

**OPTIMASI LIMBAH TAMBAK GARAM SEBAGAI KOAGULAN
BITTERN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*,
KEKERUHAN SERTA MENETRALKAN pH PADA LIMBAH
TAHU DENGAN METODE RESPONSE SURFACE**

SKRIPSI



Oleh :

PEDRO CAESARIANO

21034010130

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**OPTIMASI LIMBAH TAMBAK GARAM SEBAGAI KOAGULAN
BITTERN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*,
KEKERUHAN SERTA MENETRALKAN pH PADA LIMBAH TAHU
DENGAN METODE RESPONSE SURFACE**

SKRIPSI



Oleh:

PEDRO CAESARIANO

21034010130

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**OPTIMASI LIMBAH TAMBAK GARAM SEBAGAI KOAGULAN
BITTERN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*,
KEKERUHAN SERTA MENETRALKAN pH PADA LIMBAH TAHU
DENGAN METODE RESPONSE SURFACE**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

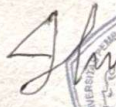
PEDRO CAESARIANO

NPM: 21034010130

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

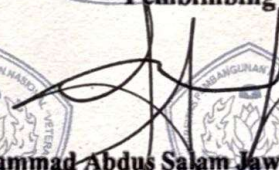
LEMBAR PERSETUJUAN
OPTIMASI LIMBAH TAMBAK GARAM SEBAGAI KOAGULAN
BITTERN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*,
KEKERUHAN SERTA MENETRALKAN pH PADA LIMBAH TAHU
DENGAN METODE RESPONSE SURFACE

Disusun Oleh :


PEDRO CAESARIANO
NPM: 21034010130

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,
Pembimbing

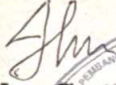

Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP. 19940727 202406 1001

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


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

LEMBAR PENGESAHAN
OPTIMASI LIMBAH TAMBAK GARAM SEBAGAI KOAGULAN
BITTERN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*,
KEKERUHAN SERTA MENETRALKAN pH PADA LIMBAH TAHU
DENGAN METODE RESPONSE SURFACE

Disusun Oleh :


Pedro Caesariano
NPM: 21034010130

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

Menyetujui,

TIM PENGUJI
Ketua

Pembimbing


M. Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP. 19940727 202406 1001


Raden Kokoh Haryo Putro ST., MT.
NIP. 19900905 201903 1 026

Anggota


Aussie Amalia, ST., MSc.
NIP. 172 1992 1124 059

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
OPTIMASI LIMBAH TAMBAK GARAM SEBAGAI KOAGULAN
BITTERN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*,
KEKERUHAN SERTA MENETRALKAN pH PADA LIMBAH TAHU
DENGAN METODE RESPONSE SURFACE

Disusun Oleh:



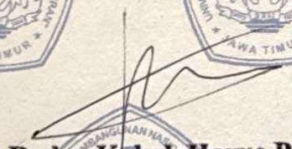
PEDRO CAESARIANO
NPM. 21034010130

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 28 Oktober 2025

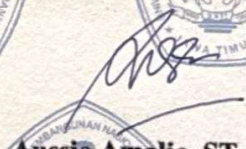
TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA



Raden Kokoh Haryo Putro ST., MT.
NIP. 19900905 201903 1 026



Aussie Amalia, ST., MSc.
NIP. 172 1992 1124 059

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Pedro Caesariano
NPM : 21034010130
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, 30 Oktober 2025

Yang Membuat Pernyataan



Pedro Caesariano
NPM 21034010130

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 **“Optimasi Limbah Tambak Garam Sebagai Koagulan Bittern Untuk Menurunkan *Total Suspended Solid*, Kekeruhan serta menetralkan pH Pada Limbah Tahu Dengan Metode *Response Surface*”** 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. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, ST., MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
3. Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. 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.
5. 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.
6. Bagas Chrisma Pratama S.T, Kemal Nadar Sabililah S.T, yang telah memberikan pemaham lebih serta motivasi dan memberikan dukungan untuk mengerjakan skripsi.

