

**KOMBINASI ADSORPSI DAN
ELEKTROKOAGULASI RANGKAIAN
BIPOLAR UNTUK MENGOLAH LIMBAH
LAUNDRY DENGAN ADSORBEN TANAH LIAT
TERAKTIVASI**

SKRIPSI



Oleh :

BAGUS TRI WIBOWO

NPM.19034010057

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

2026

**KOMBINASI ADSORPSI DAN ELEKTROKOAGULASI
RANGKAIAN BIPOLAR UNTUK MENGOLAH LIMBAH
LAUNDRY DENGAN ADSORBEN TANAH LIAT.
TERAKTIVASI**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

BAGUS TRI WIBOWO
NPM 19034010057

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

2026

LEMBAR PERSETUJUAN
KOMBINASI ADSORPSI DAN ELEKTROKOAGULASI
RANGKAIAN BIPOLAR UNTUK MENGOLAH LIMBAH
LAUNDRY DENGAN ADSORBEN TANAH LIAT
TERAKTIVASI

Disusun Oleh:



Bagus Tri Wibowo
NPM 19034010057

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing



Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP. 19620501 198803 1 001

Mengetahui,

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



Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN
KOMBINASI ADSORPSI DAN ELEKTROKOAGULASI
RANGKAIAN BIPOLAR UNTUK MENGOLAH LIMBAH
LAUNDRY DENGAN ADSORBEN TANAH LIAT
TERAKTIVASI

Disusun Oleh:


Bagus Tri Wibowo
NPM 19034010057

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

TIM PENGUJI

Pembimbing

1. Ketua


Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP. 19620501 198803 1 001


Firra Rosariawari, S.T., M.T.
NIP. 19750409 202121 2 004

2. Anggota


Aussie Amalia, S.T., MSc.
NPT. 172 1992 1124 059

Mengetahui,

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


Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI
KOMBINASI ADSORPSI DAN ELEKTROKOAGULASI
RANGKAIAN BIPOLAR UNTUK MENGOLAH LIMBAH
LAUNDRY DENGAN ADSORBEN TANAH LIAT
TERAKTIVASI

Disusun Oleh:


Bagus Tri Wibowo
NPM 19034010057

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 25 Mei 2026

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


Firra Rosariawari, S.T., M.T.
NIP. 19750409 202121 2 004


Aussie Amalia, S.T., M.Sc.
NPT. 172 1992 1124 059

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bagus Tri Wibowo
NPM : 19034010057
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, 26 Mei 2026

Yang Membuat pernyataan



Bagus Tri Wibowo
NPM. 19034010057

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Kombinasi Adsorpsi dan Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar untuk Mengolah Limbah *Laundry* dengan Adsorben Tanah Liat Teraktivasi” ini dengan baik. Dalam penyusunan laporan ini, saya menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur sekaligus dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran, dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan waktu, kesabaran, bimbingan, serta ilmu selama proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Aussie Amalia, S.T., M.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan, dan motivasi sehingga tugas akhir ini menjadi lebih baik.
5. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, serta semangat selama proses penyusunan tugas akhir ini.
6. Teman-teman dan seluruh pihak terkait atas bantuan dan dukungan langsung maupun tidak langsung dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Surabaya, 25 Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	ix
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.1.1 Air Limbah Laundry	6
2.1.2 Baku Mutu Air Limbah Detergen	8
2.1.3 Komposisi Air Limbah Laundry	9
2.1.4 Bahaya Air Limbah Laundry	9
2.2 Landasan Teori.....	11
2.2.1 Adsorpsi	11
2.2.2 Aktivasi adsorben.....	13
2.2.3 Kaolin sebagai Adsorben	15
2.2.4 Elektrolisis	17
2.2.5 Elektrokoagulasi.....	18
2.2.6 Aluminium sebagai Elektroda.....	23
2.3 Penelitian Terdahulu	24

BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Kerangka Penelitian	27
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.3 Cara Kerja	32
3.3.1 Pembuatan Adsorben	33
3.3.2 Penelitian pendahuluan	34
3.3.3 Penelitian utama	35
3.4 Variabel Penelitian	35
3.5 Analisis Penelitian.....	36
3.6 Rancangan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil dan Penentuan Adsorben	39
4.2 Pembahasan Adsorben Tanah Liat.....	42
4.2.1 Pengaruh Normalitas HCl dalam Aktivasi Asam.....	42
4.2.2 Pengaruh Suhu dalam Aktivasi Secara Termal.....	46
4.2.3 Pengaruh Jenis Tanah Liat	50
4.3 Hasil dan Penentuan Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	54
4.4 Pembahasan Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar	56
4.4.1 Pengaruh Jumlah Plat Baffle Alumunium.....	56
4.4.2 Berdasarkan Tegangan Listrik	62
4.4.3 Berdasarkan Lama Waktu	67
4.5 Penelitian utama.....	71
4.6 Analisis Statistik	76
4.6.1 Analisis Hasil Adsorben.....	76
4.6.2 Analisis Statistik Elektrokoagulasi	82

