

**KARAKTERISASI NANOPARTIKEL FLOK
PADA KONDISI OPTIMUM MENGGUNAKAN
BIOKOAGULAN**

SKRIPSI



Oleh :

MUHAMMAD RIZKY FIRMANSYAH

NPM 21034010068

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

**KARAKTERISASI NANOPARTIKEL FLOK
PADA KONDISI OPTIMUM MENGGUNAKAN
BIOKOAGULAN**

SKRIPSI



Oleh :

MUHAMMAD RIZKY FIRMANSYAH

NPM 21034010068

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

2025

**KARAKTERISASI NANOPARTIKEL FLOK
PADA KONDISI OPTIMUM MENGGUNAKAN
BIOKOAGULAN**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh

MUHAMMAD RIZKY FIRMANSYAH

NPM: 21034010068

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**KARAKTERISASI NANOPARTIKEL FLOK
PADA KONDISI OPTIMUM MENGGUNAKAN
BIOKOAGULAN**

Disusun Oleh:

Muhammad Rizky Firmansyah

NPM. 21034010068

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing

Dr. Okik Hendriyanto C., ST., MT.

NIP./NPT. 19750717/202121 1 007

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
KARAKTERISASI NANOPARTIKEL FLOK
PADA KONDISI OPTIMUM MENGGUNAKAN
BIOKOAGULAN

Disusun Oleh:

Muhammad Rizky Firmansyah
NPM. 21034010068

Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal Ilmu
Alam dan Lingkungan (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui

TIM PENGUJI
1. Ketua

Pembimbing

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

Prof. Euis Nurul Hidayah, MT, PhD
NIP./NPT. 19771023 202121 2 004

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

LEMBAR REVISI
KARAKTERISASI NANOPARTIKEL FLOK
PADA KONDISI OPTIMUM MENGGUNAKAN
BIOKOAGULAN

Disusun Oleh:

Muhammad Rizky Firmansyah
NPM. 21034010068

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal **Oktober 2025**

TIM PENILAI

KETUA

ANGGOTA

Prof. Euis Nurul Hidayah, MT, PhD
NIP./NPT. 19771023 202121 2 004

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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Rizky Firmansyah
NPM : 21034010068
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 Oktober 2025

Yang Membuat Pernyataan



Muhammad Rizky Firmansyah
NPM 21034010068

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa atas limpahan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakterisasi Nanopartikel Flok Pada Kondisi Optimum Menggunakan Biokoagulan”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas cangkang maggot sebagai *animal based biocoagulant*, biji kelor sebagai *plant based biocoagulant* dan koagulan tawas sebagai pembanding dalam menurunkan kadar *Total Suspended Solids* (TSS), kekeruhan dan warna pada air Sungai Jagir, limbah cair industri tahu dan limbah cair industri batik. Selain itu, hasil setiap variasi yang paling optimum diambil untuk mengetahui karakteristik flok yang dihasilkan. Harapannya, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi ramah lingkungan yang tepat untuk mengolah air baku dan air limbah serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Dalam penyusunan skripsi ini, Penulis banyak memperoleh bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan rasa terima kasih yang mendalam, Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Dr. Okik Hendriyanto Cahyonugroho., S T., M T. selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Prof. Euis Nurul Hidayah, M.T., PhD. selaku dosen penguji 1 yang dengan penuh kesabaran memberikan masukan dan saran dalam penelitian ini.

5. Mohamad Mirwan, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan masukan dan saran dalam penelitian ini.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains UPN "Veteran" Jawa Timur, yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang sangat berharga selama masa perkuliahan.
7. Keluarga tercinta, yang selalu memberikan dukungan moral, materiil, dan doa yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Yolanda Aprian Redatu Putri, yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas pengertian, doa, serta dorongan yang tulus, yang menjadi sumber kekuatan bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini dengan sebaik-baiknya.
9. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 21, yang selalu memberikan semangat, bantuan, dan kebersamaan selama masa penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Penulis 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, 16 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
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 Batasan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Air.....	5
2.1.1 Limbah Cair Industri Tahu.....	5
2.1.2 Limbah Cair Industri Batik	7
2.1.3 Air Sungai Jagir	9
2.2 Parameter Air	11
2.2.1 Kekeruhan	12
2.2.2 <i>Total Suspended Solids (TSS)</i>	12
2.2.3 pH.....	13
2.2.4 Warna	13
2.3 Koagulasi Flokulasi	14
2.3.1 Koagulasi	14

