

**SKRIPSI**

**MODIFIKASI KOMBINASI  
ELEKTROKOAGULASI – ADSORPSI UNTUK  
MENYISIHKAN FOSFAT DAN TSS PADA  
LIMBAH LAUNDRY**



Oleh :

**CELLO RAKA PRAMASTYA**

**NPM: 19034010064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
JAWA TIMUR  
SURABAYA  
TAHUN 2024**

**SKRIPSI**

**MODIFIKASI KOMBINASI  
ELEKTROKOAGULASI – ADSORPSI  
UNTUK MENYISIHKAN FOSFAT DAN  
TSS PADA LIMBAH LAUNDRY**



Oleh:

**CELLO RAKA PRAMASTYA**

**NPM: 19034010064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
JAWA TIMUR  
SURABAYA  
TAHUN 2024**

**MODIFIKASI KOMBINASI ELEKTROKOAGULASI  
ADSORPSI UNTUK MENYISIHKAN FOSFAT DAN TSS PADA  
LIMBAH LAUNDRY**

**SKRIPSI**

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

**Diajukan Oleh :**

**CELLO RAKA PRAMASTYA**

**NPM: 19034010064**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
JAWA TIMUR  
SURABAYA**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI KOMBINASI ELEKTROKOAGULASI –  
ADSORPSI UNTUK MENYISIHKAN FOSFAT DAN TSS PADA  
LIMBAH LAUNDRY**

Disusun Oleh :

**CELLO RAKA PRAMASTYA**

**NPM: 19034010064**

Telah Dipertahankan Dihadapan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi  
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Lingkungan  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Pada Tanggal : 8 Januari 2024

Menyetujui Dosen  
Pembimbing,



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

Mengetahui,  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JATIM



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

## SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Cello Raka Pramastya  
NPM : 19034010064  
Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Modifikasi Kombinasi Elektrokoagulasi – Adsorpsi  
untuk Menyisihkan Fosfat dan TSS pada Limbah  
*Laundry*

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN “Veteran” Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun, sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 8 Januari 2024

Yang Menyatakan



(Cello Raka Pramastya)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena dengan segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Modifikasi Kombinasi Elektrokoagulasi – Adsorpsi untuk Menyisihkan Fosfat dan TSS pada Limbah Limbah Laundry”**. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana bagi mahasiswa S1 pada program studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak yang terlibat baik berupa materi, moral, dan spiritual. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP. selaku Dekan Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, ST., MT. selaku Koordinator Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membantu serta meluangkan banyak waktu dan tenaga untuk mengarahkan serta membimbing penyusunan ide hingga laporan akhir.
3. Ibu Ir. Naniek Ratni JAR., M.Kes. dan Bapak Ir. Yayok Suryo P., MS., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk menjadikan skripsi yang disusun menjadi lebih baik.

Akhir kata, penulis menyampaikan terima kasih dan memohon maaf atas kekurangan penulisan skripsi ini yang tentunya masih belum sempurna sehingga diperlukan kritik dan saran serta masukan dari berbagai pihak. Semoga laporan ini dapat memenuhi syarat akademis serta bermanfaat bagi penulis dan juga para pembacanya.

Surabaya, 8 Januari 2024

(Cello Raka Pramastya)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pengerjaan skripsi ini juga tidak lepas dari peran berbagai pihak. Maka dari itu penulis juga ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Christian Bayu Poernomo, Ibu Elly Octavianti selaku orang tua dan seluruh keluarga besar tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan serta menemani dalam setiap proses pengerjaan skripsi ini.
2. Adhelia Salwa Sokhil Ababilluna dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan selalu meluangkan waktunya untuk menemani serta membantu apapun dalam proses pengerjaan skripsi ini.
3. Teman – teman seperjuangan Teknik Lingkungan 2019 yang memberikan semangat dan bantuin dalam proses pengerjaan skripsi ini.
4. Teman – teman inti Sasino yaitu Rafli, Farhan, Reynaldi, Dahan, Danop dan Farid yang selalu memberikan dukungan dan hiburan dalam proses pengerjaan skripsi ini.
5. Serta pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuannya secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga dukungan, doa, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dapat membawa berkah bagi semua pihak.

