan skripsi ini yang mana masih belum sempurna sehingga

mengharapkan kritik dan saran bersifat membangun dari berbagai pihak. Semoga laporan ini dapat memenuhi syarat akademis serta bermanfaat bagi penulis dan juga para pembaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Selama pengerjaan skripsi ini, terdapat berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi berharga. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Ayahanda Chikman Soeyoeti, terima kasih selalu berjuang untuk mengupayakan yang terbaik untuk kehidupan penulis serta telah sabar dalam menemani setiap proses penulis dan memberi *support* untuk penulis dalam menyelesaikan studinya hingga sarjana. Sehat selalu dan panjang umur karena ayah harus selalu ada di setiap perjuangan dan pencapaian penulis.
2. Cintaku Bunda Retna Sulistyawati, yang tidak pernah berhenti memeluk penulis dalam doa, senantiasa memberikan semangat beserta cium dan peluknya di saat penulis merasa lelah serta telah sabar dalam menemani setiap proses penulis sehingga mampu menyelesaikan studinya hingga sarjana. Sehat selalu dan panjang umur karena bunda harus selalu ada di setiap perjuangan dan pencapaian penulis.
3. Kakakku tersayang Nadhifah Athaya Putri, atas dukungan yang diberikan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan studinya hingga sarjana.
4. Rizky Maulida Annisafitri dan Nur Oktavia Nikmatin Hasanah, selaku teman berproses dalam mengerjakan skripsi ini. Terima kasih telah memberikan saran, mendengarkan keluh kesah, dan memberikan *support* selama pengerjaan skripsi berlangsung.
5. Dhiva Rizqyta Kusumawardani, Erliansa Fatmawati, dan Fildzah Ghassani, selaku sahabat penulis. Terima kasih telah menjadi teman bermain dan pendengar *yapping* penulis di saat sumpek, semoga persahabatan kita selalu terjaga dan kalian selalu diiringi dengan hal baik.
6. Putri Nur Fatekhah dan Adila Putri Anindya, kakak tingkat Teknik Lingkungan Angkatan 2020 yang selalu memberikan saran, mendengarkan keluh kesah, dan memberikan *support* selama pengerjaan skripsi berlangsung.

7. Seluruh teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2021 yang telah memberikan bantuan dan arahan.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.1.1 Karakteristik Air Limbah Industri Batik	4
2.1.2 Bahaya dari Senyawa <i>Methylene Blue</i> dan <i>Methyl Red</i> di Perairan	7
2.1.3 Elektrokoagulasi.....	7
2.1.4 Jenis Plat Elektroda	9
2.1.5 Jenis Penyusunan Elektroda	10
2.1.6 Mekanisme pada Elektrokoagulasi.....	11
2.1.7 Faktor yang Memengaruhi Elektrokoagulasi	13
2.1.8 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi	15
2.1.9 Kelebihan dan Kekurangan Penyusunan Elektroda Seri dan Paralel	16
2.1.10 Analisis Statistika Regresi Linier.....	17
2.2 Landasan Teori	18
2.2.1 Elektrokoagulasi dengan Elektroda Aluminium dan Besi.....	18
2.2.2 Reaksi Elektrolisis pada Penggunaan Elektroda Aluminium dan Besi	19
2.2.3 Proses Pereduksian Pewarna dengan Elektrokoagulasi.....	19
2.3 Penelitian Terdahulu	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23

3.1	Kerangka Penelitian.....	23
3.2	Alat dan Bahan	25
3.2.1	Alat yang Diperlukan	25
3.2.2	Bahan yang Diperlukan.....	25
3.3	Cara Kerja.....	25
3.3.1	Proses Persiapan Penelitian.....	25
3.3.2	Proses Persiapan Penelitian Utama	25
3.3.3	Penelitian Utama	26
3.3.4	Desain Reaktor	27
3.4	Variabel Penelitian.....	28
3.4.1	Variabel Tetap.....	28
3.4.2	Variabel Bebas (<i>Independent</i>)	28
3.5	Analisis Data	29
3.6	Prosedur Analisis Warna Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis.....	30
3.7	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	30
3.8	Matriks Penelitian.....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Karakteristik Limbah.....	32
4.2	Perbandingan Efektivitas Penyusunan Elektroda Monopolar Seri dan Paralel terhadap Penyisihan Warna (<i>Methylene Blue</i> ; <i>Methyl Red</i>) dan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	32
4.2.1	Perbandingan Efektivitas Penyisihan <i>Methylene Blue</i>	32
4.2.2	Perbandingan Efektivitas Penyisihan <i>Methyl Red</i>	36
4.2.3	Perbandingan Efektivitas Penyisihan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) ..	39
4.3	Pengaruh Variasi Konfigurasi Elektroda, Tegangan, dan Waktu Kontak terhadap Penyisihan Kadar Setiap Parameter (<i>Methylene Blue</i> , <i>Methyl Red</i> , dan COD)	42
4.3.1	<i>Methylene Blue</i>	42
4.3.2	<i>Methyl Red</i>	52
4.3.3	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	61
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		71
5.1	Kesimpulan.....	71
5.2	Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....		73