7. Fajar 21, Yudha 21, Warga Coffe Holic yang selalu menemani dan memberikan semangat selama proses pengerjaan skripsi ini hingga selesai.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan 2021 yang sudah saya anggap sebagai keluarga, terutama sahabat terdekat yang tak henti memberikan dukungan, tawa, dan semangat hingga Tugas Akhir ini terselesaikan.
9. Linkin Park terimakasih atas album Hybrid Theory dan Meteora yang telah menemani serta mewakili banyak emosi, menjadi penyemangat dalam menyelesaikan skripsi ini dari awal hingga akhir.
10. Chester Bennington terima kasih telah menjadi inspirasi karyamu bukan hanya sekadar lagu, melainkan suara bagi mereka yang berjuang dalam diam *Rest in peace legend*.
11. *Last but not least, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting.*

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian ini di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik lingkungan, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan yang Maha Esa membalas segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan oleh semua pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan dunia akademik.

Surabaya, 30 Oktober 2025

Pedro Caesariano

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
ABSTRAK	ix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Air Limbah.....	6
2.2 Baku Mutu Air Limbah.....	7
2.3 pH.....	8
2.4 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	8
2.5 Kekeruhan.....	9
2.6 Bittern	9
2.7 Aktivator	11
2.8 Koagulasi	12
2.8.1 <i>Koagulan</i>	14
2.8.2 <i>Jenis Koagulan</i>	15
2.9 Flokulasi.....	16
2.10 <i>Response Surface Methods</i>	17
2.10.1 <i>Central Composite Design (CCD)</i>	17
2.11 <i>Total Dissolved Solids (TDS)</i>	19
2.12 Salinitas.....	19

2.13 Penelitian Terdahulu	21
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Kerangka Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.2.1 Alat Penelitian.....	25
3.2.2 Bahan Penelitian.....	25
3.2.3 Variabel Penelitian	25
3.2.3.1 Variabel Tetap.....	25
3.2.3.2 Variabel Kontrol.....	26
3.2.3.3 Variabel Bebas	26
3.2.3.4 Parameter Penelitian.....	26
3.3 Prosedur Kerja	26
3.3.1 Pengujian Parameter pH	27
3.3.2 Pengujian Parameter TSS.....	27
3.3.3 Pengujian Parameter Kekerusuhan.....	28
3.3.4 Pengujian Parameter Salinitas	28
3.3.4 Pengujian Parameter TDS.....	29
3.4 Desain Reaktor.....	29
3.4.1 Lokasi Pengambilan Sampel Bittern.....	30
3.4.2 Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Cair Tahu	31
3.4.3 Lokasi Peneltian.....	31
3.5 Analisa Data.....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Hasil Penelitian	34
4.2 Pembahasan	41
4.2.1 Pengaruh Aktivator Ca(OH)_2 , KOH, NaOH, Terhadap Efektivitas Bittern.....	41
4.2.1.1 Pengaruh Aktivator Ca(OH)_2 Terhadap Penyisihan TSS & Kekerusuhan	41
4.2.1.2 Pengaruh Akivator KOH Terhadap Penyisihan TSS & Kekerusuhan...	42

