

**PENGARUH PENAMBAHAN SENYAWA HIDROGEN
PEROKSIDA (H_2O_2) PADA AIR BALLAST DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI UNTUK MENURUNKAN PARAMETER
TSS DAN TIMBAL (Pb)**

SKRIPSI



Oleh :

MUHAMMAD RAFEL EMIRRUSO MAULUDDIN

NPM 21034010045

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

2025

**PENGARUH PENAMBAHAN SENYAWA HIDROGEN
PEROKSIDA (H₂O₂) PADA AIR BALLAST DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI UNTUK MENURUNKAN
PARAMETER TSS DAN TIMBAL (Pb)**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

MUHAMMAD RAFEL EMIRRUSO MAULUDDIN
NPM 21034010045

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN
PENGARUH PENAMBAHAN SENYAWA HIDROGEN
PEROKSIDA (H₂O₂) PADA AIR BALLAST DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI UNTUK MENURUNKAN
PARAMETER TSS DAN TIMBAL (Pb)

Disusun Oleh:


Muhammad Rafel Emirruso Mauluddin
NPM. 21034010045

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing


Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.SC.
NIP./NPT. 19930416 202506 2005

Mengetahui,

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


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

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENAMBAHAN SENYAWA HIDROGEN
PEROKSIDA (H₂O₂) PADA AIR BALLAST DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI UNTUK MENURUNKAN
PARAMETER TSS DAN TIMBAL (Pb)**

Disusun Oleh:

Muhammad Rafel Emirruso Mauluddin

NPM. 21034010045

**Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Prodi Ilmu
Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar
(Terakreditasi Sinta 5)**

Menyetujui,

Pembimbing

TIM PENGUJI

1. Ketua

Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST., M.SC.

NIP./NPT. 19930416 202506 2005

M. Mirwan, S.T., M.T.

NIP./NPT. 19760212 202121 1 004

2. Anggota

Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T.

NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

Mengetahui,

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

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**PENGARUH PENAMBAHAN SENYAWA HIDROGEN
PEROKSIDA (H_2O_2) PADA AIR BALLAST DALAM PROSES
ELEKTROKOAGULASI UNTUK MENURUNKAN
PARAMETER TSS DAN TIMBAL (Pb)**

Disusun Oleh:


Muhammad Rafel Emirruso Mauluddin
NPM 21034010045

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 27 November 2025

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA


M. Mirwan, S.T., M.T.
NIP./NPT. 19760212 202121 1 004


Raden Kokoh Haryo Putro, S.T., M.T.
NIP./NPT. 19900905 201903 1 026

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rafel Emirruso Mauluddin
NPM : 21034010045
Program : Sarjana (S1)
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 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, 28 November 2025

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Rafel Emirruso Mauluddin
NPM 21034010045

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga selama proses pengerjaan penelitian ini, Penulis mampu untuk menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Penambahan Senyawa Hidrogen Peroksida (H_2O_2) pada Air Ballast dalam Proses Elektrokoagulasi untuk Menurunkan Paramter TSS dan Timbal (Pb)”** dengan lancar. Penulis sangat berharap penyusunan skripsi dapat diterima sebagai syarat kelulusan untuk memperoleh gelar S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur serta dapat berguna untuk wawasan serta pengetahuan bagi pembaca. Dalam penyusunan laporan ini, kami menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT. selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Firra Rosariawari, ST., MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
4. Dr. Ir. Munawar Ali, M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan banyak pengarahan, motivasi dan masukannya untuk penyelesaian penelitian skripsi ini.
5. Restu Hikmah Ayu Murti, S.ST, M.SC., selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan banyak pengarahan, motivasi dan masukannya untuk penyelesaian penelitian skripsi ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan dan Staff Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah memberikan segenap ilmunya selama perkuliahan.

7. Kedua orang tua tercinta serta keluarga besar yang tiada henti memberikan Do'a, kasih sayang, motivasi serta dukungan yang luar biasa sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dengan baik.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan 2021 khususnya Naufal, Ivan, Pedro, Yudha, Fajar, Argia, Okik, Bimo, Arhab, Fawwas, Rahman, Bobi, Ghany, Satria, Kresna, Rafi, Farhan, Excel, Khilmi, Aldi, Huda, Arsyia, Bella, Amel, Delia, dan Hakim yang telah memberikan semangat selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Kakak tingkat yaitu Kemal, Taufik, Dila, Rizal, Aji, Jason, Bagas, Firza, Komang, Dana, dan Inyo yang selalu memberikan masukan dan saran selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
10. Karisa Sasmita Putri perempuan asal Yogyakarta yang selalu menjadi sumber semangat dan kesabaran penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penyusunan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Surabaya, 26 November 2025