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.1.1 Air Limbah <i>Laundry</i> .....	5
2.1.2 Baku Mutu Air Limbah <i>Laundry</i> .....	5
2.1.3 Elektrokoagulasi .....	10
2.1.4 Faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi.....	12
2.1.5 Adsorpsi .....	17
2.1.6 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	18
2.2 Landasan Teori .....	20
2.2.1 Fosfat dalam Air Limbah Laundry .....	20
2.2.2 Penyisihan Fosfat dan TSS dengan Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium .....	21



2.2.3 Pelarutan Aluminium di Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi .....	21
2.2.4 Penyisihan Fosfat dan TSS dengan Adsorpsi Menggunakan Media Zeolit.....	22
2.2.5 Model Thomas .....	24
2.2.6 Kombinasi Elektrokoagulasi dan Adsorpsi.....	25
2.2.7 Desain Reaktor Elektrokoagulasi – Adsorpsi .....	26
2.3 Hasil Penelitian Sebelumnya .....	27
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>40</b>
3.1 Kerangka Penelitian.....	40
3.2 Bahan dan Alat .....	42
3.2.1 Bahan yang digunakan.....	42
3.2.2 Alat yang digunakan .....	42
3.2.3 Desain Reaktor.....	43
3.3 Cara Kerja.....	43
3.3.1 Proses Persiapan Penelitian .....	43
3.3.2 Proses Penelitian Utama (Aliran <i>Continue</i> ).....	44
3.4 Variabel .....	45
3.4.1 Proses Penelitian Utama (Aliran <i>Continue</i> ).....	45
3.5 Analisa Parameter.....	46
3.6 Jadwal Pelaksanaan .....	46
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>49</b>
4.1 Berat Elektroda Aluminium yang Larut .....	49
4.1.1 Variasi Waktu Sampling terhadap Berat Elektroda Aluminium yang Larut.....	50
4.1.2 Berat Elektroda Aluminium yang Larut terhadap Efisiensi Penyisihan Fosfat dan TSS.....	52

4.2 Kapasitas Adsorpsi pada Adsorben Zeolit .....	55
4.3 Efisiensi Penyisihan Fosfat dan TSS pada Modifikasi Reaktor Proses Elektrokoagulasi – Adsorpsi.....	58
4.3.1 Variasi Waktu Sampling terhadap Efisiensi Penyisihan Fosfat.....	61
4.3.2 Variasi Waktu Sampling terhadap Efisiensi Penyisihan TSS.....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	73
LAMPIRAN A HASIL ANALISIS .....	79
LAMPIRAN B PERHITUNGAN.....	80
LAMPIRAN C DOKUMENTASI.....	86
LAMPIRAN D DATA PENDUKUNG .....	91

