

**PEMANFAATAN SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR
LIMBAH PENATU**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**CUT HIDAYATUL MUNAR
NIM. 180702003
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR
LIMBAH PENATU**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan Oleh:
Cut Hidayatul Munar
NIM. 180702003
Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Disetujui untuk dimunaqasyahkan oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

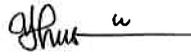

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.

NIDN. 2002028301


Juliansyah Harahap, M.Sc.

NIDN. 2031078204

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Husnawati Yahya, M.Sc.

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN SERBUK BIJI KELOR (*Moringa oleifera*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR
LIMBAH PENATU**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 03 Januari 2023
10 Jumadil Akhir 1444

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris,



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301

Juliansyah Harahap, M.Sc
NIDN. 2031078204

Penguji I,

Penguji II,



Syafrina Sari Lubis, M.Si
NIDN. 2025048003

Ir. Bahagia Ishak, M.T., IPM
NIDN. 1310078201

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cut Hidayatul Munar
NIM : 180702003
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Penatu

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 03 Januari 2023

Yang Menyatakan



Cut Hidayatul Munar

ABSTRAK

Nama : Cut Hidayatul Munar
NIM : 180702003
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemanfaatan Serbuk Biji Kelor (*Moringa oleifera*)
Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah
Penatu
Tanggal Sidang : 03 Januari 2023
Jumlah Halaman : 68
Pembimbing I : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
Pembimbing II : Juliansyah Harahap, M.Sc
Kata Kunci : Biokoagulan, Serbuk Biji Kelor, Dosis Optimum, Air
Limbah Penatu

Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah penatu akan mempengaruhi kualitas air yang berada di lingkungannya apabila tidak dilakukan pengolahan. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk biji kelor sebagai koagulan. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh variasi dosis optimum serbuk biji kelor (*Moringa oleifera*) serta efisiensinya untuk menurunkan parameter COD, TSS, pH, dan turbiditas. Variasi dosis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 0 gram, 0,01 gram, 0,05 gram, 0,1 gram, 0,3 gram, 0,5 gram, 0,7 gram, 0,9 gram, dan 1,2 gram. Setelah dilakukan penelitian, hasil menunjukkan bahwa pengaruh dosis optimum biokoagulan serbuk biji kelor terhadap penurunan parameter COD terjadi pada dosis 0,01 gram sebesar 88,82%, TSS terjadi pada dosis 0,01 gram sebesar 70,00%, pH terjadi pada dosis 1,2 g sebesar 8,4 yang bersifat basa, dan turbiditas terjadi pada dosis 0,01 gram sebesar 49 NTU. Dapat dilihat bahwa metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan serbuk biji kelor dapat menjadi salah satu solusi dalam pengolahan air limbah penatu.

ABSTRACT

Name : Cut Hidayataul Munar
Student Number : 180702003
Majoring : Environmental Engineering
Title : Utilization of Moringa Seed Powder as a Biocoagulant in
Laundry Wastewater Treatment
Date of Trial : 03 January 2023
Number of Page : 68
Supervisor I : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
Supervisor II : Juliansyah Harahap, M.Sc
Keyword : Biocoagulant, Moringa Seed Powder, Optimum Dosage,
Laundry Wastewater

Environmental pollution caused by laundry wastewater will affect the quality of water in the environment if it is not treated. This research was conducted using the coagulation-flocculation method using moringa seed powder as a coagulant. The objective of this research is to investigate the effect of variations in the optimum dosage of moringa seed powder (*Moringa oleifera*) and its efficiency in reducing COD, TSS, pH and turbidity parameters. Variations in coagulant doses used in this study were 0 gram, 0,01 gram, 0,05 gram, 0,1 gram, 0,3 gram, 0,5 gram, 0,7 gram, 0,9 gram, and 1,2 gram. After conducting the research, the results showed that the effect of the optimum doses of moringa seed powder biocoagulant on decreasing COD parameters occurred at the doses of 0,01 gram of 88,82%, TSS occurred at a dose of 0,01 gram of 7,00%, pH occurred at the doses of 1,2 g of 8,4 which is alkaline, and turbidity occurred at the doses of 0,01 gram of 49 NTU. It can be seen that the coagulation-flocculation method using moringa seed powder coagulant can be one of the solutions in washing wastewater treatment.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT Sang Maha Pencipta. Karena dengan rahmat dan izin Allah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Pemanfaatan Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Air Limbah Penatu”**. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat serta para pengikut pada jalan Allah.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari penyusunan Tugas Akhir ini dapat selesai karena adanya bantuan dari berbagai pihak baik berupa moral maupun materi yang mendorong semangat penulis sehingga Tugas Akhir ini terwujud dengan tepat waktu. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Ayahnda T. Rosman, S.Sos serta Ibunda Alfitriah, selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan serta semangat dalam penyusunan tugas akhir ini. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan sekaligus Dosen Wali peneliti atas ilmu, bimbingan dan arahan yang bapak berikan selama peneliti menjalani perkuliahan.
4. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir dari awal hingga akhir. Terima kasih atas segala bantuan yang bapak berikan, semoga bapak selalu dilimpahkan kesehatan, kemudahan dan selalu dalam lindungan-Nya. Rasa hormat dan bangga peneliti bisa berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan bapak.

5. Bapak Juliansyah Harahap, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan serta motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas segala bantuan yang bapak berikan, semoga bapak selalu dilimpahkan kesehatan, kemudahan dan selalu dalam lindungan-Nya. Rasa hormat dan bangga peneliti bisa berkesempatan menjadi mahasiswa bimbingan bapak.
6. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama perkuliahan. Semoga bapak dan ibu selalu dilimpahkan kesehatan, kemudahan, dan selalu dalam lindungan-Nya.
7. Seluruh staf Tata Usaha Prodi, Fakultas, dan Perpustakaan Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah membantu dan memudahkan segala urusan administrasi peneliti selama berkuliah di Prodi Teknik Lingkungan.
8. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu dalam proses penyusunan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas doa dan keikhlasannya. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dari segi tulisan maupun isi tulisan di dalamnya. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat di harapkan demi kesempurnaan. Semoga Allah selalu meridhai dan melimpahkan ilmu kepada kita semua serta mengharapakan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan penulis khususnya.

Banda Aceh, 07 Desember 2022

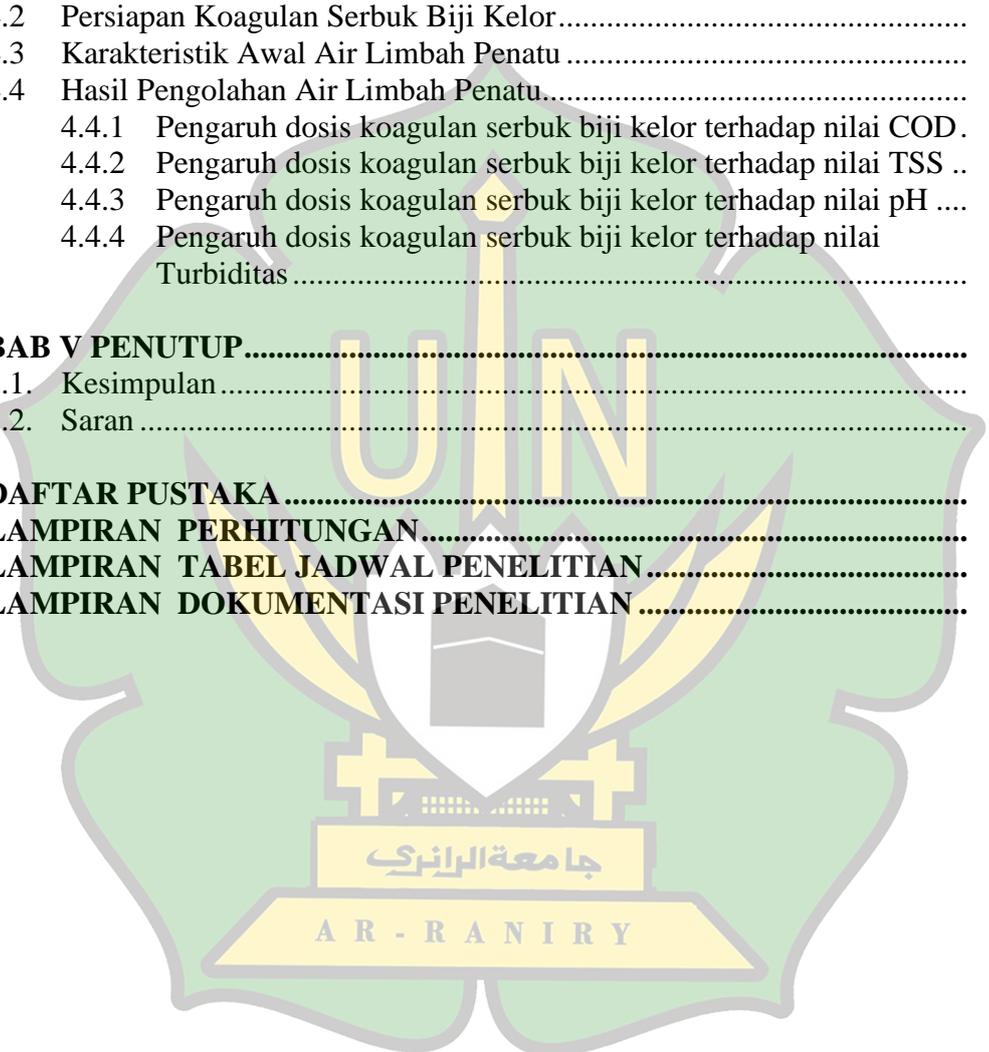
Penulis,

Cut Hidayatul Munar

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian.....	3
I.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Limbah.....	5
2.2 Air Limbah Penatu.....	6
2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	7
2.4 Dampak Pembuangan Air Limbah Penatu.....	8
2.5 Pengolahan Air Limbah Penatu.....	9
2.5.1 Koagulasi dan Flokulasi.....	9
2.5.2 Jenis Koagulan.....	10
2.5.3 Biokoagulan.....	11
2.6 Parameter Analisa.....	12
2.6.1 COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	12
2.6.2 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	12
2.6.3 pH.....	13
2.6.4 Turbiditas.....	13
2.7 Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>).....	14
2.8 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tahapan Umum Penelitian.....	17
3.2 Pengambilan Sampel.....	19
3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	19
3.3 Alat dan Bahan.....	19
3.3.1 Alat.....	19
3.3.2 Bahan.....	19
3.4 Metode Pengambilan Sampel.....	20
3.5 Proses Koagulasi.....	20
3.5.1 Persiapan Biokoagulan.....	20
3.5.2 Pengujian Biokoagulan.....	21

3.6	Pengujian Sampel	21
3.6.1	Pengujian COD	21
3.6.2	Pengukuran TSS	21
3.6.3	Pengujian pH.....	22
3.6.4	Pengujian Turbiditas	23
3.1	Analisis Data.....	23
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Proses Pengambilan Air Limbah Penatu	25
4.2	Persiapan Koagulan Serbuk Biji Kelor.....	25
4.3	Karakteristik Awal Air Limbah Penatu	27
4.4	Hasil Pengolahan Air Limbah Penatu.....	28
4.4.1	Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai COD.	29
4.4.2	Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai TSS ..	31
4.4.3	Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai pH	33
4.4.4	Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai Turbiditas	35
BAB V PENUTUP		37
5.1.	Kesimpulan	37
5.2.	Saran	37
DAFTAR PUSTAKA		38
LAMPIRAN PERHITUNGAN.....		44
LAMPIRAN TABEL JADWAL PENELITIAN.....		48
LAMPIRAN DOKUMENTASI PENELITIAN		49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Kelor (<i>Moringa Oleifera</i>)	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	18
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	19
Gambar 4.1 Biji Kelor Dengan Cangkang	26
Gambar 4.2 Biji Kelor tanpa Cangkang	26
Gambar 4.3 Serbuk Biji Kelor	18
Gambar 4.4 Kecepatan 120 Rpm	18
Gambar 4.5 Kecepatan 30 Rpm	18
Gambar 4.6 Hasil Pengendapan	29
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai COD.....	30
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai TSS	32
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai pH.....	34
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai Turbiditas.....	36



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	16
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Air Limbah Penatu	27
Tabel 4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai COD	29
Tabel 4.3 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai TSS ..	31
Tabel 4.4 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai pH ...	33
Tabel 4.5 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai COD	35



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman yang semakin modern, serta pola pikir masyarakat yang ingin melakukan segala hal dengan praktis menyebabkan usaha penatu bermunculan dimana-mana baik dari skala kecil hingga skala besar. Usaha penatu merupakan salah satu penyedia jasa layanan yang menyediakan sarana pencucian pakaian. Bagi mereka yang sibuk, usaha ini dapat menjadi pilihan untuk mengatasi masalah. Usaha penatu tidak hanya bermunculan di kota-kota besar melainkan di pelosok desa karena merupakan peluang usaha yang menjanjikan bagi pelaku usaha, dengan berkembangnya usaha penatu maka akan memungkinkan terjadinya peningkatan jumlah pemakaian deterjen sehingga akan menimbulkan terjadinya pencemaran lingkungan apabila dibuang secara langsung ke lingkungan (Ardiyanto dkk., 2016).

