

**PENGARUH BERBAGAI JENIS KOAGULAN
TERHADAP KARAKTERISTIK *POST COAGULATION*
SLUDGE PADA PROSES KOAGULASI-FLOKULASI**

SKRIPSI



Oleh :

FADHILAH LABIBAH NURJANAH

NPM 21034010079

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

2025

**PENGARUH BERBAGAI JENIS KOAGULAN
TERHADAP KARAKTERISTIK *POST COAGULATION*
SLUDGE PADA PROSES KOAGULASI-FLOKULASI**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh :

FADHILAH LABIBAH NURJANAH

NPM: 21034010079

**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 BERBAGAI JENIS KOAGULAN
TERHADAP KARAKTERISTIK *POST COAGULATION*
SLUDGE PADA PROSES KOAGULASI-FLOKULASI**

Disusun Oleh:



Fadhillah Labibah Nurjanah

NPM. 21034010079

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 1

Desen Pembimbing 2



Dr. Olik Hendriyanto C., ST., MT.
NIP./NPT. 19750717 202121 1 007



Rizka Novembrianto, ST., MT.
NIP./NPT. 198711272025211062

Mengetahui,

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



Prof. Dr. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH BERBAGAI JENIS KOAGULAN
TERHADAP KARAKTERISTIK *POST COAGULATION*
SLUDGE PADA PROSES KOAGULASI-FLOKULASI**

Disusun Oleh:


Fadhillah Labibah Nurlanah
NPM. 21034010079

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal Media
Ilmiah Teknik Lingkungan (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

Pembimbing 1


Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT.
NIP./NPT. 19750717 202121 1 007

TIM PENGUJI
1. Ketua


Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT.
NIP./NPT. 19620501 198803 1 001

Pembimbing 2


Rizka Novembrianto, ST., MT.
NIP./NPT. 198711272025211062

2. Anggota


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

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

**PENGARUH BERBAGAI JENIS KOAGULAN
TERHADAP KARAKTERISTIK *POST COAGULATION*
SLUDGE PADA PROSES KOAGULASI-FLOKULASI**

Disusun Oleh:

Fadhilah Labibah Nurjanah

NPM. 21034010079

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 28 November 2025

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT.

NIP./NPT. 19620501 198803 1 001

Mohamad Mirwan, ST., MT.

NIP./NPT. 19760212 202121 1 004

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fadhilah Labibah Nurjanah
NPM : 21034010079
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/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, 28 November 2025

Yang Membuat pernyataan



Fadhilah Labibah Nurjanah
NPM. 21034010079

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga memungkinkan penulis untuk menyelesaikan penelitian Skripsi dengan judul “Pengaruh Berbagai Jenis Koagulan Terhadap Karakteristik *Post Coagulation Sludge* Pada Proses Koagulasi-Flokulasi”. Skripsi ini dapat tersusun atas dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terimakasih 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, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Dr. Okik Hendriyanto C., S.T., M.T. dan Bapak Rizka Novembrianto, ST., MT. selaku dosen pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan serta ilmunya dalam penyusunan Skripsi hingga selesai.
4. Bapak Ir. Tuhu Agung Rachmanto, MT. dan Bapak Mohamad Mirwan, ST., MT. selaku dosen penguji Skripsi yang telah memberikan saran dalam proses penyusunan Skripsi.
5. Ibu Restu Hikmah Ayu Murti, SST., MSc. selaku dosen wali akademik yang telah meluangkan waktunya untuk mengarahkan dan membantu proses akademik selama perkuliahan.
6. Orang tua serta keluarga penulis yang selalu mendoakan, memberikan semangat, dan dukungan secara moril maupun materi.
7. Teman-teman terdekat penulis yang telah menemani dan menjadi tempat berbagi proses, dukungan, serta semangat hingga terselesaikannya skripsi ini.