LAMPIRAN A	78
LAMPIRAN B	83
LAMPIRAN C	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Senyawa <i>Methylene Blue</i>	5
Gambar 2.2 Struktur Senyawa <i>Methyl Red</i>	6
Gambar 2.3 Skema Diagram Elektrokoagulasi	8
Gambar 2.4 Diagram Venn (Holt)	9
Gambar 2.5 Deret Volta	9
Gambar 2.6 Konfigurasi Elektroda Monopolar Paralel.....	10
Gambar 2.7 Konfigurasi Elektroda Monopolar Seri	11
Gambar 2.8 Konfigurasi Elektroda Bipolar Seri	11
Gambar 2.9 Ilustrasi Reaksi pada Reaktor Elektrokoagulasi	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian.....	24
Gambar 3.2 (a) Detail Reaktor Elektrokoagulasi Elektroda Monopolar Seri dan (b) Monopolar Paralel	27
Gambar 3.3 Denah Rangkaian Reaktor	27
Gambar 3.4 Potongan A – A’ Rangkaian Reaktor.....	28
Gambar 4.1 Grafik Penyisihan <i>Methylene Blue</i>	34
Gambar 4.2 Grafik Penyisihan <i>Methyl Red</i>	37
Gambar 4.3 Grafik Penyisihan <i>Chemical Oxygen Demand</i>	40
Gambar 4.4 <i>Output</i> Data Uji Korelasi	43
Gambar 4.5 <i>Output</i> Data <i>Best Subsets</i> terhadap % Penyisihan <i>Methylene Blue</i> .	44
Gambar 4.6 Normalitas Residual Vars 1.....	44
Gambar 4.7 Heteroskedastisitas Vars 1	45
Gambar 4.8 <i>Output</i> Regresi Linier Sederhana Vars 1.....	46
Gambar 4.9 Normalitas Residual Vars 2.....	48
Gambar 4.10 Heteroskedastisitas Vars 2	49
Gambar 4.11 <i>Output</i> Regresi Linier Berganda Vars 2	50
Gambar 4.12 <i>Output</i> Data Uji Korelasi	52
Gambar 4.13 <i>Output</i> Data <i>Best Subsets</i> terhadap % Penyisihan <i>Methyl Red</i>	53
Gambar 4.14 Normalitas Residual Vars 1.....	54
Gambar 4.15 Heteroskedastisitas Vars 1	54

Gambar 4.16 <i>Output</i> Regresi Linier Sederhana Vars 1.....	55
Gambar 4.17 Normalitas Residual Vars 2.....	57
Gambar 4.18 Heteroskedastisitas Vars 2	58
Gambar 4.19 <i>Output</i> Regresi Linier Berganda Vars 2.....	59
Gambar 4.20 <i>Output</i> Data Uji Korelasi	62
Gambar 4.21 <i>Output</i> Data <i>Best Subsets</i> terhadap % Penyisihan COD.....	62
Gambar 4.22 Normalitas Residual Vars 1.....	63
Gambar 4.23 Heteroskedastisitas Vars 1	63
Gambar 4.24 <i>Output</i> Regresi Linier Sederhana Vars 1.....	64
Gambar 4.25 Normalitas Residual Vars 2.....	66
Gambar 4.26 Heteroskedastisitas Vars 2	67
Gambar 4.27 <i>Output</i> Regresi Linier Berganda Vars 2.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisika dan Kimia <i>Methylene Blue</i>	5
Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Kimia <i>Methyl Red</i>	6
Tabel 3.1 Matriks Penelitian	29
Tabel 4.1 Karakteristik Limbah Awal	31
Tabel 4.2 Penyisihan <i>Methylene Blue</i> dengan Elektrokoagulasi	32
Tabel 4.3 Penyisihan <i>Methyl Red</i> dengan Elektrokoagulasi	35
Tabel 4.4 Penyisihan <i>Chemical Oxygen Demand</i> dengan Elektrokoagulasi	38
Tabel 4.6 Penyisihan Konsentrasi <i>Methyl Red</i>	51
Tabel 4.5 Penyisihan Konsentrasi <i>Methylene Blue</i>	41
Tabel 4.7 Penyisihan Konsentrasi COD	60