Limbah penatu merupakan air yang dihasilkan dari sisa deterjen yang mengandung beberapa bahan kimia seperti fosfat, surfaktan, amonia dan nitrogen serta kadar padatan terlarut, kekeruhan, BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Palilingan dkk., 2019). Menurut Rahmatiyas (2021) dampak positif yang ditimbulkan dari adanya usaha penatu yaitu dapat mendorong perekonomian untuk terus berkembang. Namun, dampak negatif yang ditimbulkan oleh limbah cair penatu akan sangat berbahaya bagi lingkungan yang dapat menimbulkan pencemaran air karena masuknya zat kimia berbahaya, sehingga mengganggu kelangsungan hidup biota di perairan.

Air limbah yang berasal dari kegiatan penatu digolongkan menjadi limbah cair domestik yang berasal dari air cucian seperti sabun, deterjen, pelembut dan pewangi pakaian. Pada umumnya, kegiatan ini lebih cenderung menggunakan deterjen daripada sabun dikarenakan deterjen menghasilkan buih lebih banyak, yang dipercaya dapat menghilangkan kotoran lebih cepat dari pada sabun (Wicheisa dkk., 2018). Kebanyakan industri penatu tidak melakukan pengolahan terhadap limbah yang dihasilkan dan membuang limbah secara langsung ke tanah atau drainase perkotaan yang menuju ke badan air (Majid dkk., 2017).

Air limbah yang dihasilkan dari proses penatu mengakibatkan kekeruhan sehingga menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air. Kondisi air limbah penatu yang mengandung COD, TSS, fosfat dan senyawa lainnya yang berbahaya bagi lingkungan dan masi diatas ambang baku mutu, akan lebih baik jika dilakukan pengolahan yang mudah diimplementasikan, dengan demikian beban pencemaran akan berkurang (Clever, 2022). Salah satu metode yang dapat dilakukan dalam pengolahan limbah penatu adalah memanfaatkan biokoagulan dari biji tumbuhan (Fadarina dkk., 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hermida dkk (2021). Pemanfaatan ekstrak biji kelor sebagai koagulan dalam mengolah limbah penatu dengan parameter yang diuji ialah pH, turbiditas, COD dan fosfat, dengan berbagai variasi dosis diperoleh dosis optimum yaitu 160 ml/L dengan nilai pH 8,6 dengan efisiensi penurunan kadar pH sebesar 8,4, selanjutnya untuk parameter turbiditas diperoleh dosis optimum yaitu 80 ml/L dengan nilai turbiditas 56 NTU serta efisiensi penurunan kadar turbiditas sebesar 90,01%, sedangkan untuk parameter COD diperoleh dosis optimum yaitu 160 ml/L dengan nilai COD 1300 mg/L serta efisiensi penurunan COD sebesar 53,98%, dan parameter fosfat diperoleh dosis optimum yaitu 40 ml/L dengan nilai fosfat 0,836 mg/L serta efisiensi penurunan fosfat sebesar 51,49%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rustiah dan Andriani (2018) pengaruh koagulan biji kelor yang terkandung dalam limbah penatu dapat menurunkan kadar COD dan BOD yang terkandung dalam limbah penatu. Dari berbagai variasi dosis yang diuji, diperoleh dosis optimum yaitu 0,7 g dengan nilai COD 250 mg/L serta efisiensi penurunan COD sebesar 35%, dan dosis 2,4 g, dengan nilai BOD 19,15 mg/L serta efisiensi penurunan BOD sebesar 30,14%. Biji kelor merupakan tanaman yang memiliki kandungan protein yang tinggi.

Biji kelor berperan sebagai flokulan polielektrolit kationik alami yang membantu koagulasi dengan menetralkan muatan-muatan partikel koloid antar partikel yang terkandung dalam limbah cair dan penting sebagai agen penjernih air (Ningsih dkk., 2018). Rustiah dan Andriani (2018) menambahkan bahwa kandungan zat aktif yang terkandung di dalam biji kelor berupa *4-alfa-4-rhamnosyloxy-benzil-isothiocyanate*. Zat aktif ini mampu mengadsorpsi partikel-

partikel air limbah menjadi lebih kecil. Biji kelor merupakan bahan alami yang dapat membersihkan limbah cair, karena memiliki efek yang relatif sama apabila dilakukan pengolahan menggunakan koagulan dari bahan kimia. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan penelitian dengan memanfaatkan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami yang diaplikasikan pada pengolahan air limbah penatu dalam mengurangi pencemaran air. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian ini dengan memvariasikan dosis biokoagulan serbuk biji kelor, ukuran dosis, dan perbandingan massa koagulan terhadap volume air.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh serbuk biji kelor sebagai biokoagulan dalam penurunan kadar COD, TSS, pH dan Turbiditas dalam proses pengolahan limbah penatu?
2. Bagaimana pengaruh variasi dosis serbuk biji kelor sebagai biokoagulan serta menentukan dosis optimum yang efektif untuk menurunkan kadar COD, TSS, pH dan Turbiditas dalam limbah penatu?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efektifitas serbuk biji kelor sebagai biokoagulan dalam penurunan kadar COD, TSS, pH dan Turbiditas dalam pengolahan limbah penatu.
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh dosis serbuk biji kelor sebagai biokoagulan untuk menurunkan kadar COD, TSS, pH dan Turbiditas dalam limbah penatu.

I.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan referensi, informasi serta rekomendasi tentang biokoagulan sebagai salah satu cara alami dalam mengolah air limbah yang dihasilkan dari kegiatan penatu.

2. Praktis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam mendapatkan solusi alternatif dan meningkatkan kebermanfaatan serbuk dari biji kelor dalam penanganan pengolahan air limbah kegiatan penatu yang aman secara alami tanpa zat kimia.

I.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, batasan masalah pada penelitian ini yaitu penggunaan biokoagulan yang berasal dari serbuk biji kelor, parameter yang akan diteliti yaitu COD, TSS, pH, dan Turbiditas pada air limbah penatu. Selanjutnya, penelitian ini akan meneliti kemampuan serta pengaruh serbuk biji kelor sebagai biokoagulan terhadap penurunan polutan pada air limbah penatu.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Limbah

Air limbah adalah air yang tidak bersih dan mengandung berbagai zat yang dapat membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya, dan lazimnya muncul karena hasil aktivitas manusia, baik dari aktivitas industri maupun rumah tangga (Askari, 2015). Masalah air limbah di Indonesia saat ini masih menjadi masalah yang serius. Air limbah dapat berasal dari buangan rumah tangga, industri, maupun tempat umum lain yang mengandung bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia dan makhluk hidup yang dapat mengganggu kelestarian lingkungan (Suoth dan Nazir, 2016). Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan juga kesehatan manusia sehingga perlu dilakukan penanganan dan pengolahan terhadap limbah sebelum limbah dibuang langsung ke lingkungan (Askari, 2015).

Air limbah atau air buangan adalah kombinasi dari cairan dan sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perkotaan, perdagangan, dan industri, bersama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada (B dan Mallongi, 2018). Limbah cair dapat berupa air beserta bahan-bahan buangan lain yang tercampur (tersuspensi) maupun terlarut dalam air (Isnaini, 2020). Penanganan limbah cair yang tidak dilakukan dengan semestinya menimbulkan berbagai masalah lingkungan dan kesehatan masyarakat, seperti terjadinya pencemaran pada badan air yaitu sungai, telaga, dan lainnya yang dapat menimbulkan kematian terhadap biota air seperti ikan yang hidup didalamnya dan dapat menyebabkan tidak layaknnya suatu ikan untuk di konsumsi.

Limbah cair yang dibuang langsung ke lingkungan memerlukan proses pengolahan untuk memenuhi baku mutu limbah cair yang diizinkan oleh pemerintah agar air limbah yang dibuang tersebut tidak mencemari lingkungan (Fitriyanti dkk., 2019). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, air

limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan permukaan *real estate*, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik terbagi kedalam dua kategori, yaitu air limbah yang berasal dari air cucian, seperti sabun, deterjen, minyak, dan pestisida. Sedangkan limbah cair domestik berasal dari kakus, seperti sabun, shampoo, tinja, dan air seni (Astuti dan Sinaga, 2015).

2.2 Air Limbah Penatu

Air limbah penatu merupakan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan penatu dengan menggunakan deterjen sebagai komponen utama dalam pencuciannya. Deterjen umumnya tersusun atas tiga komponen yaitu bahan dasar deterjen, bahan *builders* dan pemutih atau pewangi. Komponen terbesar dari deterjen yaitu yang dihasilkan dari bahan *builders* yang berkisar 70-80%, dari bahan surfaktan berkisar antara 20-30% dan yang relatif lebih sedikit dihasilkan dari bahan aditif antara 2-8%. Selain itu, pencemaran akibat deterjen mengakibatkan timbulnya bau busuk. Bau busuk yang dihasilkan biasanya dari gas NH_3 dan H_2S yang merupakan hasil proses penguraian bahan organik lanjutan oleh bakteri anaerobik. Fosfat memegang peranan penting dalam produk deterjen, sebagai *softener* air dan *builders*. Dalam jumlah yang banyak, fosfat dapat menyebabkan pengayaan unsur hara (eutrofikasi) di badan air sungai atau danau. Hal ini ditandai oleh ledakan pertumbuhan alga (*algae boom*) dan eceng gondok yang secara tidak langsung dapat membahayakan biota air dan lingkungan (Rohman, 2016).

Air limbah penatu mengandung deterjen yang merupakan suatu zat anorganik sehingga akumulasinya menyebabkan meningkatnya kandungan anorganik di lingkungan. Bahan yang terkandung dalam deterjen salah satunya adalah seperti *Linear Alkyl Benzene Sulfonate* (LAS), surfaktan, klorin dan golongan ammonium kuartener yang dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan. Golongan ammonium kuartener dapat membentuk senyawa nitrosamine yang bersifat karsinogenik, iritasi pada kulit, memperlambat proses penyembuhan, dan katarak pada orang dewasa. Busa yang timbul juga dapat menimbulkan efek pada permukaan perairan karena menghambat masuknya atau kelarutan kontak oksigen di udara dengan air yang berakibat oksigen terlarut menjadi turun kondisi menjadi

septik, bau dan warna air menjadi kehitaman serta matinya organisme yang bersifat aerobik pada perairan (Purnama dan Purnama, 2015).

Air limbah penatu dapat dikategorikan sebagai air limbah domestik, air limbah ini dihasilkan dari penggunaan deterjen dan sabun yang digunakan sebagai bahan pencuci. Usaha penatu umumnya menggunakan deterjen dan sabun sebagai bahan pencuci untuk membersihkan pakaian. Namun, deterjen lebih sering digunakan dari pada sabun karena deterjen dapat menghasilkan buih yang lebih banyak dibandingkan dengan sabun, yang menurut sebagian orang apabila buih yang dihasilkan lebih banyak maka deterjen tersebut semakin mampu menghilangkan kotoran yang berada pada pakaian mereka. Air limbah yang dihasilkan oleh deterjen mengandung fosfat yang tinggi yang berasal dari *sodium tripolyphosphate* yang di dalam deterjen berfungsi sebagai builder yang merupakan unsur terpenting kedua setelah surfaktan karena kemampuannya yang dapat menonaktifkan mineral kesadahan dalam air sehingga deterjen dapat bekerja secara optimal (Astuti dan Sinaga, 2015).

2.3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Kadar Maksimum	Satuan
pH	6-9	-
BOD	30	mg/L
COD	100	mg/L
TSS	30	mg/L
Minyak & Lemak	5	mg/L
Amoniak	10	mg/L
Total Coliform	3000	Jumlah/100ml
Debit	100	L/orang/hari

(Sumber: PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016)

2.4 Dampak Pembuangan Air Limbah Penatu

Pembuangan air limbah penatu secara langsung ke dalam selokan maupun yang dialirkan ke sungai tanpa dilakukannya proses pengolahan terlebih dahulu akan berdampak negatif menurut (Putri, 2021), diantaranya:

1. Mengganggu ekosistem ikan, limbah deterjen yang dihasilkan dari kegiatan penatu yang langsung dibuang ke dalam selokan akan bermuara ke sungai dan akan merusak ekosistem perairan terutama habitat ikan. Hal ini disebabkan oleh deterjen yang memiliki kandungan berbahaya yang dapat merusak lapisan lendir yang melindungi ikan dari bakteri dan parasit, serta kandungan berbahaya dari deterjen juga dapat menyebabkan kerusakan pada insang ikan.
2. Menyuburkan eceng gondok dan tanaman pengganggu lainnya, air limbah penatu kaya akan zat-zat organik yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman.
3. Air limbah penatu yang mengandung fosfat dapat menyebabkan alga dan tumbuhan air lebih subur, sehingga menyebabkan terjadinya eutrofikasi (perairan menjadi subur).
4. Busa yang dihasilkan dari deterjen dapat menyelimuti permukaan air yang menyebabkan menurunnya kandungan oksigen dalam air sehingga mengganggu kehidupan biota air.
5. Membahayakan kesehatan manusia jika air minum yang dikonsumsi terkontaminasi oleh deterjen. Hal ini dapat menyebabkan manusia beresiko terkena kanker.