2.3.2	Flokulasi	16
2.3.3	Faktor Keberhasilan Proses Koagulasi Flokulasi.....	16
2.4	Partikel Koloid	18
2.5	Karakteristik Flok.....	21
2.5.1	Zeta Potensial	21
2.5.2	Ukuran Partikel (<i>Particle Size</i>)	25
2.6	Biokoagulan.....	27
2.7.1	Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>)	28
2.7.2	Maggot <i>Black Soldier Fly</i> (<i>Hemertia illucens</i>)	31
2.7	Koagulan Tawas (Alum)	33
2.8	Penelitian Terdahulu.....	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		40
3.1	Kerangka Penelitian	40
3.2	Alat dan Bahan	42
3.2.1	Alat Penelitian.....	42
3.2.2	Bahan Penelitian.....	43
3.3	Variabel Penelitian	43
3.3.1	Variabel Tetap.....	43
3.3.2	Variabel Bebas	43
3.3.3	Variabel Terikat	44
3.4	Parameter Uji.....	44
3.5	Matriks Penelitian.....	45
3.6	Mekanisme Kerja	47
3.7	Jadwal Kegiatan	52
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		54

4.1	Karakteristik Berbagai Jenis Air	54
4.2	Penentuan Dosis Optimum Biokoagulan dan Koagulan	55
4.3	Kemampuan Berbagai Jenis Biokoagulan dalam Pengolahan Air Sungai Jagir	56
4.3.1	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap pH.....	57
4.3.2	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Kekeruhan.....	59
4.3.3	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap TSS.....	60
4.3.4	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Warna.....	62
4.3.5	Kinerja Tiap Koagulan pada Karakteristik Air Sungai Jagir	65
4.3.6	Perbandingan Koagulan dengan Biokoagulan dalam Pengolahan Air Sungai Jagir.....	67
4.4	Kemampuan Berbagai Jenis Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu	71
4.4.1	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap pH.....	71
4.4.2	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Kekeruhan.....	73
4.4.3	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap TSS.....	76
4.4.4	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Warna.....	78
4.4.5	Kinerja Koagulan pada Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu..	81
4.4.6	Perbandingan Koagulan dengan Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu	83
4.5	Kemampuan Berbagai Jenis Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Batik	87
4.5.1	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap pH.....	88
4.5.2	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Kekeruhan.....	90
4.5.3	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap TSS.....	92
4.5.4	Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Warna.....	94

4.5.5	Kinerja Koagulan pada Karakteristik Limbah Cair Industri Batik .	97
4.5.6	Perbandingan Koagulan dengan Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Batik	99
4.6	Hasil Pengujian Karakteristik Flok Menggunakan Biokoagulan Cangang Maggot (BCM)	103
4.6.1	Karakteristik Flok Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan BCM	103
4.6.2	Karakteristik Flok Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan BCM.....	105
4.6.3	Karakteristik Flok Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan BCM.....	107
4.7	Hasil Pengujian Karakteristik Flok Menggunakan Biokoagulan Biji Kelor (BBK)	109
4.7.1	Karakteristik Flok Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan BBK	109
4.7.2	Karakteristik Flok Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan BBK	111
4.7.3	Karakteristik Flok Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan BBK	113
4.8	Hasil Pengujian Karakteristik Flok Menggunakan Koagulan Tawas ..	115
4.8.1	Karakteristik Flok Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan Tawas	115
4.8.2	Karakteristik Flok Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tawas	117
4.8.3	Karakteristik Flok Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Tawas	120
4.9	Uji ANOVA <i>One Way</i> Terhadap Karakteristik Flok	122