4.2.1.3 Pengaruh Aktivator NaOH Terhadap Penyisihan TSS & Kekeruhan.	42
4.2.2 Pengaruh Dosis Bittern Dan Konsentrasi Aktivator Terhadap Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.	44
4.2.2.1 Pengaruh Dosis Bittern dan Konsentrasi Aktivator $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap penyisihan TSS dan Kekeruhan.....	44
4.2.2.2 Pengaruh Dosis Bittern dan Konsentrasi Aktivator KOH terhadap penyisihan TSS dan Kekeruhan.....	46
4.2.2.3 Pengaruh Dosis Bittern dan Konsentrasi Aktivator NaOH terhadap penyisihan TSS dan Kekeruhan.....	48
4.2.3 Hubungan Antara Konsentrasi $\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH, NaOH Terhadap Dosis Bittern Dan Konsentrasi Aktivator Menggunakan Response Surface Methodology.....	50
4.2.3.1 Hasil Menggunakan Response Surface Methodology aktivator NaOH	50
4.2.3.2 Hasil Menggunakan Response Surface Methodology aktivator KOH	59
4.2.3.3 Hasil Menggunakan Response Surface Methodology aktivator CaOH	67
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Industri Tahu Peraturan Gubernur Jawa Timur 73 Tahun 2013	7
Tabel 2. 2 Karakteristik Bittern dari Berbagai Kota di Indonesia	11
Tabel 2. 3 Rentang nilai tengah dari α	18
Tabel 4. 1 Hasil Analisa pH, TSS dan Kekeruhan.....	35
Tabel 4. 2 Hasil Analisa Salinitas dan TDS.....	38
Tabel 4. 3 Hasil Anova Kekeruhan Central Composite Design	51
Tabel 4. 4 Hasil Kekeruhan R-Sq	51
Tabel 4. 5 Hasil ANOVA TSS <i>Central Composite Design</i>	51
Tabel 4. 6 Hasil TSS R-Sq.....	52
Tabel 4. 7 Penyisihan TSS dan Kekeruhan Prediksi vs Aktual	54
Tabel 4. 8 Hasil Anova Kekeruhan Central Composite Design	60
Tabel 4. 9 Hasil Kekeruhan R-Sq	60
Tabel 4. 10 Hasil ANOVA TSS Central Composite Design	60
Tabel 4. 11 Hasil TSS R-Sq.....	60
Tabel 4. 12 Penyisihan TSS dan Kekeruhan Prediksi vs Aktual	63
Tabel 4. 13 Hasil Anova Kekeruhan Central Composite Design	67
Tabel 4. 14 Hasil Kekeruhan R-Sq	68
Tabel 4. 15 Hasil ANOVA TSS Central Composite Design	68
Tabel 4. 16 Hasil TSS R-Sq.....	68
Tabel 4. 17 Penyisihan TSS dan Kekeruhan Prediksi vs Aktual	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bittern.....	10
Gambar 2. 2 Desain Response Surface	18
Gambar 3. 1 Desain Reaktor Koagulasi Flokulasi dengan bittern	30
Gambar 3. 2 Reaktor Koagulasi Flokulasi dengan bittern	30
Gambar 3. 3 Lokasi Pengambilan Sampel <i>Bittern</i>	30
Gambar 3. 4 Lokasi Pengambilan Sampel Bittern.....	31
Gambar 4. 1 Grafik Penyisihan TSS & Kekeruhan dengan Dosis 50 ml dan Konsentrasi 6%.....	41
Gambar 4. 2 Grafik Penyisihan Menggunakan Aktivator $\text{Ca}(\text{OH})_2$	
a) Penyisihan TSS b) Penyisihan Kekeruhan	44
Gambar 4. 3 Grafik Penyisihan Menggunakan Aktivator KOH.....	
a) Penyisihan TSS b) Penyisihan Kekeruhan	46
Gambar 4. 4 Grafik Penyisihan Menggunakan Aktivator NaOH	
a) Penyisihan TSS b) Penyisihan Kekeruhan	48
Gambar 4. 5 Grafik Predicted vs. Actual % Removal TSS dan Kekeruhan	55
Gambar 4. 6 Countur Plot Penyisihan TSS Dan Kekeruhan	56
Gambar 4. 7 Surface Plot Penyisihan TSS Dan Kekeruhan	57
Gambar 4. 8 Hasil Optimasi Aktivator KOH Penyisihan TSS dan Kekeruhan...	58
Gambar 4. 9 Hasil Optimasi Setiap Faktor Pada Penyisihan TSS dan Kekeruhan	59
Gambar 4. 10 Grafik Predicted vs. Actual % Removal TSS dan Kekeruhan	63
Gambar 4. 11 Countur Plot Penyisihan TSS Dan Kekeruhan	64
Gambar 4. 12 Surface Plot Penyisihan TSS Dan Kekeruhan	65
Gambar 4. 13 Hasil Optimasi Aktivator KOH Penyisihan TSS dan Kekeruhan.	66
Gambar 4. 14 Hasil Optimasi Setiap Faktor Pada Penyisihan TSS dan Kekeruhan	67
Gambar 4. 15 Grafik Predicted vs. Actual % Removal TSS dan Kekeruhan	71
Gambar 4. 16 Countur Plot Penyisihan TSS Dan Kekeruhan	72
Gambar 4. 17 Surface Plot Penyisihan TSS Dan Kekeruhan	73
Gambar 4. 18 Hasil Optimasi Aktivator CaOH Penyisihan TSS dan Kekeruhan	74