Air limbah penatu dapat berdampak terhadap lingkungan karena adanya bahan buangan berupa zat kimia yang berlebihan didalam air ditandai dengan timbulnya buih-buih sabun pada permukaan air. Dengan demikian, akan menyebabkan kehidupan mikroorganisme seperti ikan dan hewan air lainnya tidak terlepas dari kandungan oksigen yang terlarut dalam air yang juga memerlukan oksigen dari udara agar tetap bertahan. Oksigen yang terlarut di dalam air sangat penting artinya bagi biota air. Selain itu, dampak negatif bagi kesehatan yang dapat ditimbulkan dari limbah penatu antara lain menyebabkan diare dikarenakan virus, penyakit kulit seperti gatal-gatal, kudis dan kurap akibat iritasi. Sedangkan dampaknya bagi lingkungan yaitu dapat mencemari tanah, mencemari air,

menimbulkan bau yang tidak sedap, serta menyebabkan kerusakan ekosistem lingkungan (Ardiyanto dkk., 2016).

2.5 Pengolahan Air Limbah Penatu

Pengolahan air limbah penatu dapat dilakukan dengan beberapa alternatif pengolahan, diantaranya adalah proses koagulasi flokulasi dan sedimentasi atau pengendapan.

2.5.1 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah salah satu proses kimia yang digunakan untuk menghilangkan senyawa yang terdapat di dalam limbah baik dalam bentuk suspensi atau koloid yang tidak dapat mengendap sendiri atau sulit ditangani secara fisik. Proses koagulasi dilakukan dengan cara mencampurkan koagulan dengan air limbah dalam suatu wadah atau tempat kemudian diaduk secara cepat agar diperoleh cairan yang homogen sehingga terbentuk gumpalan atau flok yang homogen pula. Selanjutnya dilanjutkan dengan proses flokulasi dimana flok-flok yang terbentuk pada proses koagulasi menyatu menjadi flok yang lebih besar. Pemisahan partikel koloid pada proses koagulasi terjadi karena adanya penambahan elektrolit yang kemudian diserap oleh partikel koloid sehingga muatan partikel menjadi netral. Penetralkan muatan partikel dipengaruhi oleh konsentrasi muatan partikel yang cukup kuat sehingga terjadi gaya tarik menarik antar partikel koloid. (Sari, 2017).

Koagulasi adalah suatu proses perubahan partikel koloid menjadi flok yang berukuran lebih besar dan bahan organik terlarut pada flok dapat terserap sehingga pengotor yang ada dalam air dapat dipisahkan melalui penyaringan padat cair. Koagulasi terdiri dari tiga tahapan proses, yaitu pembentukan inti flok, destabilisasi koloid/partikel, dan pembesaran ukuran partikel. Prinsip tersebut banyak diterapkan dalam pengolahan air limbah (Husaini dkk., 2018). Menurut Rusydi dkk (2017) koagulasi dan flokulasi merupakan salah satu proses pengolahan air limbah yang dapat digunakan dalam suatu penelitian. Koagulasi merupakan proses penambahan koagulan atau zat kimia kedalam suatu larutan dengan tujuan untuk mengkondisikan suspensi, koloid, dan materi tersuspensi dalam persiapan proses lanjutan yaitu flokulasi.

Sedangkan flokulasi merupakan proses penggumpalan partikel-partikel dengan muatan tidak stabil yang kemudian saling bertabrakan sehingga membentuk kumpulan partikel-partikel dengan ukuran yang lebih besar, juga dikenal dengan istilah partikel flokulan atau flok.

Koagulasi melibatkan penambahan koagulan kimia dengan tujuan untuk pengkondisian suspensi, koloid, dan materi terlarut untuk di proses selanjutnya oleh flokulasi atau untuk menciptakan kondisi yang akan memungkinkan untuk penghapusan partikulat berikutnya dan dilarutkan. Produk endapan yang dibentuk oleh penambahan koagulan menjadi partikel yang lebih besar yang dikenal sebagai partikel flokulan, atau lebih umum dikenal dengan “flok”. Suatu flok diagregasikan kemudian dapat dihilangkan dengan gravitasi sedimentasi atau filtrasi (R dkk., 2017).

2.5.2 Jenis Koagulan

Beberapa macam koagulan kimia yang sering digunakan dalam penjernihan air yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC), *Aluminium Sulfat* ($Al_2(SO_4)_3$), *Ferri Klorida* ($FeCl_3$), dan *Ferri Sulfat* ($Fe_2(SO_4)_3$). Dari beberapa penelitian, jenis koagulan yang paling sering digunakan adalah *Poly Aluminium Klorida* (PAC) karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya korosifitasnya rendah karena PAC adalah koagulan bebas sulfat sehingga aman dan mudah dalam penyimpanan dan transformasinya. Selain itu, pH air yang dihasilkan dari pengolahan tidak mengalami penurunan pH yang cukup tajam (Husnah, 2016).

Bahan kimia *Alumunium Sulfat* atau $Al_2(SO_4)_3$ merupakan bahan kimia yang sering digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi dikarenakan mudah untuk didapatkan dan harganya yang ekonomis. $FeCl_3$ dapat digunakan sebagai koagulan dikarenakan sangat efektif untuk proses koagulasi pada limbah industri dengan jumlah dosis yang lebih sedikit. Besi (II) Sulfat (*Iron Sulfate*) merupakan bahan kimia dengan harga yang sangat ekonomis yang dapat digunakan sebagai koagulan. Selain itu larutan kapur merupakan salah satu koagulan yang banyak digunakan dikarenakan larutan kapur mudah untuk didapatkan, biaya yang sangat murah, dan relatif aman terhadap lingkungan (Hutabarat dkk., 2022).

2.5.3 Biokoagulan

Biokoagulan merupakan koagulan alami yang dapat berperan dalam proses sedimentasi partikel-partikel kecil yang sulit mengendap dengan sendirinya. Biokoagulan berfungsi untuk mengikat kotoran atau partikel-partikel yang terdapat di dalam air. Beberapa penelitian membuktikan bahwa pemanfaatan koagulan alami untuk menjernihkan air limbah dapat menggunakan biji asam jawa, biji kelor dan biji kecipir. Biokoagulan lainnya dapat diperoleh dari kitosan yang merupakan turunan dari kitin. Kitosan dapat dimanfaatkan sebagai biokoagulan yang ramah lingkungan karena sifatnya yang mudah untuk terdegradasi (Bija dkk., 2020). Biokoagulan merupakan alternatif yang berpotensi sebagai pengganti koagulan kimia karena mudah untuk didapatkan, jumlahnya banyak, ramah lingkungan dan sifatnya biodegradable (Pembayun dan Rahmayanti, 2020).

Menurut Alimah (2018) dari hasil studi literatur yang telah dilakukan, diketahui bahwa terdapat beberapa jenis tanaman kehutanan yang efektif digunakan sebagai biokoagulan dalam proses pemurnian air diantaranya adalah jambu mete (*anacardium occidentale*) bagian tanaman yang digunakan berupa kulit biji, mimba (*azadirachta indica*) bagian tanaman yang digunakan berupa daun, senna (*cassia angustifolia*) bagian tanaman yang digunakan berupa biji, trengguli (*cassia fistula*) bagian tanaman yang digunakan berupa batang dan biji, kelor (*moringa oleifera*) bagian tanaman yang digunakan berupa biji, dan asam jawa (*tamarindus indica*) bagian tanaman yang digunakan berupa biji.

Salah satu koagulan alami yang dapat dijadikan sebagai alternatif dalam pengolahan limbah cair yang ramah lingkungan adalah biji kelor (*Moringa Oleifera*) yang berasal dari famili *Moringaceae*. Biji kelor yang sudah tua dapat dijadikan sebagai koagulan penjernih air dan limbah cair. Biji kelor mengandung zat aktif yang dapat membantu menurunkan gaya tolak menolak antara partikel koloid di dalam air. Kandungan zat aktif yang terdapat dalam biji kelor adalah *4-alfa-4 rhamnosyl oxy benzyl-isothiocyanate* yang berperan sebagai koagulan yang efektif. Zat aktif ini bekerja dengan cara mengubah partikel-partikel air limbah menjadi lebih kecil sehingga luas permukaan zat aktif biji kelor tersebut semakin besar dan banyak. Biji kelor yang digunakan harus memiliki kelembaban yang kecil, karena apabila kandungan airnya lebih banyak maka zat aktif yang terdapat

pada permukaan biji kelor tertutupi oleh air sehingga kemampuan untuk menyerap limbah semakin kecil (Bangun dkk., 2013).

2.6 Parameter Analisa

Parameter yang diuji dalam penelitian ini, diantaranya yaitu COD, TSS, pH dan Turbiditas. Penjelasan dari parameter tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

2.6.1 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik. Penurunan COD menekankan kebutuhan akan oksigen kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak terpecahkan secara biokimia (Nurjanah dkk., 2017). COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini dapat terjadi dikarenakan bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat. Sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks atau sulit terurai, akan teroksidasi (Atima, 2015).

Bahan organik maupun anorganik yang berasal dari aktivitas manusia di sekitar sungai atau dari limbah industri dapat meningkatkan kandungan COD di perairan. Tingginya limbah yang dibuang langsung ke badan air dapat menyebabkan kandungan bahan organik pada perairan meningkat, hal ini menyebabkan kandungan bahan organik pada perairan akan berpengaruh terhadap penurunan kualitas air. Salah satunya yaitu terjadi peningkatan konsentrasi COD di perairan. Peningkatan kadar COD ini akan berpengaruh terhadap kehidupan biota dalam perairan. Kandungan COD di perairan juga dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut (DO), sehingga dapat mempengaruhi penurunan kualitas air dan produktivitas sumber daya perairan (Kurniati dkk., 2020).

2.6.2 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS atau zat padat tersuspensi adalah semua zat padat berupa pasir, lumpur, dan tanah liat atau partikel-partikel yang tersuspensi kedalam air yaitu berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, maupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. Kadar TSS dalam Limbah penatu disebabkan oleh berbagai macam zat diantaranya,

lumpur, bakteri, sel-sel mikroorganisme, lemak dan lainnya. Semakin lama waktu pengendapan maka kadar TSS yang dapat diturunkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh protein kationik yang bermuatan positif akan tertarik oleh partikel koloid yang bermuatan negatif seperti lumpur, bakteri dan lainnya (Hak dkk., 2018).

Nilai TSS air dapat diketahui menggunakan metode gravimetri. Metode gravimetri adalah pemeriksaan jumlah zat dengan cara penimbangan hasil reaksi pengendapan. Langkah yang digunakan dalam pengukuran gravimetri adalah pengukuran berat. Persyaratan yang harus dipenuhi agar gravimetri dapat dihasilkan ialah terdiri dari proses pemisahan harus cukup sempurna sehingga kualitas analit yang tidak mengendap secara analit tidak ditentukan dan zat yang ditimbang harus mempunyai susunan tertentu dan harus murni serta mendekati murni. Analit secara fisik dipisahkan dari semua komponen lainnya maupun dengan pelarut (Ramadhani, 2017).

2.6.3 pH

pH merupakan pengukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan yang menyatakan derajat keasaman atau basa dari suatu larutan. Larutan dengan pH yang rendah disebut asam, sedangkan larutan dengan pH tinggi disebut basa. Skala pengukuran pH adalah 0 (asam kuat), 14 (basa kuat), serta nilai 7 yang mempresentasikan air murni (netral). Nilai pH suatu larutan banyak digunakan untuk menunjukkan derajat keasaman suatu larutan. Semakin kecil nilai pH larutan, maka semakin besar derajat keasaman larutan dan sebaliknya semakin besar nilai pH, maka semakin kecil derajat keasaman suatu larutan. Pengukuran nilai pH bertujuan untuk mengetahui karakter larutan uji (Aminah dkk., 2016).

2.6.4 Turbiditas

Turbiditas (Kekeruhan) adalah kondisi air yang diukur berdasarkan banyaknya cahaya yang dapat diteruskan. Faktor utama tingkat turbiditas adalah adanya bahan-bahan yang terkandung didalam air yang berupa benda mati seperti pasir, lumpur atau makhluk hidup seperti plankton. Tingkat turbiditas yang tinggi dapat mengganggu proses fotosintesis fitoplankton sebagai produsen makanan bagi rantai makanan di atasnya, selain itu juga dapat mengganggu insang ikan dalam mengambil oksigen serta mengganggu makhluk hidup lainnya di dalam air. Pada

proses pengukuran turbiditas air secara langsung juga dapat mengetahui tingkat kecerahan dari sinar matahari didalam air. Hal ini terjadi dikarenakan tingkat kekeruhan (*turbidity*) mempengaruhi cahaya yang dapat menembus ke dalam air, tingkat kecerahan suatu perairan dapat menunjukkan aktivitas dari makhluk hidup di dalam nya (Rahmat dkk., 2018).