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	101
Daftar Pustaka	103
LAMPIRAN A DATA HASIL PENELITIAN.....	110
LAMPIRAN B PERHITUNGAN DAN PROSEDUR KERJA PENELITIAN .	122
LAMPIRAN C DOUMENTASI PENELITIAN	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Sturktur Kaolin dan Bentonit.	16
Gambar 2.2 Interaksi Surfaktan dan Kaolin.....	17
Gambar 2.3 Elektrolisis Logam pada Anoda.	18
Gambar 2.4 Elektrolisis Pembentukan Hidrogen pada Anoda.....	18
Gambar 2.5 Reaksi Elektrolisis pada Lempeng Elektroda.....	20
Gambar 2.6 Model Rangkaian Elektroda.....	22
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.	28
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian.....	30
Gambar 3.3 Langkah Kerja Penelitian.	33
Gambar 3.4 Rangkaian Alat Penelitian (Elektrokoagulasi).	37
Gambar 3.5 Rangkaian Alat Penelitian (Adsorpsi).....	37
Gambar 4.1 Perbandingan Efisiensi Pengolahan Limbah Laundry pada Adsorben Kaolin Aktivasi Termal Suhu 500°C dengan Normaltias HCl pada Aktivasi Asam.	42
Gambar 4.2 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Surfaktan antar Adsorben Tanah Liat dengan Normaltias HCl pada Aktivasi Asam.....	43
Gambar 4.3 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Fosfat antar Adsorben Tanah Liat dengan Normaltias HCl pada Aktivasi Asam	44
Gambar 4.4 Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD antar Adsorben Tanah Liat dengan Normaltias HCl pada Aktivasi Asam	44
Gambar 4.5 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Surfaktan Antar adsorben kaolin aktivasi termal suhu 500°C dan 800°C dengan Aktivasi Asam.....	46
Gambar 4.6 Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD Antar adsorben kaolin aktivasi termal suhu 500°C dan 800°C dengan Aktivasi Asam.....	47
Gambar 4.7 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Fosfat Antar adsorben kaolin aktivasi termal suhu 500°C dan 800°C dengan Aktivasi Asam.....	48
Gambar 4.8 Kadar TSS (mg/L) Hasil adsorben Kaolinit dengan aktivasi suhu 500°C dan Aktivasi Asam.....	49
Gambar 4.9 Foto SEM Kaolinit Aktivasi Termal suhu 500°C (kiri) dan Foto SEM Kaolinit aktivasi termal suhu 800°C (kanan).	49

Gambar 4.10 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Surfaktan antar Adsorben Kaolin dan Bentonit terhadap aktivasi asam dengan suhu termal 500 °C	50
Gambar 4.11 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Fosfat antar Adsorben Kaolin dan Bentonit terhadap aktivasi asam dengan suhu termal 500 °C	51
Gambar 4.12 Perbandingan Efisiensi Penyisihan COD antar Adsorben Kaolin dan Bentonit terhadap aktivasi asam dengan suhu termal 500 °C	52
Gambar 4.13 Perbandingan Peningkatan TSS antar Adsorben Kaolin dan Bentonit terhadap aktivasi asam dengan suhu termal 500 °C	53
Gambar 4.14 Foto SEM Adsorben Bentonit dengan Aktivasi Termal Suhu 500°C(kiri) dan 800°C(kanan)	54
Gambar 4.15 Bagan Peneletian Pendahuluan Penentuan Elektroda	56
Gambar 4.16 Efisiensi Penyisihan Kadar Surfaktan, Fosfat, COD dan TSS dengan Jumlah Baffle yang Digunakan pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.	57
Gambar 4.17 Tingkat Persen Penyisihan Surfaktan terhadap Jumlah Baffle pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	58
Gambar 4.18 Tingkat Persen Penyisihan Fosfat terhadap Jumlah Baffle pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	58
Gambar 4.19 Tingkat Persen Penyisihan COD terhadap Jumlah Baffle pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	59
Gambar 4.20 Tingkat Persen Penyisihan TSS terhadap Jumlah Baffle pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	60
Gambar 4.21 Kondisi fisik Elektroda pada Bagian Anoda	61
Gambar 4.22 Bagan Penelitian Pendahuluan Penentuan Tegangan Listrik Rangkaianbipolar.	62
Gambar 4.23 Efisiensi Penyisihan Kadar Surfaktan, Fosfat, COD dan TSS dengan Jumlah Tegangan listrik yang Diberikan pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar	63
Gambar 4.24 Tingkat Persen Penyisihan Surfaktan terhadap Jumlah Tegangan Listrik pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.	64
Gambar 4.25 Tingkat Persen Penyisihan Fosfat terhadap Jumlah Tegangan Listrik pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.	64