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Karakteristik Air Limbah Laundry .....	5
<b>Tabel 2.2</b> Baku Mutu Air Limbah Untuk Kegiatan Laundry .....	6
<b>Tabel 2.3</b> Ringkasan Model Isoterm Adsorpsi .....	18
<b>Tabel 2.4</b> Rangkuman Keterbasan Elektrokoagulasi dan Adsorpsi .....	26
<b>Tabel 2.5</b> Ringkasan Penelitian Sebelumnya .....	27
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Kegiatan .....	46
<b>Tabel 3.2</b> Matriks Penelitian Berat Logam yang Larut dari Elektroda .....	47
<b>Tabel 3.3</b> Matriks Penelitian Fosfat pada Elektrokoagulasi – Adsorpsi .....	47
<b>Tabel 3.4</b> Matriks Penelitian TSS pada Elektrokoagulasi – Adsorpsi.....	48
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair Laundry .....	49
<b>Tabel 4.2</b> Pengaruh Waktu Sampling terhadap Berat Elektroda Aluminium yang Larut .....	51
<b>Tabel 4.3</b> Pengaruh Berat Elektroda Aluminium yang Larut terhadap Efisiensi Penyisihan Fosfat .....	53
<b>Tabel 4.4</b> Pengaruh Berat Elektroda Aluminium yang Larut terhadap Efisiensi Penyisihan TSS .....	53
<b>Tabel 4.5</b> Ringkasan Hasil Regresi Linear untuk Permodelan Thomas .....	57
<b>Tabel 4.6</b> Pengaruh Waktu Sampling terhadap Efisiensi Penyisihan Fosfat pada Proses Elektrokoagulasi – Adsorpsi .....	58
<b>Tabel 4.7</b> Pengaruh Waktu Sampling terhadap Efisiensi Penyisihan Fosfat pada Proses Elektrokoagulasi dan Adsorpsi .....	62
<b>Tabel 4.8</b> Pengaruh Waktu Sampling terhadap Efisiensi Penyisihan TSS pada Proses Elektrokoagulasi dan Adsorpsi .....	66
<b>Tabel A.1</b> Hasil Analisa Awal Limbah Cair Laundry .....	79
<b>Tabel B.1</b> Hasil Perhitungan Permodelan Thomas.....	83

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Diagram Venn.....	10
<b>Gambar 2.2</b> Representasi Skematis dari Sel Elektrokoagulasi.....	12
<b>Gambar 2.3</b> Konfigurasi Susunan Elektroda .....	16
<b>Gambar 2.4</b> Ilustrasi Proses Adsorpsi.....	17
<b>Gambar 2.5</b> Desain Reaktor Elektrokoagulasi Kontinyu .....	27
<b>Gambar 3.1</b> Denah Reaktor Elektrokoagulasi – Adsorpsi.....	43
<b>Gambar 3.2</b> Potongan Reaktor Elektrokoagulasi – Adsorpsi.....	43
<b>Gambar 3.3</b> Plat Media Adsorpsi .....	43
<b>Gambar 4.1</b> Kondisi Fisik Permukaan Elektroda selama Proses Elektrokoagulasi .....	50
<b>Gambar 4.2</b> Hubungan antara Waktu Sampling dengan Berat Elektroda yang Larut .....	52
<b>Gambar 4.3</b> Hubungan antara Berat Elektroda Aluminium yang Larut dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat .....	54
<b>Gambar 4.4</b> Hubungan antara Berat Elektroda Aluminium yang Larut dengan Efisiensi Penyisihan TSS .....	54
<b>Gambar 4.5</b> Grafik Hubungan Waktu dan $\ln(C_0/C_t-1)$ pada Penyisihan Fosfat .	56
<b>Gambar 4.6</b> Grafik Hubungan Waktu dan $\ln(C_0/C_t-1)$ pada Penyisihan TSS ....	56
<b>Gambar 4.7</b> Hubungan antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat dan TSS pada Proses Elektrokoagulasi - Adsorpsi .....	59
<b>Gambar 4.8</b> Hasil Uji Statistik ANOVA antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat dan TSS.....	60
<b>Gambar 4.9</b> Hasil Uji Statistik Korelasi antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat dan TSS.....	61
<b>Gambar 4.10</b> Hubungan antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat pada Proses Elektrokoagulasi.....	63
<b>Gambar 4.11</b> Hubungan antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat pada Proses Adsorpsi .....	64