2.7 Biji Kelor (*Moringa Oleifera*)

Kelor merupakan tumbuhan jenis perdu dengan tinggi batang 7-11 m. Tumbuhan ini berbatang lunak dan rapuh dengan daun sebesar ujung jari berbentuk bulat telur dan tersusun majemuk. Tumbuhan kelor berasal dari India, namun saat ini sudah banyak tersedia di beberapa negara di Eropa, Afrika dan Asia salah satunya Indonesia. Tanaman ini mampu tumbuh di iklim tropis dengan kondisi panas, lembab, kering, dan tanah yang subur. Kelor disebut sebagai tanaman paling ekonomis yang mengandung nilai gizi sangat baik sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif dalam mengatasi permasalahan gizi (Angelina dkk., 2021). Adapun klasifikasi biji kelor menurut sebagai berikut:

<i>Kingdom</i>	: <i>Plantae (Tumbuhan)</i>
<i>Division</i>	: <i>Spermatophyta</i>
<i>Subdivision</i>	: <i>Angiospermae</i>
<i>Class</i>	: <i>Dicotyledone</i>
<i>Subclass</i>	: <i>Dialypetalae</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Rhoeadales (Brassicales)</i>
<i>Famili</i>	: <i>Moringaceae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Moringa</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Moringa oleifera</i>



Gambar II. 1 Buah Kelor (*Moringa oleifera*)
(Sumber: Distan, 2019)

Biji kelor dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair yang sama efektifnya dengan menggunakan koagulan dari bahan kimia, berupa serbuk yang lebih ramah lingkungan dan lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan kimia. Biji kelor mengandung protein kationik yang dapat menentukan efektivitas biji kelor sebagai koagulan. Keuntungan penggunaan serbuk biji kelor sebagai koagulan alami dibandingkan dengan koagulan kimia yaitu tanaman tersebut mudah didapatkan di daerah beriklim tropis, lebih ramah lingkungan dan lebih mudah terurai. Selain itu, flok yang terbentuk dari koagulan alami lebih tahan terhadap gesekan pada saat aliran turbulen dibandingkan dengan koagulan kimia (Setiyawati dkk., 2017).

Biji kelor dapat bekerja dengan cara koagulasi dan flokulasi untuk mengendapkan zat-zat dalam air. Protein biji kelor merupakan protein makromolekul yang polielektrolit bermuatan positif, tetapi protein biji kelor juga memiliki jenis protein yang bermuatan negatif seperti asam amino, dan asam glutamat. Protein dalam biji kelor merupakan protein yang larut didalam air, dimana protein yang dimaksud merupakan polipeptida yang terdiri dari berbagai molekul asam amino yang dapat berikatan satu dengan lain membentuk senyawa peptida. Asam amino dalam protein merupakan asam karboksilat yang mempunyai gugus amino (Hak dkk., 2018). Proses koagulasi terjadi ketika biji kelor dalam bentuk serbuk ditambahkan kedalam limbah, protein dalam biji kelor tersebut akan larut dan menghasilkan muatan positif dalam jumlah banyak.

Larutan biji kelor tersebut bereaksi sebagai koagulan alami bermuatan positif yang akan tertarik oleh partikel-partikel yang bermuatan negatif, seperti tanah liat, bakteri, dan partikel-partikel lain yang terdapat dalam air sehingga lebih dikenal sebagai protein kationik. Proses flokulasi terjadi ketika protein yang sudah berikatan dengan partikel yang bermuatan negatif membentuk flok melalui pengumpulan partikel-partikel yang terdapat di dalam air (Hak dkk., 2018). Pemanfaatan biji kelor sebagai biokoagulan menjadi solusi yang menjanjikan namun belum banyak digunakan dalam mengolah limbah dan menjernihkan air. Padahal pemanfaatan biji kelor sangat efektif dan dapat menghilangkan kontaminan, baik dalam bentuk anionik dan kationik dan juga memiliki kandungan anti mikroba (Ningsih dkk., 2018).

2.8 Penelitian Terdahulu

Studi mengenai eksperimen pengolahan limbah penatu dan biokoagulan dari serbuk biji kelor telah banyak dilakukan seperti yang terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Biokoagulan	Limbah	Penulis	Evektivitas
1	Serbuk Biji Kelor	Air Limbah Penatu	Hak dkk, 2018	TDS = 74,07% TSS = 89,29%
2	Ekstrak Biji Kelor	Air Limbah Penatu	Hermida dkk, 2021	Turbiditas = 90,01 % COD = 53,98%
3	Serbuk Biji Kelor dan Serbuk Biji Flamboyan	Air Limbah Tahu	Rachmania, 2020	COD = 80% BOD = 70% TSS = 80%
4	Serbuk Biji Kelor	Air Limbah Domestik	Wibaworto, 2017	Turbiditas = 77,17% TSS = 72,57% COD = 75,36%
5	Serbuk Biji Kelor	Air Limbah Penatu	Rustiah dan Andriani, 2022	BOD = 57,66%
6	Serbuk Biji Kelor	Air Limbah Tahu	Faryandi, 2020	Turbiditas = 35,35% COD = 39,33%

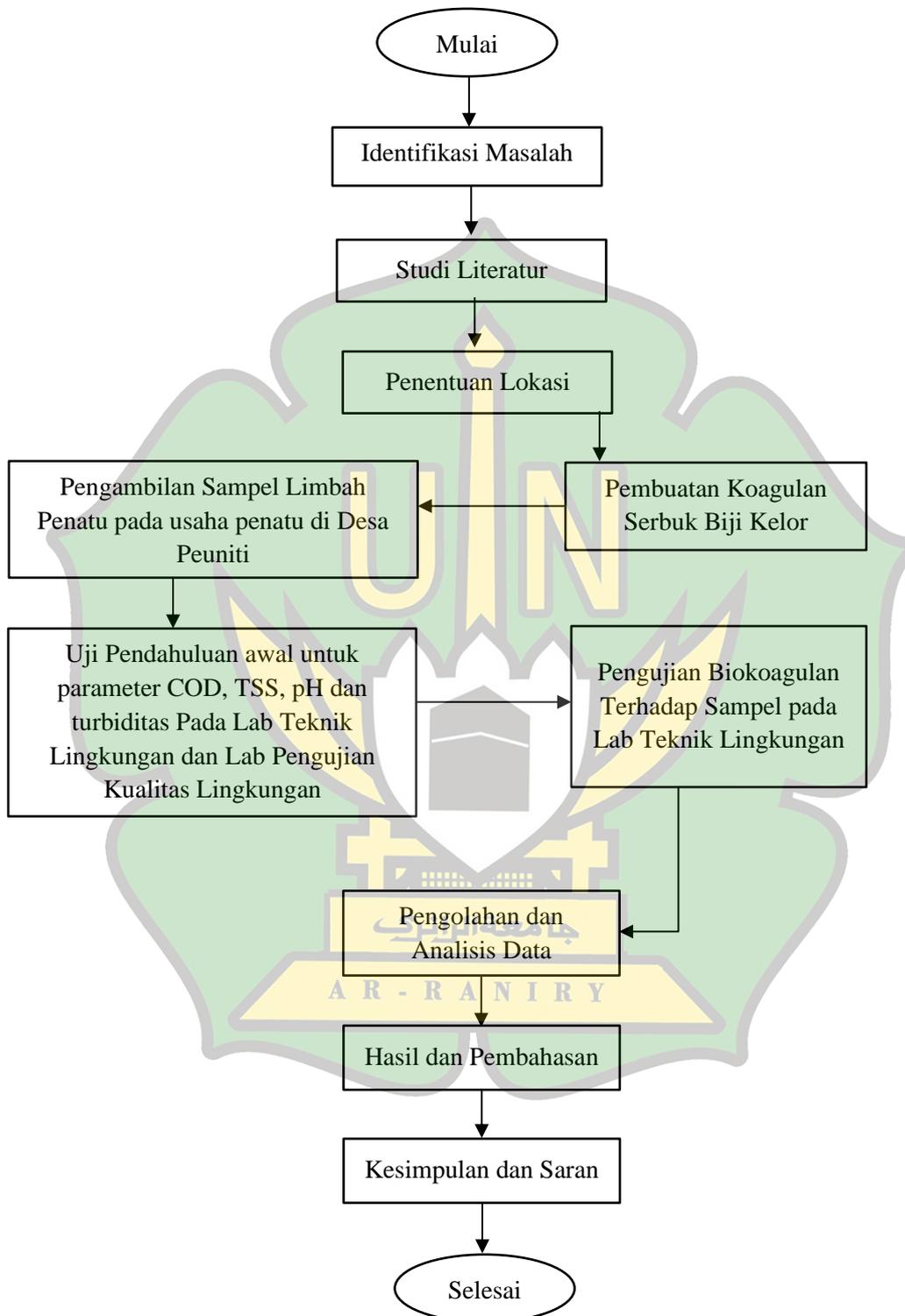
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Tahap identifikasi masalah merupakan langkah awal dalam meneliti suatu masalah.
2. Tahap studi literatur, dilakukan agar memperoleh informasi mengenai penelitian yang akan dilaksanakan. Sumber literatur dalam penelitian ini yaitu dari buku, jurnal, tugas akhir sebelumnya, dan uji pendahuluan.
3. Tahap Penentuan lokasi, penentuan lokasi untuk pengambilan sampel air limbah penatu.
4. Tahap persiapan, pembuatan serbuk biji kelor menjadi biokoagulan.
5. Tahap pengambilan sampel air limbah penatu yang akan digunakan pada lokasi yang sudah ditetapkan.
6. Tahap uji pendahuluan sampel awal air limbah penatu yang meliputi pengujian COD, TSS, pH dan Turbiditas.
7. Tahap uji sampel dengan proses koagulasi air limbah penatu menggunakan koagulan serbuk biji kelor yang telah disiapkan.
8. Tahap analisis data dan penarikan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah yang telah diidentifikasi.

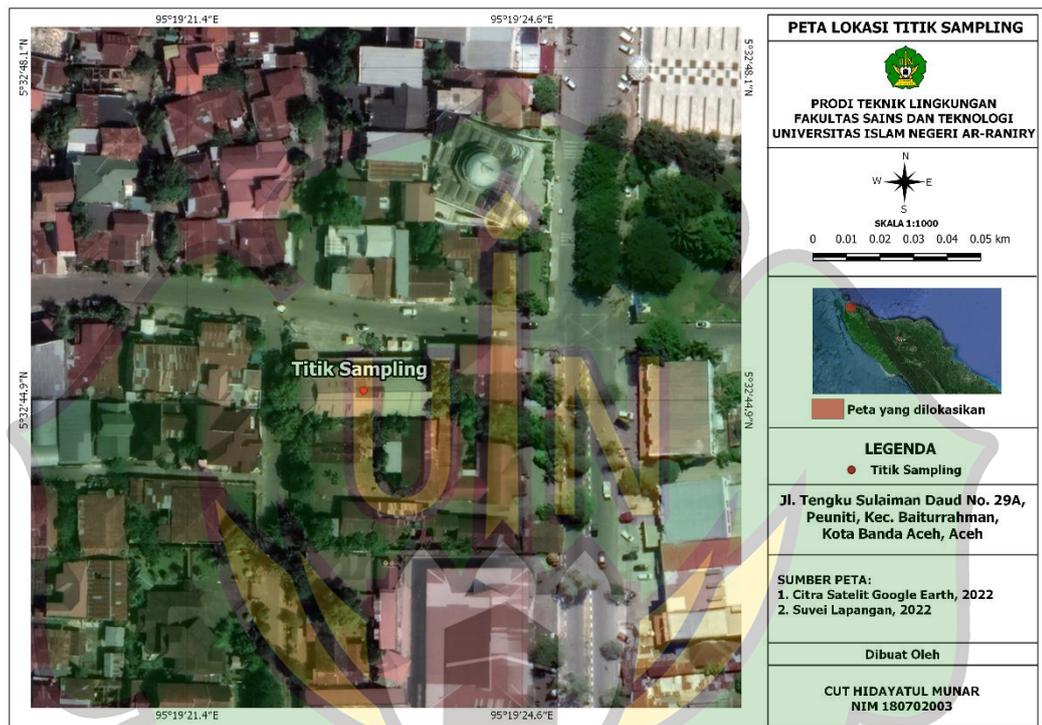


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pengambilan Sampel

3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Proses pengambilan sampel dan observasi pada penelitian ini dilakukan pada salah satu usaha penatu yang berlokasi di Jalan Tengku Sulaiman Daud Desa Peuniti, Kecamatan Baiturrahman, Kota Banda Aceh.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Earth)

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Ayakan 40 mesh, Gelas beaker 1000 ml, Bola hisap, Corong pemisah 250 ml, Desikator, *Jar test*, Gayung, Jerigen, *Blender*, Oven, Pipet tetes, Pipet ukur, *Stopwatch*, Timbangan analitik, dan Pompa *vacum*.

3.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah Biji kelor, Limbah penatu, *Aquadest*, $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 , Kertas saring *Whatman 42*.