Penulis

ABSTRAK

Air ballast yang digunakan kapal untuk menjaga stabilitas seringkali menjadi sumber pencemar serius bagi lingkungan perairan karena mengandung berbagai kontaminan, terutama Total Suspended Solid (TSS) dan logam berat Timbal (Pb). Kedua parameter ini berbahaya karena TSS meningkatkan kekeruhan dan menurunkan penetrasi cahaya bagi organisme akuatik, sedangkan Pb bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas proses elektrokoagulasi dengan penambahan senyawa Hidrogen Peroksida (H_2O_2) dalam menurunkan konsentrasi TSS dan Pb pada air ballast. Metode penelitian dilakukan pada skala laboratorium menggunakan reaktor elektrokoagulasi berbahan elektroda aluminium dengan variasi dosis H_2O_2 (0, 9, 18, dan 27 gram), jarak antar elektroda (3 cm, 4 cm, 5 cm), serta waktu reaksi (30, 60, dan 90 menit). Parameter TSS dianalisis menggunakan metode gravimetri, sedangkan konsentrasi Pb diuji menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan H_2O_2 memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan TSS. Efisiensi penyisihan meningkat dari 84,6% pada kondisi tanpa penambahan H_2O_2 hingga mencapai 98,9% pada dosis 27 gram. Untuk parameter Pb, penyisihan sudah sangat tinggi bahkan tanpa H_2O_2 , dengan efisiensi mencapai 99,8%. Variasi jarak elektroda optimal diperoleh pada 5 cm, sedangkan waktu reaksi paling efektif adalah 90 menit. Secara keseluruhan, kombinasi elektrokoagulasi dan oksidasi H_2O_2 terbukti meningkatkan kinerja penurunan TSS secara signifikan, sedangkan untuk logam Pb, metode elektrokoagulasi saja sudah cukup efektif memenuhi baku mutu lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi pengolahan air ballast yang sederhana, efisien, dan ramah lingkungan untuk diaplikasikan pada industri perkapalan di Indonesia.

Kata kunci: Air ballast, elektrokoagulasi, hidrogen peroksida, TSS, Timbal (Pb).

ABSTRACT

Ballast water used by ships to maintain stability often becomes a serious source of pollution in aquatic environments because it contains various contaminants, particularly Total Suspended Solids (TSS) and heavy metal Lead (Pb). These parameters are harmful since TSS increases turbidity and reduces light penetration for aquatic organisms, while Pb is toxic and may accumulate in the food chain. This study aims to evaluate the effectiveness of the electrocoagulation process with the addition of Hydrogen Peroxide (H_2O_2) in reducing TSS and Pb concentrations in ballast water. The research was conducted at a laboratory scale using an electrocoagulation reactor with aluminum electrodes. The independent variables included H_2O_2 dosage (0, 9, 18, and 27 grams), electrode spacing (3 cm, 4 cm, and 5 cm), and reaction time (30, 60, and 90 minutes). TSS was measured by the gravimetric method, while Pb concentration was analyzed using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). The results showed that H_2O_2 dosage significantly influenced TSS removal. The efficiency increased from 84.6% without H_2O_2 to 98.9% at 27 grams. In contrast, Pb removal was already highly effective even without H_2O_2 , reaching up to 99.8%. The optimal electrode spacing was found at 5 cm, while the most effective reaction time was 90 minutes. Overall, the combination of electrocoagulation and H_2O_2 oxidation significantly improved TSS removal, whereas for Pb, electrocoagulation alone was sufficient to meet environmental quality standards. This research suggests that the integration of electrocoagulation with H_2O_2 can serve as a simple, efficient, and environmentally friendly ballast water treatment technology for the shipping industry in Indonesia.

Keywords: *Ballast water, electrocoagulation, hydrogen peroxide, TSS, Lead (Pb).*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Limbah.....	5
2.1.1 Pengertian Limbah.....	5
2.1.2 Karakteristik Limbah.....	5
2.1.3 Air Ballast.....	8
2.2 Baku Mutu Air Ballast.....	9
2.2.1 Standar Baku Mutu Air Ballast menurut IMO.....	10
2.2.2 Regulasi dan Implementasi di Indonesia.....	10
2.2.3 Parameter Baku Mutu TSS dan Timbal (Pb) dalam Kepmen LH No. 51/2004.....	11
2.3 Elektrolisis.....	11

2.4 Elektrokoagulasi	12
2.4.1 Pengertian dan Mekanisme Elektrokoagulasi.....	12
2.4.2 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi.....	13
2.4.3 Reaksi dalam Elektrokoagulasi.....	14
2.4.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Elektrokoagulasi	15
2.5 Hidrogen Peroksida (H_2O_2)	18
2.6 Oksidasi Hidrogen Peroksida (H_2O_2)	19
2.7 Timbal (Pb).....	21
2.8 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	22
2.9 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Kerangka Penelitian	27
3.2 Prosedur Kerja.....	28
3.2.1 Proses Oksidasi Hidrogen Peroksida	28
3.2.2 Proses Reaksi dalam Elektrokoagulasi.....	29
3.2.3 Proses Pengambilan Sampel Penelitian	29
3.3 Desain Reaktor	30
3.4 Proses Elektrokoagulasi	30
3.5 Variabel & Parameter Penelitian	31
3.5.1 Variabel Bebas	31
3.5.2 Variabel Tetap	33
3.5.3 Variabel Terikat.....	33
3.6 Lokasi Penngambilan Sampel Air Ballast	33
3.7 Analisa Data	34
3.8 Matriks Penelitian.....	36