8. Seluruh teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2021 atas kerja sama dan bantuan yang turut mendukung kelancaran penyusunan skripsi ini hingga tahap akhir.
9. Seluruh pihak yang turut memberikan bantuan dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pembaca maupun pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 27 November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Parameter Kualitas Air	5
2.1.1. TSS.....	5
2.1.2. Kekerusuhan	5
2.1.3. pH.....	6
2.1.4. Warna	7
2.2. Air Limbah.....	8
2.2.1. Limbah Batik.....	8
2.2.2. Limbah Air Sungai	10
2.2.3. Limbah Industri Tahu	12

2.3.	Koagulasi-Flokulasi	14
2.3.1.	Koagulasi	15
2.3.2.	Flokulasi.....	15
2.3.3.	Faktor yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi.....	16
2.4.	Metode Jartest	17
2.5.	Koagulan Anorganik (<i>Aluminium Sulfat</i>).....	18
2.6.	Biokoagulan	20
2.6.1.	Biokoagulan (Biji Kelor).....	21
2.6.2.	Biokoagulan (Cangkang Maggot).....	23
2.7.	<i>Post Coagulation Sludge</i>	26
2.8.	SEM-EDX.....	29
2.9.	Penelitian Terdahulu.....	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		35
3.1.	Kerangka Penelitian	35
3.2.	Alat dan Bahan.....	37
3.3.	Variabel Penelitian	38
3.4.	Parameter Uji Kualitas Air	39
3.5.	Parameter Uji Lumpur.....	39
3.6.	Mekanisme Kerja	40
3.6.1.	Pembuatan Biokoagulan.....	40
3.6.2.	Penentuan Dosis Koagulan dengan Metode Jartest (Pra-jartest) ..	44
3.6.3.	Pengujian dengan Metode Jartest (SNI 19-6449-2000).....	45
3.6.4.	Pengujian <i>Sludge</i>	45
3.7.	Matriks Penelitian	47
3.8.	Jadwal Kegiatan	50

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1. Karakteristik Koagulan Alami.....	52
4.1.1. Biji Kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	52
4.1.2. Cangkang Maggot (<i>Black Soldier Fly</i>)	53
4.2. Hubungan Jenis Koagulan dan Dosis Koagulan Terhadap Kualitas Air.....	56
4.2.1. Hubungan Jenis Koagulan dan Dosis Koagulan Terhadap pH	56
4.2.2. Hubungan Jenis Koagulan dan Dosis Koagulan terhadap Kekeruhan	63
4.2.3. Hubungan Jenis Koagulan dan Dosis Koagulan terhadap TSS	75
4.2.4. Hubungan Jenis Koagulan dan Dosis Koagulan terhadap Warna .	88
4.3. Karakteristik <i>Post Coagulation Sludge</i>	100
4.3.1. Hubungan Jenis Koagulan terhadap Nilai SVI	100
4.3.2. Hubungan Jenis Koagulan terhadap Morfologi dan Komposisi Unsur <i>Sludge</i>	103
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	122
5.1. Kesimpulan	122
5.2. Saran.....	123
DAFTAR PUSTAKA	124
LAMPIRAN.....	141
Lampiran A Hasil Analisa	142
Lampiran B Perhitungan	144
Lampiran C Dokumentasi	147
Lampiran D Data Pendukung.....	152