3.4 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *grab sampling* dengan ketentuan berdasarkan (SNI 6989.59.2008). Pengambilan sampel dilakukan pada saluran outlet, merujuk pada penelitian (Rachmania, 2020) dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sampel air limbah penatu diambil langsung dari pipa outlet penatu sebelum limbah melewati atau masuk kedalam perairan.
2. Pengambilan sampel dilakukan dengan gayung bertangkai lalu dituangkan ke dalam wadah atau jerigen dengan ketentuan berdasarkan (SNI 6989.59.2008) berikut:
 - a. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat
 - b. Mudah dicuci dari bekas sebelumnya
 - c. Mudah dan nyaman untuk dibawa
 - d. Mudah dipisahkan kedalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi didalamnya.
 - e. Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian.

3.5 Proses Koagulasi

3.5.1 Persiapan Biokoagulan

Persiapan biokoagulan pada penelitian ini merujuk pada penelitian (Rachmania, 2020), dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Buah kelor yang sudah tua dipisahkan dengan biji kelor.
2. Biji kelor dibersihkan dari kulit arinya.
3. Biji kelor dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam untuk mengurangi kandungan kadar air di dalam biji kelor.
4. Biji kelor dihaluskan menggunakan blender sampai menjadi serbuk.
5. Serbuk biji kelor diayak menggunakan ayakan ukuran 40 mesh.
6. Serbuk biji kelor dikering anginkan untuk memaksimalkan pengurangan kandungan air di dalam biji kelor.
7. Serbuk biji kelor divariasikan dosis koagulan dengan dosis 0,01 gram, 0,05 gram, 0,1 gram, 0,3 gram, 0,5 gram, 0,7 gram, 0,9 gram, dan 1,2 gram menggunakan timbangan analitik.

3.5.2 Pengujian Biokoagulan

Pengujian biokoagulan pada penelitian ini merujuk pada penelitian (Rachmania, 2020), dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Sampel limbah penatu dimasukkan kedalam gelas beaker, sebanyak delapan gelas beaker yang masing-masingnya 1000 ml.
2. Biokoagulan biji kelor ditambahkan kedalam gelas beaker sebanyak 0,01 gram, 0,05 gram, 0,1 gram, 0,3 gram, 0,5 gram, 0,7 gram, 0,9 gram, dan 1,2 gram.
3. Diatur kecepatan pengadukan dengan putaran 120 rpm selama 1 menit untuk pengadukan cepat dan dilanjutkan dengan kecepatan lambat dengan putaran 30 rpm selama 20 menit, kemudian dilakukan proses pengendapan selama 60 menit.
4. Dilakukan pengujian nilai COD, TSS, pH, dan Turbiditas. Setiap masing-masing gelas beaker, dan dicatat hasil pengukurannya.

3.6 Pengujian Sampel

3.6.1 Pengujian COD

Pengujian COD merujuk pada SNI 6989.2:2009, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Sampel air limbah penatu dimasukkan kedalam tabung COD 2,5 ml, selanjutnya ditambahkan 1,5 ml larutan campuran $K_2Cr_2O_7$ dan 3,5 ml larutan H_2SO_4 .
2. Tabung ditutup dan dikocok perlahan sampai homogen.
3. Diambil COD reaktor, ditekan tombol start dan ditunggu suhu naik sampai $150^{\circ}C$.
4. Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan temperatur $150^{\circ}C$ selama 2 jam.
5. Tabung COD dinginkan, kemudian dilakukan pengukuran sampel menggunakan COD meter.

3.6.2 Pengukuran TSS

Untuk mengukur TSS merujuk pada SNI 06-6989.3-2004, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Persiapan Kertas Saring

1. Kertas saring diletakkan pada peralatan filtrasi kemudian dicuci menggunakan air suling.

2. Kertas saring dipindahkan dari peralatan filtrasi dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam.
3. Kertas saring didinginkan dalam desikator kemudian timbang sampai diperoleh berat konstan.

Tahap pengujian

1. Sampel air limbah penatu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* untuk memperoleh sampel yang lebih homogen.
2. Sampel air limbah penatu dipipet dengan volume tertentu kemudian saring menggunakan pompa vakum.
3. Kertas saring dipindahkan secara hati-hati dari peralatan penyaring.
4. Kertas saring dikeringkan dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam.
5. Kertas saring didinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbangan.
6. Diulangi tahapan penyaringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan.
7. Perhitungan untuk mengukur TSS menurut SNI 06-6989.3-2004, adalah sebagai berikut :

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}} \right)$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring + residu kering (mg)

B = Berat kertas saring (mg)

(Sumber : Hak, 2018)

3.6.3 Pengujian pH

Untuk pengujian pH merujuk pada SNI 06-6989.11-2019, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Tutup pelindung elektroda pH meter dilepaskan.
2. Elektroda dibilas dengan air aquades dan dikeringkan dengan tisu.
3. Alat pH meter dihidupkan dengan menekan tombol “ON-OFF” pada bagian alat pH meter.

4. Elektroda dicelupkan kedalam Gelas Beaker yang berisi air limbah penatu sampai tanda batas di dalam larutan sampel, tunggu sampai pembacaannya stabil.
5. Gelas Beker selanjutnya yang berisi sampel diulangi kembali seperti prosedur tahap 2-4.
6. Dicatat hasil pengukuran yaitu angka pada tampilan alat pH meter.
7. Alat pH setelah selesai digunakan dimatikan alat menggunakan air suling untuk membersihkan elektroda dan dikeringkan elektroda dengan kertas tisu, lalu pasang kembali tutup pelindung.

3.6.4 Pengujian Turbiditas

Pengujian turbiditas merujuk pada SNI 06-6989.25-2005, dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Dibilas kuvet dengan air aquadest.
2. Dimasukkan sampel air limbah penatu ke dalam kuvet sampai batas garis.
3. Dilap sisa-sisa air pada kuvet sampai dipastikan bagian luar kuvet kering dan meletakkan kuvet di alat turbidimeter.
4. Ditekan tombol “power” pada alat turbidimeter, setelah itu tekan tombol “zero” pada alat.
5. Selanjutnya tekan tombol “test/call” pada alat, dicatat hasil angka pengukuran yang terbaca oleh alat.
6. Alat dimatikan, setelah itu dikeluarkan kuvet dan dibilas dengan aquadest.

3.1 Analisis Data

Nilai persentase efektivitas penurunan COD, TSS, pH, dan Turbiditas diperoleh dengan membandingkan nilai konsentrasi COD, TSS, pH, dan Turbiditas sampel awal sebelum adanya perlakuan proses koagulasi dan flokulasi dengan hasil akhir. Penurunan tersebut dihitung dengan membandingkan nilai pada influent dan effluent yang akan dinyatakan dalam (%).

Perhitungan efektivitas:

$$\% P = \left(\frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

%P = Efisiensi penurunan

C_0 = Nilai tiap parameter dari air limbah sebelum perlakuan (mg/L)

C_t = Nilai tiap parameter dari air limbah sesudah perlakuan (mg/L)

(Sumber : Hak, 2018)



BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode koagulasi-flokulasi untuk mengetahui penurunan kadar COD, TSS, pH, dan turbiditas yang terdapat pada air limbah penatu. Untuk proses koagulasi-flokulasi menggunakan biokoagulan dari serbuk biji kelor. Sebelum dilakukan proses pengolahan, sampel air limbah penatu terlebih dahulu dianalisis kadar awal parameter COD, TSS, pH, dan turbiditas untuk mengetahui konsentrasi awal pencemar yang terkandung dalam air limbah penatu. Setelah mendapatkan data dari hasil pengujian parameter, maka dilakukan perlakuan penambahan biokoagulan serbuk biji kelor dengan dua belas variasi dosis untuk mengetahui pengaruh variasi dosis, massa dan waktu pengadukan koagulan serbuk biji kelor terhadap parameter yang diteliti. Untuk mengetahui keefektifan serbuk biji kelor sebagai biokoagulan terhadap air limbah penatu, dilakukan perhitungan yang meliputi efektivitas koagulan dengan membandingkan nilai konsentrasi awal parameter air limbah sebelum perlakuan dengan nilai konsentrasi akhir parameter air limbah setelah perlakuan.

4.1 Proses Pengambilan Air Limbah Penatu

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel air limbah dari kegiatan usaha penatu. Sampel air limbah penatu diambil dari pipa outlet air limbah penatu yang berlokasi di Desa Peuniti. Air limbah penatu berasal dari hasil proses pencucian pakaian. Proses pengambilan sampel air limbah penatu sesuai dengan SNI 6989.59.2008, jumlah sampel yang dibutuhkan untuk penelitian ini sebanyak 12 liter air limbah penatu. Sampel air limbah penatu yang telah diambil dimasukkan kedalam galon air kemudian ditutup dengan rapat.

4.2 Persiapan Koagulan Serbuk Biji Kelor

Buah kelor yang telah dikumpulkan diambil dari beberapa lokasi di Kabupaten Aceh Jaya dan Kabupaten Aceh Besar, dipilih buah yang sudah tua dengan kulit berwarna kecoklatan dan di kupas hingga menjadi biji kelor dengan cangkangnya.



Gambar 4.1 Biji Kelor Dengan Cangkang

Setelah dipisahkan biji kelor dari cangkangnya, bagian dalam dari biji kelor yang berwarna putih di oven dengan suhu 105°C selama 2 jam, hal ini dilakukan untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam biji kelor. Sesuai dengan pernyataan Rachmania (2020) bahwa, Biji kelor yang di oven bertujuan untuk menghomogenkan dan mengurangi kadar air didalam biji kelor.



Gambar 4.2 Biji Kelor Tanpa Cangkang

Setelah dioven biji kelor yang berwarna putih dihaluskan menggunakan *blender*, hingga menjadi serbuk yang halus. Selanjutnya diayak menggunakan ayakan 40 mesh untuk mendapatkan serbuk koagulan yang lebih halus.



Gambar 4.3 Serbuk Biji Kelor

Serbuk biji kelor yang telah dihaluskan selanjutnya dikering anginkan untuk memaksimalkan pengurangan kandungan air. Selanjutnya siap digunakan sebagai biokoagulan.

4.3 Karakteristik Awal Air Limbah Penatu

Berikut tabel 4.1 yang menunjukkan hasil karakteristi awal air limbah penatu sebelum dilakukan pengolahan:

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Air Limbah Penatu

Parameter	Satuan	Baku Mutu (PERMEN LH No.68 Tahun 2016)	Hasil Analisa
pH	-	6-9	8,7
Turbiditas	NTU	Tidak Ada	188,8
TSS	mg/L	30	110,0
COD	mg/L	100	733,48

(Sumber: Data Hasil Uji LTL dan Data Hasil Uji LTPKL)

Uji karakteristik awal air limbah penatu dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan dan Laboratorium Teknik Penguji Kualitas Lingkungan. Hasil uji laboratorium air limbah penatu yang berlokasi di Desa Peuniti terlihat bahwa hanya parameter pH saja yang memenuhi baku mutu. Untuk parameter turbiditas tidak disebutkan di dalam baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 68 Tahun 2016. Sedangkan untuk parameter TSS dan COD masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup No 68 Tahun 2016. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan air limbah penatu sebelum dibuang ke perairan.

4.4 Hasil Pengolahan Air Limbah Penatu

Air limbah yang telah diaplikasikan biokoagulan serbuk biji kelor dengan delapan variasi dosis, selanjutnya dilakukan proses koagulasi-flokulasi dan proses pengendapan. Proses koagulasi atau proses pengadukan cepat dilakukan dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit dapat dilihat pada Gambar 4.4, proses flokulasi atau pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit dapat dilihat pada Gambar 4.5. Setelah proses koagulasi-flokulasi kemudian dilakukan pengendapan selama 60 menit hasil pengendapan dapat dilihat pada Gambar 4.6. Air limbah yang telah diolah melalui proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan, dilanjutkan dengan analisis kadar parameter COD, TSS, pH, dan turbiditas.