ABSTRAK

Batik merupakan salah satu warisan budaya Indonesia yang telah diakui oleh UNESCO. Meskipun industri batik memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian, proses produksi batik juga menghasilkan limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Adapun karakteristik limbah batik antara lain berupa suhu tinggi, pH yang tidak stabil, serta nilai *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), dan *total suspended solid* (TSS) yang tinggi. Selain itu, limbah ini juga mengandung konsentrasi zat warna yang signifikan. Oleh karena itu, pengolahan air limbah batik sangat diperlukan sebelum dibuang ke lingkungan perairan. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah elektrokoagulasi, sebuah proses elektrokimia yang bekerja dengan mendestabilisasi muatan polutan melalui aliran arus listrik yang menyebabkan pelarutan logam pada elektroda. Elektroda yang terlarut tersebut kemudian berinteraksi dengan hidrogen yang kemudian membentuk koagulan *insitu*. Elektroda berperan untuk menghantarkan arus listrik ke dalam larutan dan memicu reaksi kimia, serta dapat disusun dalam konfigurasi seri atau paralel, baik monopolar maupun bipolar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan efektivitas konfigurasi elektroda monopolar seri dan paralel menggunakan teknologi elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi dilakukan secara batch dengan variasi konfigurasi elektroda, tegangan 6 dan 9 volt, dan waktu kontak 30 - 90 menit. Hasil penelitian yang telah dilakukan, konfigurasi monopolar paralel dengan waktu kontak terlama menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan monopolar seri, dengan efisiensi penyisihan *methylene blue* sebesar 95,23%, *methyl red* sebesar 90,02%, dan *chemical oxygen demand* (COD) sebesar 71,21%. Selain itu, voltase yang lebih tinggi juga menghasilkan persen penyisihan yang lebih tinggi.

Kata Kunci : elektrokoagulasi, batch, air limbah batik, monopolar seri, monopolar paralel, *methylene blue*, *methyl red*, *chemical oxygen demand*

ABSTRACT

Batik is one of Indonesia's cultural heritages that has been recognized by UNESCO. Although the batik industry contributes significantly to the economy, the batik production process also generates waste that has the potential to pollute the environment. The characteristics of batik waste include high temperature, unstable pH, and high biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), and total suspended solids (TSS). In addition, this waste also contains significant concentrations of dyes. Therefore, batik wastewater treatment is essential before it is discharged into the aquatic environment. One method that can be used is electrocoagulation, an electrochemical process that works by destabilizing pollutant charges through an electric current that causes metal dissolution on the electrodes. The dissolved electrodes then interact with hydrogen to form in-situ coagulants. Electrodes serve to conduct electric current into the solution and trigger chemical reactions, and can be arranged in series or parallel configurations, either monopolar or bipolar. The purpose of this study was to compare the effectiveness of series and parallel monopolar electrode configurations using electrocoagulation technology. The electrocoagulation process was carried out in batches with variations in electrode configuration, voltages of 6 and 9 volts, and contact times of 30-90 minutes. The results of the study showed that the parallel monopolar configuration with the longest contact time demonstrated better performance than the series monopolar configuration, with a methylene blue penyesihan efficiency of 95.23%, methyl red penyesihan efficiency of 90.02%, and chemical oxygen demand (COD) penyesihan efficiency of 71.21%. In addition, higher voltages also resulted in higher penyesihan percentages.

Keywords : electrocoagulation, batch, batik wastewater, monopolar series, monopolar parallel, methylene blue, methyl red, chemical oxygen demand