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Gugus Fungsional dan Mekanisme dari Koagulan Alami.....	20
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	31
Tabel 3. 1 Analisis Parameter Air.....	39
Tabel 3. 2 Analisis Lumpur	40
Tabel 3. 3 Matriks Penelitian Pra-Jartest.....	47
Tabel 3. 4 Matriks Penelitian Utama.....	48
Tabel 3. 5 Kode Sampel	49
Tabel 3. 6 Jadwal Kegiatan	50
Tabel 4. 1 Hasil Proses Pembuatan Protein Aktif dari Biji Kelor	53
Tabel 4. 2 Rendemen Hasil Proses Pembuatan Kitosan Cangkang/Selongsong Maggot	53
Tabel 4. 3 Hasil Pengaruh Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Nilai pH Pada Air Sampel.....	56
Tabel 4. 4 Hasil Pengaruh Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Nilai Penyisihan Parameter Kekeruhan Pada Air Sampel	63
Tabel 4. 5 Hasil Pengaruh Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Nilai Penyisihan Parameter TSS Pada Air Sampel.....	76
Tabel 4. 6 Hasil Pengaruh Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Nilai Penyisihan Parameter Warna Pada Air Sampel	88
Tabel 4. 7 Hasil dari Berbagai Jenis Koagulan Terhadap Nilai SVI dan Kadar Air Sludge.....	101
Tabel 4. 8 Persentase Komposisi Unsur dalam Sludge Sungai Jagir pada Masing-Masing Koagulan	106
Tabel 4. 9 Persentase Komposisi Unsur dalam Sludge Limbah Tahu pada Masing-Masing Koagulan	111
Tabel 4. 10 Persentase Komposisi Unsur dalam Sludge Limbah Batik pada Masing-Masing Koagulan	117
Tabel A. 1 Hasil Analisa Nilai TSS	142
Tabel A. 2 Hasil Analisa Kadar Air	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses pembuatan batik dan sumber limbah	9
Gambar 2. 2 Proses produksi dan limbah industri tahu	13
Gambar 2. 3 Alumunium sulfat (tawas)	18
Gambar 2. 4 Moringa oleifera	21
Gambar 2. 5 Mekanisme Protein Kationik pada Biji Kelor dalam Proses Koagulasi Flokulasi	23
Gambar 2. 6 Siklus Hidup Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i>)	24
Gambar 2. 7 SEM dari (a) <i>C. obtusifolia</i> flocs dan (b) alum flocs	30
Gambar 3. 1 Alur Pembuatan BCM	40
Gambar 3. 2 Alur Pembuatan Biokoagulan Biji Kelor	43
Gambar 3. 3 Penentuan Dosis Pada Pra-Jartest	44
Gambar 3. 4 Penentuan Dosis Pada Tiap Air Baku	45
Gambar 4. 1 Tahapan Proses Pembuatan Koagulan Biji Kelor (a) Persiapan Bahan Baku dan Pembersihan (b) Pengeringan (c) Penghalusan dan pengayakan (d) Ekstraksi Minyak (e) Ekstraksi Protein (f) Larutan Koagulan Biji Kelor	52
Gambar 4. 2 Tahapan Proses Pembuatan Koagulan Cangkang Maggot (a) Persiapan Bahan Baku (b) Pengeringan (c) Pengayakan (d) Deproteinasi (e) Demineralisasi (f) Deasetilasi	55
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap pH Air Sungai	58
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap pH Limbah Tahu	60
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap pH Limbah Batik	61
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Kekeruhan pada Air Sungai	66
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Kekeruhan pada Limbah Tahu	70
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Kekeruhan pada Limbah Batik	72
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS pada Air Sungai	78

Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS pada Limbah Tahu	81
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS pada Limbah Batik.....	84
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Warna pada Air Sungai	91
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Warna pada Limbah Tahu	94
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Antara Jenis dan Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Warna pada Limbah Batik	97
Gambar 4. 15 Morfologi Sludge dari (a) Tawas dengan Perbesaran 7500x (b) Biji Kelor dengan Perbesaran 50000x (c) Cangkang Maggot dengan Perbesaran 10000 Pada Sampel Sungai Jagir	104
Gambar 4. 16 Spektrum EDX Sludge Air Sungai Menggunakan Koagulan Tawas	105
Gambar 4. 17 Spektrum EDX Sludge Air Sungai Menggunakan Koagulan Biji Kelor.....	106
Gambar 4. 18 Spektrum EDX Sludge Air Sungai Menggunakan Koagulan Cangkang Maggot.....	106
Gambar 4. 19 Morfologi Sludge dari (a) Tawas dengan Perbesaran 5000x (b) Biji Kelor dengan Perbesaran 1000x (c) Cangkang Maggot dengan Perbesaran 1000x Pada Sampel Limbah Tahu.....	109
Gambar 4. 20 Spektrum EDX Sludge Limbah Tahu Menggunakan Koagulan Tawas	110
Gambar 4. 21 Spektrum EDX Sludge Limbah Tahu Menggunakan Koagulan Biji Kelor.....	111
Gambar 4. 22 Spektrum EDX Sludge Limbah Tahu Menggunakan Koagulan Cangkang Maggot.....	111
Gambar 4. 23 Morfologi Sludge dari (a) Tawas dengan Perbesaran 3000x (b) Biji Kelor dengan Perbesaran 15000x (c) Cangkang Maggot dengan Perbesaran 8000x Pada Sampel Limbah Batik.....	114