Gambar 4.4 Kecepatan 120 Rpm



Gambar 4.5 Kecepatan 30 Rpm



Gambar 4.6 Hasil Pengendapan

4.4.1 Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai COD

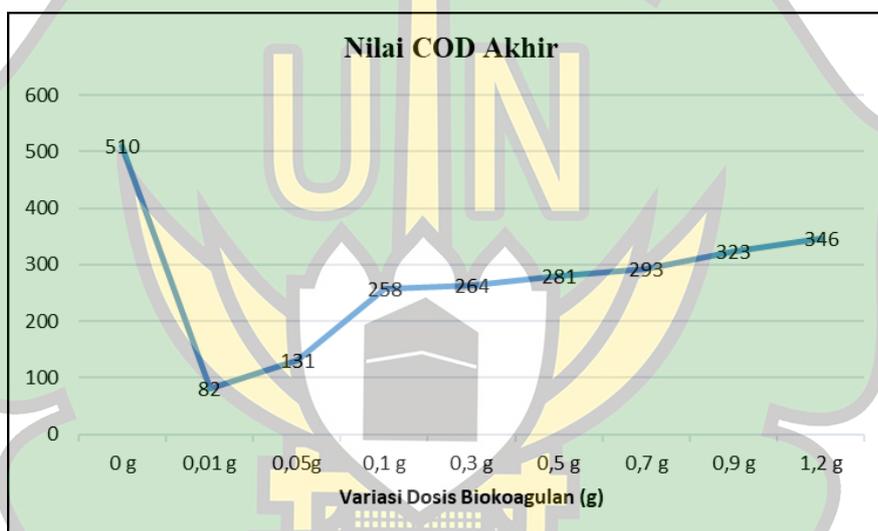
Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik melalui reaksi kimia (Nafisah, 2020). Nilai awal kadar COD air limbah penatu yaitu 733,48 mg/L, nilai awal tersebut belum sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik yaitu 100 mg/L. Hasil uji parameter COD dapat dilihat pada Tabel kadar parameter COD setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi, seperti yang terdapat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai COD

No	Variasi Dosis Biokoagulan	Pengadukan	Nilai COD Awal	Nilai COD Akhir	Presentase Penurunan
1	0 g	120/30 rpm	733,48 mg/L	510 mg/L	30,46%
2	0,01g			82 mg/L	88,82%
3	0,05g			131 mg/L	82,13%
4	0,1 g			258 mg/L	64,82%
5	0,3 g			264 mg/L	64,00%
6	0,5 g			281 mg/L	61,68%
7	0,7 g			293 mg/L	60,05%
8	0,9 g			323 mg/L	55,96%
9	1,2 g			346 mg/L	52,83%

Berdasarkan pada tabel 4.2 di atas dapat dilihat bahwa, didapatkan nilai akhir COD dengan dosis optimum adalah 0,01 yaitu 82 mg/L dengan presentase penurunan 88,82% merupakan presentase penurunan tertinggi dari delapan dosis biokoagulan lainnya. Dapat disimpulkan bahwa pada dosis 0,01g biokoagulan biji kelor sudah efektif untuk menurunkan nilai COD dalam limbah penatu. Hal ini

disebabkan karena adanya bahan organik yang terkandung pada biokoagulan serbuk biji kelor sehingga menyebabkan partikel-partikel tersebut mengendap dan menyebabkan suplai oksigen menjadi meningkat. Sesuai dengan pernyataan Wicheisa dkk (2018) gaya gravitasi bumi sehingga menyebabkan partikel-partikel turun dan mengendap. Molekul deterjen tidak dapat larut seluruhnya di dalam air karena memiliki rantai hidrokarbon sehingga partikel yang mengendap dan turun merupakan bahan organik tersuspensi. Bahan organik tersuspensi dapat menyebabkan terjadinya pengendapan, sehingga partikel pencemar penatu berkurang dan suplai oksigen menjadi meningkat. Selanjutnya untuk lebih jelas berikut ini ditampilkan gambar 4.7 grafik pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap perubahan nilai COD.



Gambar 4.7 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai COD

Penurunan dan kenaikan nilai COD dari air limbah memiliki perbedaan tergantung dari dosis koagulan yang ditambahkan. Kadar COD dalam air limbah penatu mengalami kenaikan pada dosis koagulan 0 gram menjadi 510 mg/L dengan presentase kenaikan 30,46%, hal ini dikarenakan pada dosis tersebut tidak ditambahkan koagulan serbuk biji kelor. Kemampuan koagulan serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar COD semakin menurun setelah di tambahkan variasi dosis 0,05 gram, 0,1 gram, dan 1,2 gram berturut-turut mengalami kenaikan dengan nilai menjadi 131 mg/L, 258 mg/L, dan 346 mg/L, hal ini disebabkan oleh adanya bahan kimia yang terkandung dalam deterjen tidak bisa terurai pada kegiatan penatu

yang menyebabkan oksigen dalam limbah penatu menurun. Sesuai dengan pernyataan Wicheisa dkk (2018) bahwa komponen penyusun deterjen salah satunya terdiri dari zat adiktif atau bahan tambahan yang berupa pelembut yang mengandung senyawa sodium yang dapat menghabiskan kandungan oksigen di perairan.

Dapat disimpulkan bahwa dosis biokoagulan yang paling optimum dalam menurunkan kadar COD limbah penatu adalah 0,01 gram dengan presentase penurunan 88,82%. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, baku mutu kadar COD ialah sebesar 100 mg/L. Kadar COD air limbah penatu setelah pengolahan menggunakan biokoagulan serbuk biji kelor didapatkan hasil yang optimum yaitu sebesar 82 mg/L pada dosis koagulan 0,01 gram. Hasil ini telah memenuhi baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan.

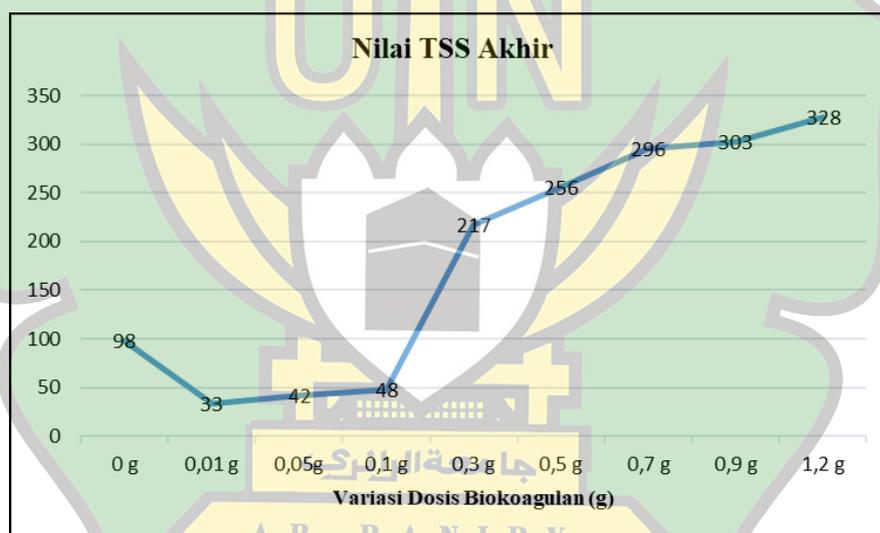
4.4.2 Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai TSS

TSS merupakan total zat padat yang terdiri dari zat padat tersuspensi dan zat padat terlarut dalam jumlah yang terus meningkat akan menghalangi cahaya yang masuk ke perairan, sehingga dapat mengganggu proses fotosintesis (Rohman, 2016). Nilai awal kadar TSS air limbah penatu yaitu 110,0 mg/L, nilai awal tersebut belum sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik yaitu 30 mg/L. Hasil uji parameter TSS dapat dilihat pada Tabel kadar parameter TSS setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi, seperti yang terdapat pada Tabel Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai TSS

No	Variasi Dosis Biokoagulan	Pengadukan	Nilai TSS Awal	Nilai TSS Akhir	Presentase Penurunan
1	0 g	120/30 rpm	110,0 mg/L	98 mg/L	10,90%
2	0,01g			33 mg/L	70,00%
3	0,05g			42 mg/L	61,81%
4	0,1 g			48 mg/L	56,36%
5	0,3 g			217mg/L	-97,27%
6	0,5 g			256 mg/L	-132,72%
7	0,7 g			296 mg/L	-169,09%
8	0,9 g			303 mg/L	-175,45%
9	1,2 g			328 mg/L	-198,18%

Berdasarkan pada tabel 4.3 di atas dapat dilihat bahwa pengaruh dosis biokoagulan serbuk biji kelor terhadap nilai TSS yang paling optimum adalah dosis 0,01 g yaitu dengan nilai akhir TSS akhir 33 mg/L dengan presentase penurunan 70,00% yang merupakan presentase penurunan tertinggi. Hal ini disebabkan oleh serbuk biji kelor yang mengandung protein yang larut dalam air, yang menghasilkan muatan positif dalam jumlah yang banyak dan mengikat partikel muatan negatif dalam air limbah. Sesuai dengan pernyataan Gea dkk, (2019) bahwa serbuk biji kelor mengandung protein yang larut dalam air dan apabila dilarutkan akan menghasilkan muatan positif dalam jumlah yang banyak, sehingga akan berinteraksi dan mengikat partikel-partikel yang bermuatan negatif dalam air limbah sehingga membentuk flok-flok melalui mekanisme adsorpsi. Grafik pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap perubahan nilai TSS terdapat pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai TSS

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.8 penurunan dan kenaikan nilai TSS dari air limbah memiliki perbedaan tergantung dari dosis koagulan yang ditambahkan. Kemampuan koagulan serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar TSS semakin menurun setelah di tambahkan variasi dosis 0,3 gram, 0,7 gram dan 1,2 gram berturut-turut mengalami kenaikan dengan nilai menjadi 217 mg/L, 296 mg/L dan 328 mg/L, hal ini disebabkan oleh penambahan biokoagulan yang berlebihan mengakibatkan bertambahnya flok untuk mengapung dan tidak mengendap

sehingga evektifitas penurunan kadar TSS semakin meningkat. Sealin itu, penambahan dosis koagulan yang berlebihan akan membuat partikel koloid yang telah terbentuk menjadi tidak stabil kerana tidak adanya ruang untuk menghubungkan partikel sehingga proses koagulasi-flokulasi tidak bekerja maksimal sehingga menyebabkan nilai TSS semakin meningkat di atas dosis optimum (Bangun dkk, 2016).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, baku mutu kadar TSS ialah sebesar 30 NTU. Kadar TSS air limbah penatu setelah pengolahan menggunakan biokoagulan serbuk biji kelor didapatkan hasil yang optimum yaitu sebesar 33 mg/L pada dosis koagulan 0,01 gram. Hasil ini belum memenuhi baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan.

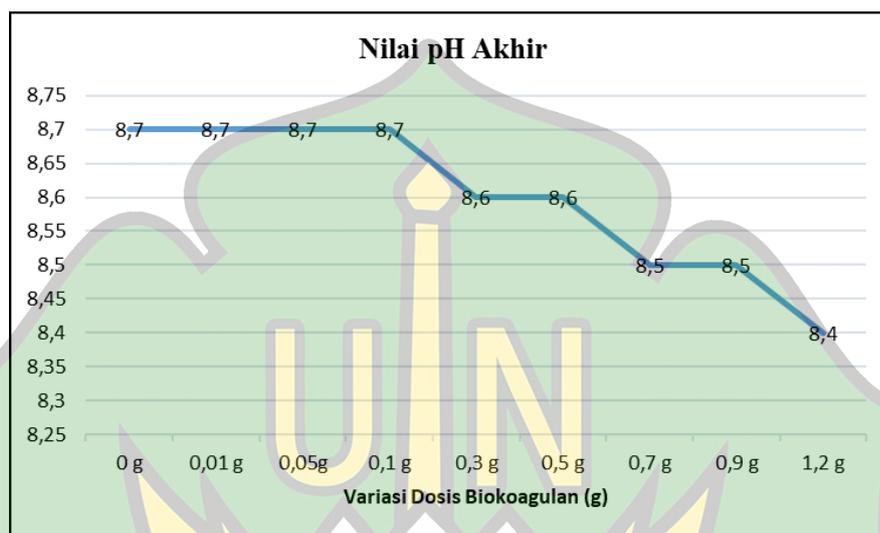
4.4.3 Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai pH

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi. Proses koagulasi yang dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan (Yuliastri, 2010). Nilai awal kadar pH air limbah penatu yaitu 8,7 yang bersifat basa, nilai awal tersebut sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik yaitu 6-9 mg/L. Hasil uji parameter pH dapat dilihat pada Tabel 4.4. Kadar parameter pH setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi, seperti yang terdapat pada Tabel.

Tabel 4.4 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai pH

No	Variasi Dosis Biokoagulan	Pengadukan	Nilai pH Awal	Nilai pH Akhir
1	0 g	120/30 rpm	8,7	8,7
2	0,01g			8,7
3	0,05g			8,7
4	0,1 g			8,7
5	0,3 g			8,6
6	0,5 g			8,6
7	0,7 g			8,5
8	0,9 g			8,5
9	1,2 g			8,4

Pada tabel 4.4 di atas dapat dilihat bahwa nilai akhir pH yang paling mendekati baku mutu terdapat pada dosis 1,2 gram dengan nilai pH akhir 8,4, hal ini disebabkan oleh ion hidroksida pada air limbah bereaksi dengan gugus karboksil asam amino protein pada biji kelor yang kemudian melepaskan ion H^+ dalam suasana asam lemah (Hermida, 2021). Grafik pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap perubahan nilai pH terdapat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai pH

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.9 penurunan nilai pH dari air limbah memiliki perbedaan tergantung dari dosis koagulan yang ditambahkan. Kadar pH pada dosis koagulan 0 gram tidak mengalami kenaikan dan penurunan, hal ini dikarenakan pada dosis tersebut tidak ditambahkan koagulan serbuk biji kelor. Sedangkan setelah penambahan koagulan pada dosis 0,01 gram hingga 1,2 gram menghasilkan nilai pH bervariasi antara dua belas variasi dosis yang mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan nilai pH yang diberikan oleh air limbah penatu akan mempengaruhi muatan dan struktur koagulan polimer karena gugus fungsinya menerima proton atau terdisosiasi (Hermida, 2021).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, baku mutu kadar pH ialah sebesar 6-9. Kadar pH air limbah penatu setelah pengolahan menggunakan biokoagulan serbuk biji kelor didapatkan hasil yang optimum yaitu sebesar 8,4 pada dosis koagulan 1,2 gram. Hasil ini telah memenuhi baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan.