Gambar 4.26 Tingkat Persen Penyisihan TSS terhadap Jumlah Tegangan Listrik pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.	65
Gambar 4.27 Tingkat Persen Penyisihan COD terhadap Jumlah Tegangan Listrik pada Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.	65
Gambar 4.28 Kondisi fisik Elektroda pada Bagian Katoda	66
Gambar 4.29 Bagan penelitian pendahuluan penentuan lama waktu proses elektrokoagulasi rangkaian bipolar.	67
Gambar 4.30 Efisiensi Penyisihan Kadar Surfaktan, Fosfat, COD dan TSS dengan Lama Waktu Proses Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar	68
Gambar 4.31 Tingkat Persen Penyisihan Surfaktan terhadap Lama Waktu Proses Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	68
Gambar 4.32 Tingkat Persen Penyisihan TSS terhadap Lama Waktu Proses Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	69
Gambar 4.33 Efisiensi Persen Penyisihan Fosfat terhadap Lama Waktu Proses Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	70
Gambar 4.34 Efisiensi Persen Penyisihan COD terhadap Lama Waktu Proses Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	70
Gambar 4.35 Bagan Penelitian Utama Kombinasi Adsorpsi dan Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar.....	71
Gambar 4.36 Perbandingan Efisiensi penurunan Surfaktan antar Adsorben Kaolin dan Bentonit aktivasi suhu 500 °C dengan Aktivasi Asam pada kondisi limbah dengan pH 6.	72
Gambar 4.37 Perbandingan Efisiensi penurunan Fosfat antar Adsorben Kaolin dan Bentonit aktivasi suhu 500 °C dengan Aktivasi Asam pada kondisi limbah dengan pH 6.....	73
Gambar 4.38 Perbandingan Kadar COD (mg/l) Hasil adsorben dengan aktivasi suhu 500 °C dan Aktivasi Asam pada limbah dengan pH 6.	74
Gambar 4.39 Hasil Uji ANOVA One-Way untuk Tingkat Keasaman pada Aktivasi Asam dengan Hasil Surfaktan Adsorben Kaolin.	77
Gambar 4.40 Hasil Uji Korelasi Hasil Adsorpsi dan Tingkat Keasamaan Untuk Aktivasi Adsorben.....	80

Gambar 4.41 Regresi Linier Jumlah Plat dengan Hasil Kadar Surfaktan.....	83
Gambar 4.42 Regresi Linier Jumlah Plat dengan Hasil Kadar Fosfat.	84
Gambar 4.43 Regresi Linier Jumlah Plat dengan Hasil Kadar TSS.	85
Gambar 4.44 Regresi Linier Jumlah Plat dengan Hasil Kadar COD.	86
Gambar 4.45 Hasil Uji Korelasi Jumlah Plat dan Hasil Proses Elektrokoagulasi.	87
Gambar 4.46 Regresi Linier Jumlah Tegangan Listrik dengan Hasil Kadar Surfaktan.	88
Gambar 4.47 Regresi Linier Jumlah Tegangan Listrik dengan Hasil Kadar Fosfat.	89
Gambar 4.48 Regresi Linier Jumlah Tegangan Listrik dengan Hasil Kadar TSS.	90
Gambar 4.49 Regresi Linier Jumlah Tegangan Listrik dengan Hasil Kadar COD.	91
Gambar 4.50 Hasil Uji Korelasi Tegangan Listrik dengan Hasil Elektrokoagulasi.	92
Gambar 4.51 Regresi Linier Jumlah Lama Waktu Proses dengan Hasil Kadar Surfaktan.	93
Gambar 4.52 Regresi Linier Jumlah Lama Waktu Proses dengan Hasil Kadar Fosfat.....	94
Gambar 4.53 Regresi Linier Jumlah Lama Waktu Proses dengan Hasil Kadar COD.	95
Gambar 4.54 Regresi Linier Jumlah Lama Waktu Proses dengan Hasil Kadar TSS.....	96
Gambar 4.55 Hasil Uji Korelasi Jumlah Lama Waktu Proses dengan Hasil Elektrokoagulasi.....	97
Gambar 4.56 Persebaran Data Hasil Surfaktan dengan Tingkat Effisiensi.	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Bakumutu Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Laundry.....	9
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.	24
Tabel 4.1 Kadar Awal Limbah Laundry	39
Tabel 4.2 Hasil Uji Penelitian Pendahuluan Adsorben.	40
Tabel 4.3 Hasil Efisiensi pengolahan limbah laundry dan peningkatan TSS	41
Tabel 4.4 Hasil Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar Berdasarkan Jumlah Plat Alumunium Bebas.....	55
Tabel 4.5 Hasil Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar Berdasarkan Jumlah Tegangan Listrik	55
Tabel 4.6 Hasil Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar Berdasarkan Jumlah Lama Waktu Proses.....	56
Tabel 4.7 Hasil Efisiensi Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar Berdasarkan Jumlah Plat Alumunium Bebas	57
Tabel 4.8 Hasil Efisiensi Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar Berdasarkan Jumlah Tegangan Listrik.....	63
Tabel 4.9 Hasil Efisiensi Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar Berdasarkan Jumlah Lama Waktu Proses	67
Tabel 4.10 Hasil Kombinasi Adsorpsi dan elektrokoagulasi.	75
Tabel 4.11 Hasil Uji Anova-Oneway pada Adsorben.....	77
Tabel 4.12 Interpretasi Dari Hasil Uji Korelasi Hasil Adsorpsi Dan Tingkat Keasaaman Untuk Aktivasi Adsorben aktivasi Suhu 500 C.....	81
Tabel 4.13 Konsumsi Energi Listrik pada Proses Elektrokoagulasi	99