Gambar 4. 24 Spektrum EDX Sludge Limbah Batik Menggunakan Koagulan Tawas	116
Gambar 4. 25 Spektrum EDX Sludge Limbah Batik Menggunakan Koagulan Biji Kelor.....	116
Gambar 4. 26 Spektrum EDX Sludge Limbah Batik Menggunakan Koagulan Cangkang Maggot	117

ABSTRAK

Koagulasi-flokulasi merupakan metode yang sering digunakan dalam pengolahan air, namun penggunaan tawas sebagai koagulan anorganik berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja koagulan alami yaitu biji kelor dan cangkang maggot dibandingkan tawas, baik terhadap kualitas air maupun karakteristik *post coagulation sludge* (PCS). Metode penelitian menggunakan uji jar test pada tiga jenis sampel, yaitu air sungai, limbah cair tahu, dan limbah cair batik. Parameter kualitas air yang diuji meliputi pH, kekeruhan, TSS, dan warna, sedangkan karakterisasi lumpur pada kondisi optimum dianalisis melalui *Sludge Volume Index* (SVI) dan komposisi unsur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap koagulan memiliki keunggulan yang berbeda. Biji kelor paling efektif pada air sungai dengan efisiensi penyisihan kekeruhan 98,99%, TSS 90,91%, dan warna 96,20% pada dosis 50 mg/L. Tawas menunjukkan efisiensi paling tinggi pada air sungai dengan kekeruhan 98,99%, TSS 81,82% dan warna 99,11% pada dosis 150 mg/L, sedangkan cangkang maggot terbaik pada limbah batik dengan kekeruhan 99,67%, TSS 99,61%, dan warna 98,55% pada dosis 100 mg/L. Untuk nilai SVI bervariasi tergantung jenis sampel, dan kadar air *sludge* masih tinggi (>90%) yang memerlukan pengolahan lanjutan. Sedangkan komposisi lumpur menunjukkan bahwa cangkang maggot didominasi oleh unsur C, O, Si, Fe, dan Zn, serta biji kelor didominasi C, O, dan Si, sedangkan tawas didominasi oleh Al, Si, O, dan P. Hasil ini menunjukkan koagulan alami berpotensi sebagai alternatif koagulan yang lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci : Koagulasi Flokulasi, Biji Kelor, Cangkang Maggot, Kualitas Air, *Post Coagulation Sludge*

ABSTRACT

Coagulation-flocculation is a method often used in water treatment, but the use of alum as an inorganic coagulant has the potential to cause environmental impacts. This study aims to evaluate the performance of natural coagulants, namely moringa seeds and maggot shells compared to alum, both on water quality and post-coagulation sludge (PCS) characteristics. The research method used a jar test on three types of samples, namely river water, tofu wastewater, and batik wastewater. Water quality parameters tested included pH, turbidity, TSS, and color, while sludge characterization under optimum conditions was analyzed through the Sludge Volume Index (SVI) and elemental composition. The results showed that each coagulant had different advantages. Moringa seeds were the most effective in river water with a turbidity removal efficiency of 98.99%, TSS 90.91%, and color 96.20% at a dose of 50 mg/L. Alum showed the highest efficiency in river water with 98.99% turbidity, 81.82% TSS and 99.11% color at a dose of 150 mg/L, while the best maggot shells were in batik waste with 99.67% turbidity, 99.61% TSS, and 98.55% color at a dose of 100 mg/L. For SVI values vary depending on the type of sample, and the moisture content of the sludge is still high (>90%), requiring further treatment. Meanwhile the composition of the sludge shows that maggot shells are dominated by C, O, Si, Fe, and Zn elements, and moringa seeds are dominated by C, O, and Si, while alum is dominated by Al, Si, O, P. These results indicate that natural coagulants have the potential as a more environmentally friendly alternative coagulant.

Keywords: *Coagulation Flocculation, Moringa Seeds, Maggot Shells, Water Quality, Post Coagulation Sludge*