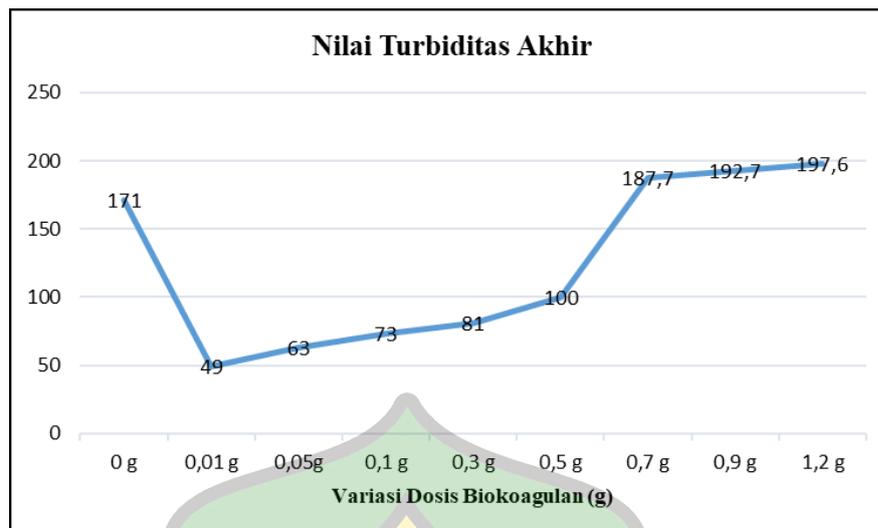
4.4.4 Pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai Turbiditas

Turbiditas (kekeruhan) merupakan partikel terlarut yang akan mempengaruhi warna air yang disebabkan oleh partikel terlarut di dalam air yang ukurannya berkisar antara 0,01-10 mm. partikel yang sangat kecil dengan ukuran kurang dari 5 mm disebut dengan partikel koloid dan sulit mengendap (Yuliastri,2010). Nilai awal kadar turbiditas air limbah penatu yaitu 188,8 mg/L. Hasil uji parameter TSS dapat dilihat pada Tabel kadar parameter TSS setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi, seperti yang terdapat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai Turbiditas

No	Variasi Dosis Biokoagulan	Pengadukan	Nilai Turbiditas Awal	Nilai Turbiditas Akhir	Presentase Penurunan
1	0 g	120/30 rpm	188,8 NTU	171 NTU	10,40%
2	0,01g			49 NTU	74,04%
3	0,05g			63 NTU	66,63%
4	0,1 g			73 NTU	61,33%
5	0,3 g			81 NTU	57,10%
6	0,5 g			100 NTU	43,03%
7	0,7 g			187,7 NTU	0,56%
8	0,9 g			192,7 NTU	-2,07%
9	1,2 g			197,6 NTU	-4,67%

Pada tabel 4.5 diatas dapat dilihat bahwa pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap nilai turbiditas dengan dosis optimum adalah 0,01 gram dengan nilai turbiditas akhir 49 NTU dengan presentase penurunan yaitu 74,04% yang merupakan presentase penurunan tertinggi diantara variasi dosis lainnya. Hal ini disebabkan karena dosis koagulan sangat berpengaruh terhadap penyisihan turbiditas air limbah. Dengan memberikan dosis yang tepat maka penyisihan turbiditas sampel akan semakin signifikan (Firmansyah, 2022). Grafik pengaruh dosis koagulan serbuk biji kelor terhadap perubahan nilai TSS terdapat pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan Serbuk Biji Kelor Terhadap Nilai Turbiditas

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.10 penurunan dan kenaikan nilai turbiditas dari air limbah memiliki perbedaan tergantung dari dosis koagulan yang ditambahkan. Kadar turbiditas dalam air limbah penatu mengalami kenaikan pada dosis koagulan 0 g menjadi 171 mg/L dengan presentase kenaikan -10,40%, hal ini dikarenakan pada dosis tersebut tidak ditambahkan koagulan serbuk biji kelor.

Kemampuan koagulan serbuk biji kelor dalam menurunkan kadar turbiditas semakin menurun setelah di tambahkan variasi dosis 0,5 gram, 0,7 gram dan 1,2 gram berturut-turut mengalami kenaikan dengan nilai menjadi 100 mg/L, 187,7mg/L dan 197,6 mg/L, hal ini disebabkan oleh koagulan yang tidak dapat lagi berinteraksi dengan partikel koloid, begitu pula suspensi yang sebelumnya telah mengendap seluruhnya pada bobot optimum. Sesuai dengan pernyataan Aras dan Asriani (2021) proses koagulasi terjadi hingga membentuk flok dan mengendap diawali interaksi antara koagulan yang mengandung protein *4-alfa-4 rhamnosyl oxy benzyl-isothiocyanate* yang mengandung muatan positif maupun muatan negatif yang mengalami penyebaran secara merata pada air limbah dan berinteraksi dengan partikel koloid yang berlawanan muatannya. Interaksi tersebut menyebabkan partikel penyebab kekeruhan menjadi terganggu stabilitasnya. Ketika koagulan menyatu dengan partikel koloid akan membesar dan mengendap.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Serbuk biji kelor efisien sebagai biokoagulan yang digunakan dalam pengolahan air limbah penatu dan mampu menurunkan kadar COD dengan presentase penurunan sebesar 88,82%, kadar TSS sebesar 70,00%, Kadar pH sebesar 8,4, dan kadar turbiditas sebesar 74,04%. Hasil penurunan kadar COD sebesar 82 mg/L, telah memenuhi baku mutu air limbah domestik, sedangkan pengujian untuk parameter TSS belum mampu menurunkan sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.
2. Pengolahan air limbah penatu dengan proses koagulasi-flokulasi menggunakan delapan variasi dosis serbuk biji kelor. Dari delapan variasi dosis yang dilakukan dosis optimum dalam menurunkan parameter COD, TSS, dan turbiditas ialah pada dosis 0,01 gram.

5.2. Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan riset dari penelitian ini adalah:

1. Perlu dilaksanakan penelitian lanjutan menggunakan berbagai metode lain dengan memanfaatkan bahan alami lainnya untuk mengolah air limbah penatu yang lebih efektif agar sesuai dengan baku mutu.
2. Koagulan serbuk biji kelor lebih ramah lingkungan sehingga dapat dimanfaatkan keberadaan biji kelor yang kurang dimanfaatkan sebagai pengganti koagulan sintesis dalam pengolahan air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alimah, D. (2018). Penggunaan Ekstrak Beberapa Jenis Tanaman Untuk Perbaikan Kualitas Air Melalui Proses Koagulasi. *Jurnal Galam*, 4.
- Aminah, N., Dewi, K., L, N. I. A., dan Samsuci. (2016). Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Keasaman Minuman Kemasan dan Kematangan Buah. *Jurnal ElektriKa*, 28–35.
- Angelina, C., Swasti, Y. R., dan Pranata, F. S. (2021). Peningkatan Nilai Gizi Produk Pangan Dengan Penambahan Bubuk Daun Kelor (*Moringa Oleifera*). *Jurnal Agroteknologi*, 15(1).
- Ardiyanto, P., Yuantari, M. G. C., dan Studi. (2016). Analiisis Limbah Laundry Informal Dengan Tingkat Pencemaran Lingkungan Di Kelurahan Muktiharjo Kidul Kecamatan Pedurungan Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 1–12.
- Armus, R., Tumpu, M., Tamim, T., Nenny, Affandy, N. A., Syam, M. A., Hamdi, F., Rustan, F. R., Mukrim, M. I., dan Amrullah, M. (2021). Pengembangan Sumber Daya Air. *YayasanKita Menulis* (146).
- Askari, H. (2015). Perkembangan Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Research Gate*, 1–10.
- Astuti, S. W., dan Sinaga, M. S. (2015). Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Metode Biosand Filter Untuk Mendegradasi Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(2).
- Atima, W. (2015). BOD Dan COD Sebagai Parameter Air Dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science Dan Education*, 4(1).
- B, R., dan Mallongi, A. (2018). Studi Karakteristik Dan Kualitas BOD Dan COD Limbah Cair Rumah Sakit Umum Daerah Lanto DG. Pasewang Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK)*, 1.

- Bangun, A. R., Aminah, S., Hurahaeen, A. A., dan Ritonga, M. Y. (2013). Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1).
- Bija, S., Yulma, Imra, Aldian, Maulana, A., dan Rozi, A. (2020). Sintesis Biokoagulan Berbasis Kitosan Limbah Sisik Ikan Bandeng Dan Aplikasinya Terhadap Nilai BOD Dan COD Limbah Tahu Di Kota Tarakan. *Jurnal PHPI*, 23(1).
- Clever, M., dan Cahyonugroho, O.H. (2022). Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Membran Nanofiltrasi Dengan Koagulan dan Flokulasi, dan Mikrofiltrasi Sebagai Pretreatment. *Jurnal Envirous*. 3(1).
- fadarina., Sari, I.P., dan Harahap, H.R. (2021). Pengolahan Air Buangan Limbah Laundry Menggunakan *Bottom Ash* Sebagai Media Adsropsi. *Jurnal Kinetika* 12(2), 21-28
- Firmansyah, M. R., dan Sihombing, B. M. (2022). Demonstrasi Penyaringan Air Sederhana Di Dusun Tegalamba Desa Kedung Jaya, Cibuaya Karawang. *Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian (KNPP)*, 5–9.
- Fitriyanti, A. P., Gafur, A., dan Rahman. (2019). Pengolahan dan Kualitas Limbah Cair Hotel Swiss-Bell Panakukkang Di Kota Makassar. *Jurnal Celebes Enviromental Science*, 1(1), 13–20.
- Hak, A., Kurniasih, Y., dan Hatimah, H. (2018). Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleifera* , Lam) Sebagaiu Koagulan Untuk Menurunkan Kadar TDS dan TSS Dalam Limbah Laundry. *Jurnal Kependidikan Kimia*, 6(2).
- Hermida, L., Agustian, J., dan Kurniasari, B. (2021). Penggunaan Ekstrak Biji Kelor sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Laundry. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 2(2), 28–34.
- Husaini, Cahyono, S. S., Suganal, dan Hidayat, K. N. (2018). Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan

Metode Jar Test. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(1), 31–45.
<https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No1.2018.387>

Husnah. (2016). Pengaruh Waktu Pengadukan Pelan Pada Koagulasi Air Rawa. *Jurnal Redoks*, 1(1).

Hutabarat, D. M., Witasari, W. S., dan Baskoro, R. (2022). Pengaruh Jenis Koagulan dan Variasi pH Terhadap Kualitas Limbah Cair di Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Kawasan Industri Intiland. *Jurnal Teknologi Separasi*, 8(3).

Isnaini, H. H. (2020). *Potensi Pencemaran Limbah Cair Rumah Pemootongan Ayam X Di Dusun Betakan, Sumber Rahayu, Moyudan Sleman*. Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta.

Kurniati, L. Y., Haeruddin, dan Rahman, A. (2020). Analisis Beban dan Status Pencemaran BOD dan COD di Kali Asin, Semarang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3).

Majid, M., Amir, R., Umar, R., dan Hengky, H. K. (2017). Efektivitas penggunaan karbon aktif pada penurunan kadar fosfat limbah cair usaha laundry di kota parepare sulawesi selatan. *Prosiding Seminar Nasional IKAKESMADA*, 85–91.

Nafisah, A. (2020). *Degradasi Kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Tenun Oleh Bakteri Endofit*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Ningsih, E., Sato, A., Azizah, N., dan Rumanto, P. (2018). Pengaruh Waktu Pengendapan dan Dosis Biokoagulan dari Biji Kelor dan Biji Kecapir terhadap Limbah Laundry. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*, 1–7.

Nurjanah, S., Zaman, B., dan Syakur, A. (2017). Penyisihan BOD Dan COD Limbah Cair Industri Karet Dengan Sistem Biofilter Aerob Dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP*, 6(1).