ABSTRAK

Limbah cair *laundry* mengandung surfaktan, fosfat, dan *chemical oxygen demand* (COD) dalam konsentrasi tinggi yang sulit diolah secara konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kombinasi proses adsorpsi sebagai *pre-treatment* dan elektrokoagulasi bipolar dalam menurunkan beban pencemar limbah cair *laundry*. Proses elektrokoagulasi dilakukan menggunakan variasi waktu operasi, jumlah pelat elektroda, dan tegangan listrik untuk memperoleh kondisi optimal, sedangkan tahap praperlakuan menggunakan adsorben tanah liat dengan variasi jenis, suhu aktivasi, dan aktivasi kimia. Parameter yang dianalisis meliputi surfaktan, fosfat, COD, dan *total suspended solids* (TSS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal diperoleh pada penggunaan adsorben kaolin yang diaktivasi secara termal pada suhu 500°C dan secara kimia menggunakan HCl 3 N dalam kondisi pH 6, kemudian dilanjutkan dengan elektrokoagulasi menggunakan lima pelat elektroda pada tegangan 25 V. Kombinasi proses ini mampu meningkatkan efisiensi penyisihan surfaktan hingga 98,89%, dibandingkan dengan proses tanpa praperlakuan yang hanya mencapai 83,94%. Dengan demikian, integrasi adsorpsi dan elektrokoagulasi bipolar terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja pengolahan limbah cair *laundry*.

Kata Kunci : Limbah *Laundry*, Elektrokoagulasi Rangkaian Bipolar, Adsorpsi, Kaolin, Bentonit, Surfaktan.

ABSTRACT

Laundry wastewater contains high concentrations of surfactants, phosphates, and chemical oxygen demand (COD), which are difficult to remove using conventional treatment methods. This study aims to evaluate the effectiveness of a combined adsorption pre-treatment and bipolar electrocoagulation process for reducing pollutant loads in laundry wastewater. The electrocoagulation process was conducted under varying operating conditions, including treatment time, number of electrode plates, and applied voltage, to determine the optimal configuration. The pre-treatment stage employed clay-based adsorbents with variations in clay type, thermal activation temperature, and chemical activation. Key parameters analyzed included surfactants, phosphates, COD, and total suspended solids (TSS). The results indicated that the optimal condition was achieved using kaolin activated thermally at 500°C and chemically with 3 N HCl under slightly acidic conditions, followed by electrocoagulation using five electrode plates at an applied voltage of 25 V. Under these conditions, surfactant removal efficiency reached 98.89%, significantly higher than the 83.94% achieved without pre-treatment. These findings demonstrate that the integration of adsorption and bipolar electrocoagulation is an effective approach for enhancing the treatment performance of laundry wastewater.

Keywords: *Laundry wastewater, bipolar electrocoagulation, adsorption, kaolin, bentonite, surfactants, phosphate.*