Gambar 4. 19 Hasil Optimasi Setiap Faktor Pada Penyisihan TSS dan Kekeruhan	75
--	----

ABSTRAK

OPTIMASI LIMBAH TAMBAK GARAM SEBAGAI KOAGULAN BITTERN UNTUK MENURUNKAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*, KEKERUHAN SERTA MENETRALKAN pH PADA LIMBAH TAHU DENGAN METODE *RESPONSE SURFACE*

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan bittern, yaitu limbah cair hasil samping tambak garam, sebagai koagulan alternatif ramah lingkungan dalam menurunkan TSS dan kekeruhan pada limbah cair tahu. Bittern diaktivasi menggunakan tiga jenis basa kuat, yaitu Ca(OH)_2 , KOH, dan NaOH, dengan variasi dosis 40–60 mL dan konsentrasi 4–8%. Proses optimasi dilakukan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) dengan rancangan *Central Composite Design* (CCD) untuk menentukan kondisi operasi terbaik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua aktivator mampu meningkatkan kinerja bittern sebagai koagulan, dengan efektivitas berbeda pada setiap perlakuan. Aktivator NaOH memberikan hasil terbaik pada dosis 50 mL dan konsentrasi 3,17–4%, menghasilkan efisiensi penyisihan TSS sebesar 91–92% dan kekeruhan sebesar 93–95%. Aktivator KOH mencapai kondisi optimal pada dosis 50 mL dan konsentrasi 6%, dengan efisiensi TSS 87% dan kekeruhan 93%, sedangkan Ca(OH)_2 pada dosis 50 mL dan konsentrasi 6% menghasilkan penyisihan TSS 86% dan kekeruhan 85%. Berdasarkan hasil analisis jenis aktivator memiliki hubungan dengan konsentrasi, dan dosis terhadap penurunan TSS dan kekeruhan. Aktivator KOH dan Ca(OH)_2 menunjukkan pola hubungan yang lebih dipengaruhi oleh interaksi dosis dan konsentrasi. Sedangkan NaOH memiliki hubungan linier (tidak signifikan) pada konsentrasi dan kuadrat pada dosis, menandakan adanya titik optimum yang perlu diteliti lebih lanjut.

Kata Kunci: Bittern, Limbah Tahu, Ca(OH)_2 , KOH, NaOH, *Response Surface Methodology* (RSM), TSS, Kekeruhan, Koagulasi-Flokulasi.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF SALT POND WASTE AS A BITTERN COAGULANT TO REDUCE TOTAL SUSPENDED SOLID, TURBIDITY AND NEUTRALIZE pH IN TOFU WASTE USING THE RESPONSE SURFACE METHOD

This study aims to utilize bittern, a liquid waste product from salt ponds, as an environmentally friendly alternative coagulant to reduce TSS and turbidity in tofu wastewater. Bittern was activated using three types of strong bases, namely $\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH, and NaOH, with a dosage variation of 40–60 mL and a concentration of 4–8%. The optimization process was carried out using Response Surface Methodology (RSM) with a Central Composite Design (CCD) to determine the best operating conditions. The results showed that all activators were able to improve the performance of bittern as a coagulant, with different effectiveness in each treatment. The NaOH activator gave the best results at a dose of 50 mL and a concentration of 3.17–4%, resulting in TSS removal efficiency of 91–92% and turbidity of 93–95%. The KOH activator reached optimal conditions at a dose of 50 mL and a concentration of 6%, with a TSS efficiency of 87% and turbidity of 93%, while $\text{Ca}(\text{OH})_2$ at a dose of 50 mL and a concentration of 6% resulted in TSS removal of 86% and turbidity of 85%. Based on the analysis results, the type of activator has a relationship with concentration and dose in reducing TSS and turbidity. KOH and $\text{Ca}(\text{OH})_2$ activators show a relationship pattern that is more influenced by the interaction of dose and concentration. Meanwhile, NaOH has a linear relationship (not significant) at concentration and quadratic at dose, indicating the existence of an optimum point that needs further research.

Keywords: *Bittern, Tofu Wastewater ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, KOH, NaOH, Response Surface Methodology (RSM), TSS, Turbidity, Coagulation–Flocculation*