4.9.1	Uji ANOVA <i>One Way</i> pada Ukuran Partikel	122
4.9.2	Uji ANOVA <i>One Way</i> pada Zeta Potensial	123
4.10	Uji Korelasi Zeta Potensial dan Ukuran Partikel dengan %Penurunan Kekeruhan, TSS dan Warna	124
4.11	Ringkasan Temuan Berdasarkan Parameter Uji.....	126
4.11.1	Efektivitas Biokoagulan dalam Pengolahan Air Sungai Jagir	126
4.11.2	Efektivitas Koagulan dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu 126	
4.11.3	Efektivitas Biokoagulan dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Batik 126	
4.11.4	Karakteristik Flok yang Dihasilkan Menggunakan BCM, BBK dan Tawas 127	
4.11.5	Hubungan Antara Pengaruh Kualitas Air dengan Pengaruh Karakteristik Flok	127
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		129
5.1	Kesimpulan.....	129
5.2	Saran.....	129
DAFTAR PUSTAKA		131
LAMPIRAN.....		143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Produksi Pengolahan Tahu	5
Gambar 2. 2 Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah Industri Tahu	7
Gambar 2. 3 Sumber Limbah Industri Batik	8
Gambar 2. 4 Lokasi Pengambilan Sampel Air Limbah Industri Batik.....	9
Gambar 2. 5 Lokasi Pengambilan Sampel Air Sungai Jagir	11
Gambar 2. 6 Rentang Ukuran Penghilangan Partikel Dalam Proses Koagulasi .	15
Gambar 2. 7 Partikel koloid yang menunjukkan: (a) permukaan koloid bermuatan negatif (b) koloid dengan ion lawan positif yang terdiri dari lapisan tetap (Stern); dan (c) lapisan difus (Gouy-Chapman)	19
Gambar 2. 8 (a) Lapisan Stern dan ion lawan yang tersebar dalam larutan ionik encer. (b) Lapisan Stern dan ion lawan yang tersebar dalam larutan ionik pekat. (c) Lapisan Stern dengan ion lawan trivalen yang mengurangi potensial permukaan. (d) Potensial elektrostatik.....	20
Gambar 2. 9 Electrical Double Layer	22
Gambar 2. 10 Net Potential of Colloid	23
Gambar 2. 11 Biji Kelor	28
Gambar 2. 12 Mekanisme Koagulasi Biokoagulan Biji Kelor	30
Gambar 2. 13 Siklus Hidup Black Soldier Fly	32
Gambar 2. 14 Contoh gumpalan alum (a) Gumpalan alum dengan partikel yang saling terkait dan diatom berukuran 100 mm; (b) Gumpalan alum terpisah dengan partikel yang saling terkait dan diatom berukuran 50 mm.....	36
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	42
Gambar 3. 2 Matriks Penelitian	45
Gambar 3. 3 Alur Pembuatan BCM	47
Gambar 3. 4 Alur Pembuatan BBK	49
Gambar 3. 5 Penentuan Dosis Koagulan Pada Sampel Air Terkeruh	51
Gambar 3. 6 Pengujian Dosis Optimum BCM, BBK dan Tawas Pada Tiap Kondisi Air.....	52
Gambar 4. 1 Penentuan Dosis Optimum Koagulan dan Biokoagulan	55

Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap pH pada Air Sungai Jagir	57
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Kekeruhan pada Air Sungai Jagir	59
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap TSS pada Air Sungai Jagir	61
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Warna pada Air Sungai Jagir	63
Gambar 4. 6 Kinerja Biokoagulan Cangkang Maggot pada Air Sungai Jagir	65
Gambar 4. 7 Kinerja Biokoagulan Biji Kelor pada Air Sungai Jagir	66
Gambar 4. 8 Kinerja Koagulan Tawas pada Air Sungai Jagir.....	67
Gambar 4. 9 Hasil Uji ANOVA One Way Kekeruhan Air Sungai	67
Gambar 4. 10 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD Kekeruhan Air Sungai	68
Gambar 4. 11 Hasil Uji ANOVA One Way TSS Air Sungai.....	69
Gambar 4. 12 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD TSS Air Sungai.....	69
Gambar 4. 13 Hasil Uji ANOVA One Way Warna Air Sungai	70
Gambar 4. 14 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD Warna Air Sungai	70
Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap pH pada Limbah Cair Industri Tahu Bohar	72
Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Kekeruhan pada Limbah Cair Industri Tahu Bohar	74
Gambar 4. 17 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Total Suspended Solids pada Limbah Cair Industri Tahu Bohar	76
Gambar 4. 18 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Warna pada Limbah Cair Industri Tahu Bohar	79
Gambar 4. 19 Kinerja Biokoagulan Cangkang Maggot pada Limbah Cair Industri Tahu.....	81
Gambar 4. 20 Kinerja Biokoagulan Biji Kelor pada Limbah Cair Industri Tahu	82
Gambar 4. 21 Kinerja Koagulan Tawas pada Limbah Cair Industri Tahu.....	83
Gambar 4. 22 Hasil Uji ANOVA One Way Kekeruhan Limbah Cair Industri Tahu.....	83