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil Penelitian.....	37
4.1.1 Hasil Analisis Karakteristik Awal	37
4.1.2 Hasil Analisis Setelah Pengolahan.....	38
4.2 Pembahasan Penelitian	43
4.2.1 Pengaruh Jarak Antar plat	44
4.2.2 Pengaruh Waktu Sampling.....	52
4.2.3 Pengaruh Penambahan Dosis Hidrogen Peroksida.....	58
4.2.4 Uji Statistika ANOVA Two-Ways dan Correlation.....	62
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN A	80
LAMPIRAN B	83
LAMPIRAN C	86
LAMPIRAN D	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus Air Ballast.....	9
Gambar 2. 2 Mekanisme Metode Elektrokoagulasi.....	13
Gambar 3. 1 Diagram Penelitian.....	28
Gambar 3. 2 Desain Reaktor	30
Gambar 3. 3 Lokasi Pengambilan Air Ballast.....	33
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 0 gram Terhadap Parameter TSS.....	44
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 9 gram Terhadap Parameter TSS.....	45
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 18 gram Terhadap Parameter TSS.....	46
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 27 gram Terhadap Parameter TSS.....	46
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 0 gram Terhadap Parameter Pb	48
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 9 gram Terhadap Parameter Pb	49
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 18 gram Terhadap Parameter Pb	49
Gambar 4. 8 Grafik Pengaruh Jarak Antar Plat Pada Dosis 27 gram Terhadap Parameter Pb	50
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 0 gram Terhadap Parameter TSS.....	52
Gambar 4. 10 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 9 gram Terhadap Parameter TSS.....	53
Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 18 gram Terhadap Parameter TSS.....	53
Gambar 4. 12 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 27 gram Terhadap Parameter TSS.....	54

Gambar 4. 13 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 0 gram Terhadap Parameter Timbal	55
Gambar 4. 14 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 9 gram Terhadap Parameter Timbal	56
Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 18 gram Terhadap Parameter Timbal	56
Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Waktu Sampling Pada Dosis 27 gram Terhadap Parameter Timbal	57
Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh Hidrogen Peroksida terhadap Parameter TSS.....	59
Gambar 4. 18 Grafik Pengaruh Hidrogen Peroksida terhadap Parameter Timbal	60
Gambar 4. 19 Hasil Uji Statistik ANOVA Two-Ways Dosis dan Jarak Antar Plat Terhadap Penyisihan TSS.....	62
Gambar 4. 20 Hasil Uji Statistik ANOVA Two-Ways Dosis dan Waktu Sampling Terhadap Penyisihan TSS.....	63
Gambar 4. 21 Hasil Uji Statistik ANOVA Two-Ways Jarak Antar Plat dan Waktu Sampling Terhadap Penyisihan TSS	64
Gambar 4. 22 Hasil Uji Statistik ANOVA Two-Ways Dosis dan Jarak Antar Plat Terhadap Penyisihan Timbal	65
Gambar 4. 23 Hasil Uji Statistik ANOVA Two-Ways Dosis dan Waktu Sampling Terhadap Penyisihan Timbal	66
Gambar 4. 24 Hasil Uji Statistik ANOVA Two-Ways Jarak Antar Plat dan Waktu Sampling Terhadap Penyisihan Timbal.....	67
Gambar 4. 25 Hasil Uji Correlation Terhadap Parameter TSS	68
Gambar 4. 26 Hasil Uji Correlation Terhadap Parameter Timbal.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Metode Analisis Data	34
Tabel 3. 2 Tabel Pengaruh Dosis H ₂ O ₂ , Jarak Antar Plat, dan Waktu Reaksi terhadap Penurunan TSS dan Logam Berat Timbal (Pb)	36
Tabel 4. 1 Konsentrasi Awal dalam Air Ballast.....	37
Tabel 4. 2 Hasil Uji Lab Parameter Total Suspended Solid pada Dosis 0 gram dengan Metode Gravimetri	38
Tabel 4. 3 Hasil Uji Lab Parameter Total Suspended Solid pada Dosis 9 gram dengan Metode Gravimetri	39
Tabel 4. 4 Hasil Uji Lab Parameter Total Suspended Solid pada Dosis 18 gram dengan Metode Gravimetri	40
Tabel 4. 5 Hasil Uji Lab Parameter Total Suspended Solid pada Dosis 27 gram dengan Metode Gravimetri	40
Tabel 4. 6 Hasil Uji Lab Parameter Timbal pada Dosis 0 gram dengan Metode AAS.....	41
Tabel 4. 7 Hasil Uji Lab Parameter Timbal pada Dosis 9 gram dengan Metode AAS.....	42
Tabel 4. 8 Hasil Uji Lab Parameter Timbal pada Dosis 18 gram dengan Metode AAS.....	42
Tabel 4. 9 Hasil Uji Lab Parameter Timbal pada Dosis 27 gram dengan Metode AAS.....	43