- Palilingan, S., Pungus, M., dan Tumimomor, F. (2019). Penggunaan kombinasi adsorben sebagai media filtrasi dalam menurunkan kadar fosfat dan amonia air limbah laundry. *Journal of Chemistry*, 4(2), 48–53.
- Pembayun, S. W. R., dan Rahmayanti, M. (2020). Efektivitas Biji Asam Jawa Sebagai Koagulan Alami Dalam Menurunkan Konsentrasi Zat WarnaRemazol Red Dan Nilai COD. *Jurnal Undiksha*, 9(2), 162–169.
- Purnama, I. G. H., dan Purnama, S. G. (2015). *Pengolahan Air Limbah Binatu (Laundry) Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan*. Universitas Udayana.
- Putri, A. C. (2021). *Efektivitas Penggunaan Karbon Aktif dan Zeolit Dalam Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Laundry Di Kecamatan Medan Selayang*. Universitas Sumatra Utara.
- R, N. F., Hadiwidodo, M., dan Rezagama, A. (2017). Pengurabayaolahan Lindi Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Alumunium Sulfat Dan Metode Ozonisasi Untuk Menurunkan Parameter BOD, COD, Dan TSS. *Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP*, 6(1).
- Rachmania, K. A. (2020). *Evektivitas Kombinasi Serbuk Biji Kelor (Moringa Oleifera) Dengan Serbuk Biji Flamboyan (Delonix Regia R) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS Dan Kekeruhan Pada Limbah Cair Industri Tahu*. Universitas Sunan Ampel Surabaya.
- Rahmat, F. Al, Sunarya, U., dan Tulloh, R. (2018). Prototipe Robot Kapal Pengukur Tingkat PH dan Turbiditas Air Berbasis Metode Modified Fuzzy. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14(1), 43–50. <https://doi.org/10.17529/jre.v14i1.9771>
- Rahmatiyas, H. (2021). *WL-Port (Waste Laundry Portable) Sebagai Sarana Pengelolaan Limbah Laundry Menggunakan Konsep Fitoremediasi dan Filtrasi*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

- Ramadhani, D. P. (2017). *Analisa Kadar Total Padatan Tersuspensi (TSS) Dari Air Limbah Domestik Menggunakan Metode Gravimetri Di Instalasi Pengolahan Air Limbah PDAM Tirtana Di Cemara Medan*. Universitas Sumatera Utara.
- Rohman, M. K. (2016). *Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Filter Membran Dari Sintesis Zeolit Dan Kitosan Untuk Menurunkan Total Suspended Solid (TSS) Dan Surfaktan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rustiah, W., dan Andriani, Y. (2018). Analisis Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*, lamk) Dalam Menurunkan Kadar COD dan BOD Pada Limbah Jasa Laundry. *Jurnal Indo Chem*, 5(2), 96–100.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., dan Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi-Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi. *Jurnal Arena Tekstil*, 31(2), 105–114.
- Sari, M. (2017). Optimalisasi Daya Koagulan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal AGRITEPA*, 4(1), 25–37.
- Setiawati, L., Musthofa, M. A., dan Daud, D. (2021). Analisis Kelayakan Usaha Air Mineral Isi Ulang Aser Water Dalam Pandangan Ekonomi Islam Di Desa Pandan Lagan Kecamatan Geragain. *Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi*, 3(1), 79–84.
- Setyawati, H., Kriswantono, M., Nisa, D. A., dan Hastuti, R. (2017) Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu. *Jurnal Teknik Industri Inovatif*. 7(2).
- Suoth, A. E., dan Nazir, E. (2016). Karakteristik Air Limbah Rumah Tangga (grey water) Pada Salah Satu Perumahan Menengah Keatas Yang Berada Di Tangerang Selatan. *Jurnal Ecolab*, 10(2), 47–102.
- Wicheisa, F. V., Hasnani, Y., dan Astorina, N. (2018). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Cair Laundry Orens Tembalang

Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6(6), 136–142.



LAMPIRAN PERHITUNGAN

1. Perhitungan Nilai TSS

a. Dosis koagulan 0 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1602 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 98 \text{ mg/L}$$

b. Dosis koagulan 0,01 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1537 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 33 \text{ mg/L}$$

c. Dosis koagulan 0,05 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1546 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 42 \text{ mg/L}$$

d. Dosis koagulan 0,1 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1552 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 48 \text{ mg/L}$$

e. Dosis koagulan 0,3 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1721 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 217 \text{ mg/L}$$

f. Dosis koagulan 0,5 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1760 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 256 \text{ mg/L}$$

g. Dosis koagulan 0,7 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1800 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 296 \text{ mg/L}$$

h. Dosis koagulan 0,9 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1807 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 303 \text{ mg/L}$$

i. Dosis koagulan 1,2 gram

$$\text{TSS (mg/L)} = \left(\frac{(0,1832 - 0,1504) \times 1000}{0,1} \right) = 328 \text{ mg/L}$$

2. Nilai Presentase Penurunan Setiap Parameter

a. Parameter COD

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-510}{733,48} \right) \times 100\% = 30,46\%$$
- Dosis koagulan 0,01 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-82}{733,48} \right) \times 100\% = 88,82\%$$
- Dosis koagulan 0,05 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-131}{733,48} \right) \times 100\% = 82,13\%$$
- Dosis koagulan 0,1 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-258}{733,48} \right) \times 100\% = 64,82\%$$
- Dosis koagulan 0,3 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-264}{733,48} \right) \times 100\% = 64,00\%$$
- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-281}{733,48} \right) \times 100\% = 61,68\%$$
- Dosis koagulan 0,7 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-293}{733,48} \right) \times 100\% = 60,05\%$$
- Dosis koagulan 0,9 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-323}{733,48} \right) \times 100\% = 55,96\%$$
- Dosis koagulan 1,2 gram

$$\% P = \left(\frac{733,48-346}{733,48} \right) \times 100\% = 52,83\%$$

b. Parameter TSS

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-98}{110,0} \right) \times 100\% = 10,90\%$$
- Dosis koagulan 0,01 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-33}{110,0} \right) \times 100\% = 70,00\%$$

- Dosis koagulan 0,05 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-42}{110,0} \right) \times 100\% = 61,81\%$$
- Dosis koagulan 0,1 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-48}{110,0} \right) \times 100\% = 56,36\%$$
- Dosis koagulan 0,3 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-217}{110,0} \right) \times 100\% = -97,27\%$$
- Dosis koagulan 0,5 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-256}{110,0} \right) \times 100\% = -132,72\%$$
- Dosis koagulan 0,7 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-296}{110,0} \right) \times 100\% = -169,09\%$$
- Dosis koagulan 0,9 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-303}{110,0} \right) \times 100\% = -175,45\%$$
- Dosis koagulan 1,2 gram

$$\% P = \left(\frac{110,0-328}{110,0} \right) \times 100\% = -198,18\%$$

c. Parameter Turbiditas

- Dosis koagulan 0 gram

$$\% P = \left(\frac{188,8-171}{188,8} \right) \times 100\% = 10,40\%$$
- Dosis koagulan 0,01 gram

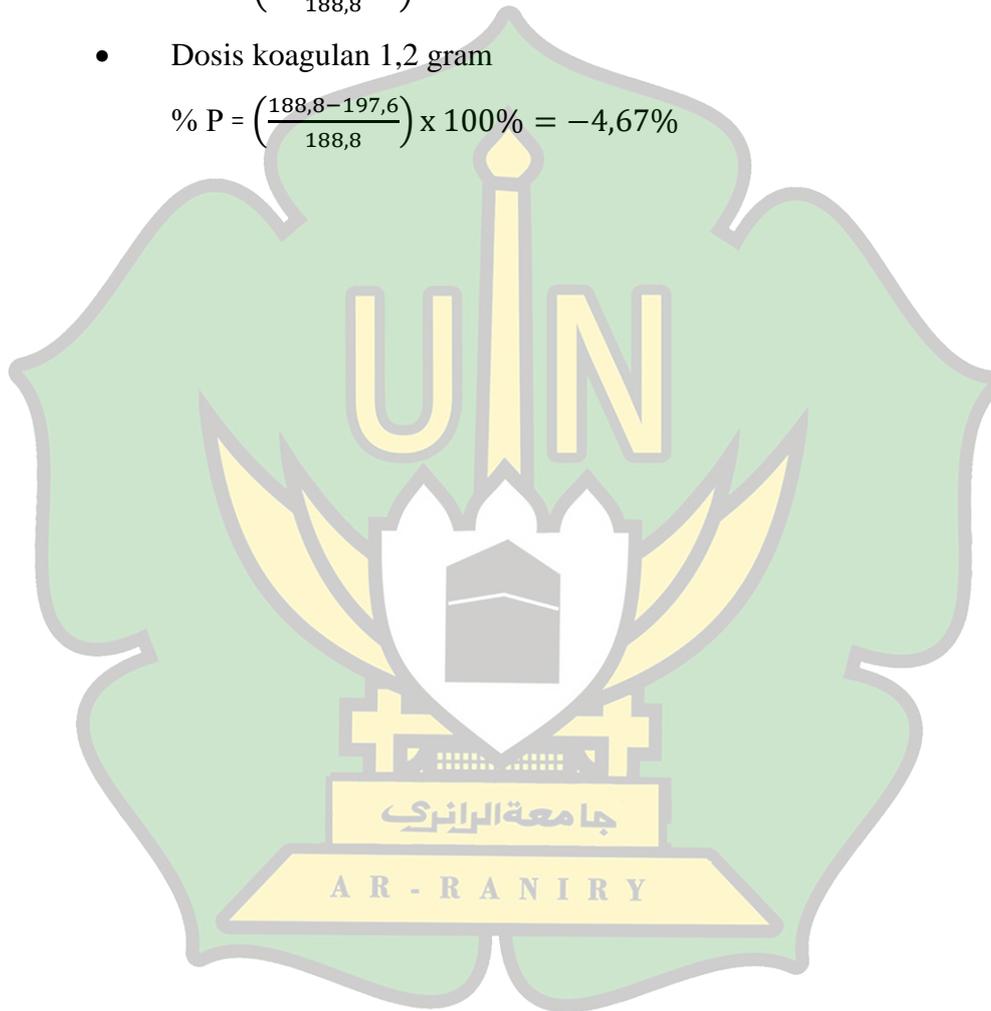
$$\% P = \left(\frac{188,8-49}{188,8} \right) \times 100\% = 74,04\%$$
- Dosis koagulan 0,05 gram

$$\% P = \left(\frac{188,8-63}{188,8} \right) \times 100\% = 66,63\%$$
- Dosis koagulan 0,1 gram

$$\% P = \left(\frac{188,8-73}{188,8} \right) \times 100\% = 61,33\%$$
- Dosis koagulan 0,3 gram

$$\% P = \left(\frac{188,8-81}{188,8} \right) \times 100\% = 57,10\%$$

- Dosis koagulan 0,5 gram
$$\% P = \left(\frac{188,8-100}{188,8} \right) \times 100\% = 43,03\%$$
- Dosis koagulan 0,7 gram
$$\% P = \left(\frac{188,8-187,7}{188,8} \right) \times 100\% = 0,56\%$$
- Dosis koagulan 0,9 gram
$$\% P = \left(\frac{188,8-192,7}{188,8} \right) \times 100\% = -2,07\%$$
- Dosis koagulan 1,2 gram
$$\% P = \left(\frac{188,8-197,6}{188,8} \right) \times 100\% = -4,67\%$$



LAMPIRAN
TABEL JADWAL PENELITIAN

Waktu Penelitian	Waktu Penelitian																												
	April			Mei			Juni			Juli			Agustus			September			Oktober			November			Desember			Januari	
	Minggu Ke-																												
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	
pengajuan Judul	■	■	■																										
Identifikasi Masalah				■	■	■	■																						
Penyusunan Proposal								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
Seminar Proposal																													
Revisi Proposal																													
Pengurusan Izin Penelitian																													
Penelitian																													
Penyusunan Tugas Akhir																													
Sidang Tugas Akhir																													

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN

A. Tahap Pembuatan Biokoagulan Serbuk Biji Kelor

No	Gambar	Keterangan
1		Biji kelor yang belum di kupas
2		Biji kelor tanpa cangkang dan di oven dengan suhu 105°C selama 2 jam
3		Biji kelor dihaluskan menggunakan <i>blender</i>
4		Serbuk biji kelor yang telah halus dan dikering anginkan

5		<p>Pengayakan serbuk biji kelor menggunakan ayakan 40 mesh</p>
6		<p>Serbuk biji kelor yang siap digunakan sebagai biokoagulan</p>

B. Tahap Pengujian Biokoagulan

No	Gambar	Keterangan
1		<p>Pengambilan sampel air limbah penatu</p>
2		<p>Proses penimbangan dosis biokoagulan</p>

3		Proses pengadukan sampel tanpa biokoagulan
4		Proses pengadukan cepat menggunakan biokoagulan dengan kecepatan 120 rpm
5		Proses pengadukan lambat menggunakan biokoagulan dengan kecepatan 30 rpm
6		Proses pengendapan sampel selama 60 menit
7		Proses pengendapan

8		Hasil pengendapan
9		Hasil Pengendapan

C. Tahap Pengujian Parameter

No	Gambar	Keterangan
1		Proses pembuatan sampel COD
2		Proses pembuatan sampel COD

3		Proses pembuatan sampel COD
4		Proses pemanasan sampel COD didalam COD reaktor
5		Proses pendinginan sampel
6		Pengecekan hasil COD menggunakan COD meter

7		Hasil COD
8		Proses pengujian TSS
9		Proses mengoven kertas saring
10		Penimbangan kertas saring
11		Hasil penimbangan

12		Pengujian Ph
13		Hasil parameter Ph
14		Proses pengecekan turbiditas dan hasil
15		Hasil parameter turbiditas