Gambar 4. 23 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD Kekeruhan Limbah Cair Industri Tahu.....	84
Gambar 4. 24 Hasil Uji ANOVA One Way TSS Limbah Cair Industri Tahu	85
Gambar 4. 25 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD TSS Limbah Cair Industri Tahu	85
Gambar 4. 26 Hasil Uji ANOVA One Way Warna Limbah Cair Industri Tahu	86
Gambar 4. 27 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD Warna Limbah Cair Industri Tahu	86
Gambar 4. 28 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap pH pada Limbah Cair Industri Batik	88
Gambar 4. 29 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Kekeruhan pada Limbah Cair Industri Batik.....	91
Gambar 4. 30 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Total Suspended Solids pada Limbah Cair Industri Batik	93
Gambar 4. 31 Grafik Pengaruh Variasi Jenis Koagulan Terhadap Warna pada Limbah Cair Industri Batik	95
Gambar 4. 32 Kinerja Biokoagulan Cangkang Maggot pada Limbah Cair Industri Batik	97
Gambar 4. 33 Kinerja Biokoagulan Biji Kelor pada Limbah Cair Industri Batik88	
Gambar 4. 34 Kinerja Koagulan Tawas pada Limbah Cair Industri Batik	99
Gambar 4. 35 Hasil Uji ANOVA One Way Kekeruhan Limbah Cair Industri Batik	99
Gambar 4. 36 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD Kekeruhan Limbah Cair Industri Batik	100
Gambar 4. 37 Hasil Uji ANOVA One Way TSS Limbah Cair Industri Batik..	101
Gambar 4. 38 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD TSS Limbah Cair Industri Batik..	101
Gambar 4. 39 Hasil Uji ANOVA One Way Warna Limbah Cair Industri Batik	102
Gambar 4. 40 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD Warna Limbah Cair Industri Batik	102
Gambar 4. 41 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan BCM.....	103

Gambar 4. 42 Hasil Pengujian Zeta Potensial Flok Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan BCM.....	104
Gambar 4. 43 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan BCM.....	105
Gambar 4. 44 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan BCM.....	106
Gambar 4. 45 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan BCM.....	107
Gambar 4. 46 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan BCM.....	108
Gambar 4. 47 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan BBK.....	109
Gambar 4. 48 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan BBK.....	110
Gambar 4. 49 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan BBK.....	111
Gambar 4. 50 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan BBK.....	112
Gambar 4. 51 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan BBK.....	113
Gambar 4. 52 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan BBK.....	114
Gambar 4. 53 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan Tawas	115
Gambar 4. 54 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Air Sungai Jagir Menggunakan Tawas	116
Gambar 4. 55 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tawas	118
Gambar 4. 56 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Tawas	119

Gambar 4. 57 Hasil Pengujian Ukuran Flok Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Tawas	120
Gambar 4. 58 Hasil Pengujian Zeta Potensial Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Tawas	121
Gambar 4. 59 Hasil Uji ANOVA One Way pada Ukuran Partikel	122
Gambar 4. 60 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD pada Ukuran Partikel	122
Gambar 4. 61 Hasil Uji ANOVA One Way pada Zeta Potensial	123
Gambar 4. 62 Hasil Uji Lanjut Tukey HSD pada Zeta Potensial	123
Gambar 4. 63 Korelasi Antara Pengaruh Kualitas Air dengan Pengaruh Karakteristik Flok.....	125

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Tahu	6
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Industri Batik	8
Tabel 2. 3 Parameter Pencemar pada Sungai Jagir.....	10
Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya	10
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu.....	36
Tabel 3. 1 Parameter Uji.....	44
Tabel 3. 2 Kode Sampel	46
Tabel 3. 3 Hasil Uji Awal Sampel Air	50
Tabel 3. 4 Jadwal Kegiatan	52
Tabel 4. 1 Karakteristik Awal Berbagai Jenis Air.....	54