<b>Gambar 4.12</b> Hasil Uji Statistik Korelasi antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat pada Pengolahan Elektrokoagulasi .....	65
<b>Gambar 4.13</b> Hasil Uji Statistik Korelasi antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan Fosfat pada Pengolahan Adsorpsi.....	65
<b>Gambar 4.14</b> Hubungan antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan TSS pada Proses Elektrokoagulasi.....	68
<b>Gambar 4.15</b> Hubungan antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan TSS pada Proses Adsorpsi .....	69
<b>Gambar 4.16</b> Hasil Uji Statistik Korelasi antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan TSS pada Pengolahan Elektrokoagulasi .....	70
<b>Gambar 4.17</b> Hasil Uji Statistik Korelasi antara Waktu Sampling dengan Efisiensi Penyisihan TSS pada Pengolahan Adsorpsi.....	70
<b>Gambar A.1</b> Hasil Analisa TSS Limbah Cair Laundry .....	79
<b>Gambar A.2</b> Hasil Analisa Penimbangan Elektroda Aluminium.....	79
<b>Gambar C.1</b> Kondisi Sampel Awal Limbah Laundry .....	86
<b>Gambar C.2</b> Rangkaian Alat Modifikasi Elektrokoagulasi - Adsorpsi .....	86
<b>Gambar C.3</b> Kontrol pH Sampel Awal Air Limbah Laundry .....	87
<b>Gambar C.4</b> Proses Elektrokoagulasi – Adsorpsi Aliran Continue .....	87
<b>Gambar C.5</b> Sampel Air Limbah setelah Proses Selesai.....	88
<b>Gambar C.6</b> Analisa Parameter Total Suspended Solid (TSS) .....	89
<b>Gambar C.7</b> Penimbangan Elektroda untuk Menganalisa Logam yang Larut....	89
<b>Gambar C.8</b> Aktivasi Adsorben Zeolit secara Fisika .....	90
<b>Gambar D.1</b> Hasil Analisa Parameter Fosfat.....	91

## ABSTRAK

Industri jasa *laundry* rumahan telah berkembang pesat. Namun, pertumbuhan industri ini juga berdampak pada peningkatan volume limbah cair *laundry* yang akan dibuang ke badan air. Hal ini dapat mempengaruhi kondisi badan air, terlebih limbah tersebut mengandung fosfat sebagai builder dari deterjen dan *Total Suspended Solid* (TSS). Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan limbah cair yang efektif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi modifikasi reaktor elektrokoagulasi-adsorpsi dalam menurunkan konsentrasi fosfat dan TSS pada limbah *laundry*. Limbah cair *laundry* dialirkan dengan debit 0,2 L/menit pada proses elektrokoagulasi dengan kuat arus 5 A selama 60 menit diikuti oleh proses adsorpsi secara kolom selama 90 menit yang dilakukan dalam satu reaktor percobaan. Elektroda aluminium dan media adsorben zeolit digunakan dalam percobaan ini. Variabel yang diukur adalah waktu sampling selama 150-300 menit dengan interval waktu 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi reaktor elektrokoagulasi-adsorpsi mampu menurunkan konsentrasi fosfat dan TSS dalam limbah *laundry*. Efisiensi terbaik dari kedua proses tersebut terjadi pada waktu sampling 300 menit dengan efisiensi penyisihan fosfat dan TSS berturut-turut sebesar 97.09% dan 84.26%.

Kata Kunci: *laundry, elektrokoagulasi, adsorpsi, aluminium, zeolit.*

## ***ABSTRACT***

The home industry laundry has grown rapidly. However, the growth of this industry has also led to an increase in the volume of laundry wastewater that is discharged into water bodies. This can affect the condition of water bodies, especially since the waste contains phosphates as detergent builders and Total Suspended Solid (TSS). Therefore, an effective wastewater treatment technology is needed. This research aims to analyze the efficiency of the modified electrocoagulation-adsorption reactor in reducing the concentration of phosphate and TSS in laundry wastewater. Laundry wastewater was flowed at a rate of 0.2 L/minute in the electrocoagulation process with a current strength of 5 A for 60 minutes, followed by column adsorption for 90 minutes conducted in one experimental reactor. Aluminum electrodes and zeolite adsorbent media were used in this experiment. The variables measured were the sampling time intervals between 150-300 minutes with a 30-minute interval. The research results show that the modification of the electrocoagulation-adsorption reactor is capable of reducing the concentration of phosphate and TSS in laundry wastewater. The best efficiency of both processes occurred at a sampling time of 300 minutes, with phosphate removal efficiency and TSS removal efficiency reaching 97.09% and 84.26%.

*Keywords: laundry, electrocoagulation, adsorption, aluminum, zeolite.*