ABSTRAK

Pencemaran air akibat limbah industri dan aktivitas domestik menuntut adanya teknologi pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas biokoagulan cangkang maggot *Black Soldier Fly* (BSF) dan biji kelor dibandingkan dengan koagulan komersial tawas dalam menurunkan *Total Suspended Solids* (TSS), kekeruhan, warna, dan pH pada air Sungai Jagir, limbah cair industri tahu, dan limbah cair industri batik melalui proses koagulasi–flokulasi. Selain itu, penelitian ini mengkaji karakteristik flok yang dihasilkan pada kondisi optimum menggunakan analisis zeta potensial dan distribusi ukuran partikel berbasis *Dynamic Light Scattering* (DLS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biokoagulan cangkang maggot pada dosis 100 mg/L mampu menurunkan TSS hingga 95,45%, kekeruhan 98,47%, dan warna 96,43% pada air Sungai Jagir dengan pH akhir 6,8 serta menghasilkan flok dengan ukuran rata-rata 3.222,7 nm. Biji kelor pada dosis optimum 50 mg/L menunjukkan penurunan TSS 72,72%, kekeruhan 98,61%, dan warna 96,20% dengan ukuran flok homogen sebesar 66.051,09 nm. Koagulan tawas sebagai pembanding pada dosis 150 mg/L menurunkan TSS 81,82%, kekeruhan 98,99%, dan warna 99,11% dengan ukuran flok 11.933,29 nm. Pada limbah tahu, biji kelor menunjukkan kinerja terbaik dengan penurunan TSS 96,31%, kekeruhan 82,04%, dan warna 97,27%, sementara pada limbah batik cangkang maggot menunjukkan penurunan kekeruhan signifikan 97,17% tetapi hanya mampu menurunkan warna sebesar 21,18%. Analisis zeta potensial pada ketiga variasi menunjukkan nilai yang mendekati netral, menandakan terjadinya destabilisasi partikel koloid dan pembentukan flok yang efektif. Hasil ini membuktikan bahwa biokoagulan, khususnya biji kelor, berpotensi menjadi alternatif koagulan ramah lingkungan dengan efektivitas mendekati koagulan kimia, meskipun optimasi dosis masih diperlukan terutama untuk limbah dengan kandungan warna tinggi.

Kata Kunci: Biokoagulan, Cangkang Maggot, Biji Kelor, Zeta Potensial, Distribusi Ukuran Partikel.

ABSTRACT

Water pollution caused by industrial waste and domestic activities requires effective and environmentally friendly treatment technologies. This study aims to evaluate the effectiveness of Black Soldier Fly (BSF) maggot shell and moringa seed bio-coagulants compared to commercial alum coagulants in reducing Total Suspended Solids (TSS), turbidity, color, and pH in Jagir River water, industrial tofu wastewater, and industrial batik wastewater through coagulation-flocculation processes. Additionally, this study examines the characteristics of the flocs produced under optimal conditions using zeta potential analysis and particle size distribution based on Dynamic Light Scattering (DLS). The results showed that maggot shell bio-coagulant at a dose of 100 mg/L was able to reduce TSS by 95.45%, turbidity by 98.47%, and color by 96.43% in Jagir River water with a final pH of 6.8 and produced flocs with an average size of 3,222.7 nm. Moringa seeds at an optimal dose of 50 mg/L showed a reduction in TSS of 72.72%, turbidity of 98.61%, and color of 96.20% with a homogeneous floc size of 66,051.09 nm. Alum coagulant as a comparison at a dose of 150 mg/L reduced TSS by 81.82%, turbidity by 98.99%, and color by 99.11% with a floc size of 11,933.29 nm. In tofu waste, moringa seeds showed the best performance with a reduction in TSS of 96.31%, turbidity of 82.04%, and color of 97.27%, while in batik waste, maggot shells showed a significant reduction in turbidity of 97.17% but were only able to reduce color by 21.18%. Zeta potential analysis of the three variations showed values close to neutral, indicating the destabilization of colloidal particles and effective floc formation. These results prove that bio-coagulants, especially moringa seeds, have the potential to be an environmentally friendly coagulant alternative with effectiveness close to that of chemical coagulants, although dose optimization is still needed, especially for wastewater with high color content.

Keywords: Bio-coagulant, Maggot Shells, Moringa Seeds, Zeta Potential, Particle Size Distribution.