

PEMANFAATAN SERBUK DAUN TREMBESI (*Samanea saman*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI DALAM MENINGKATKAN KUALITAS AIR SUMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**SRI MUTIA MAYLIANSA
NIM. 160702041
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M / 1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN SERBUK DAUN TREMBESI (*Samanea saman*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI DALAM MENINGKATKAN KUALITAS AIR SUMUR

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:
SRI MUTIA MAYLIANSA
NIM. 160702041
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Disetujui untuk Dimunakaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,



Reni Silvia Nasution, M.Si
NIDN. 2022028901

Pembimbing II,



Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, M.Sc
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN SERBUK DAUN TREMBESI (*Samanea saman*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI DALAM MENINGKATKAN KUALITAS AIR SUMUR

TUGAS AKHIR

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
Serta diterima sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/ Tanggal: Rabu, 26 Juli 2023
8 Muharram 1445 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,



Reni Silvia Nasution, M.Si
NIDN. 2022028901

Sekretaris,



Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202

Penguji I,



Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc
NIDN. 2015118002

Penguji II,



Arief Rahman, M.T
NIDN. 2010038901

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN 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 : Sri Mutia Mayliansa
NIM : 160702041
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pemanfaatan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*)
Sebagai Koagulan Alami Dalam Meningkatkan Kualitas
Air Sumur

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
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;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya 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, 26 Juli 2023

Yang Menyatakan,



Sri Mutia Mayliansa

ABSTRAK

Nama : Sri Mutia Mayliansa
NIM : 160702041
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemanfaatan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Meningkatkan Kualitas Air Sumur
Tanggal Sidang : 26 Juli 2023
Jumlah Halaman : 69 Halaman
Pembimbing I : Reni Silvia Nasution, M.Si
Pembimbing II : Aulia Rohendi, M.Sc
Kata Kunci : Koagulasi-Flokulasi, Daun Trembesi (*Samanea saman*), Efektivitas, Pengolahan Air.

Air sumur gali yang berlokasi di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar teridentifikasi mengandung pencemar berdasarkan parameter kekeruhan, pH, besi (Fe), dan kesadahan, parameter tersebut dapat menimbulkan perubahan warna, rasa, bau, dan menimbulkan masalah terhadap kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis terbaik dan efektivitas serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan pada air sumur dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi serta dengan bantuan koagulan alami. Adapun koagulan yang digunakan pada penelitian ini ialah daun trembesi (*Samanea saman*) yang telah dihaluskan sampai ukuran 100 *mesh*. Pengolahan pada penelitian ini dilakukan dengan dosis variasi 0 g/L, 0,6 g/L, 0,8 g/L, 1 g/L, 1,2 g/L dan 1,4 g/L menggunakan alat *Jar Test* dengan pengadukan cepat 180 rpm selama 5 menit dilanjutkan dengan pengadukan lambat 80 rpm selama 15 menit dan waktu pengendapan selama 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis terbaik dari koagulan daun trembesi terhadap parameter kekeruhan berada pada penambahan dosis 0,6 g/L dengan efektivitas penurunan 46,7%, parameter pH masih berada pada nilai pH netral (6,5-8,5) dan nilai pH tersebut masih memenuhi syarat baku mutu kualitas air bersih. Selanjutnya penurunan parameter Fe yang baik terdapat pada dosis koagulan 1,2 g/L dan pada parameter kesadahan penambahan dosis koagulan terbaik berada pada dosis 0,6 g/L dengan efektivitas penurunan sebesar 7,69%.

ABSTRACT

Name : Sri Mutia Mayliansa
NIM : 160702041
Departement : *Environmental Engineering*
Title : *Utilization of Trembesi Leaf Powder (Samanea saman) As a Natural Coagulant in Improving Well Water Quality*
Date : 26 July 2023
Number of Pages : 69 Pages
Advisor I : Reni Silvia Nasution, M.Si
Advisor II : Aulia Rohendi, M.Sc
Keywords : *Coagulation-Flocculation, Trembesi Leaf (Samanea saman), Effectiveness, Water Treatment.*

The dug well water located in Lingom Village, Indrapuri District, Aceh Besar Regency was identified as containing pollutants based on the parameters of turbidity, pH, iron (Fe), and hardness, these parameters can cause changes in color, taste, smell, and cause health problems. This research aims to determine the best dose and effectiveness of trembesi leaf powder (Samanea saman) in reducing levels of turbidity, pH, Fe and hardness in well water using the coagulation-flocculation method and with the help of natural coagulants. The coagulant used in this research is trembesi (Samanea saman) leaves which have been ground to a size of 100 mesh. Processing in this study was carried out with varying doses of 0 g/L, 0.6 g/L, 0.8 g/L, 1 g/L, 1.2 g/L and 1.4 g/L using the Jar test apparatus with stirring. fast 180 rpm for 5 minutes followed by slow stirring at 80 rpm for 15 minutes and settling time for 60 minutes. The results showed that the best dose of trembesi leaf coagulant for turbidity parameters was an additional dose of 0.6 g/L with an effective reduction of 46.7%, the pH parameter was still at a neutral pH value (6.5-8.5) and the This pH still meets the requirements for clean water quality standards. Furthermore, a good reduction in Fe parameters was found at a coagulant dose of 1.2 g/L and for hardness parameters, the best addition of coagulant dose was at a dose of 0.6 g/L with a reduction effectiveness of 7.69%.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah Swt. yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya serta *shalawat* beriring salam senantiasa tercurah kepada Nabi Besar Muhammad saw. dengan pertolongan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pemanfaatan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea Saman*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Meningkatkan Kualitas Air”**. Tugas akhir ini disusun guna memperoleh gelar sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-raniry Banda Aceh.

Ucapan terima kasih kepada kedua orang tua, Ayahanda Sopian Saleh dan Ibunda Misra Malini dan segenap keluarga tercinta yang telah banyak memberikan dorongan moral, semangat serta do'a sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak yang telah membantu. Selanjutnya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Ar-Raniry Banda Aceh dan sekaligus Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan tugas akhir.
4. Ibu Reni Silvia Nasution, M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan tugas akhir.
5. Bapak M. Faisi Ikhwal, M. Eng., selaku Penasehat Akademik.

6. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc., selaku dosen penguji I pada sidang munaqasyah tugas akhir.
7. Bapak Arief Rahman, M.T., selaku dosen penguji II pada sidang munaqasyah tugas akhir.
8. Ibu Firda Elvisa, S.E., dan ibu Nurul Huda, S.Pd., yang sudah banyak membantu dan memudahkan segala urusan administrasi selama berkuliah di Prodi Teknik Lingkungan.
9. Seluruh Dosen Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama perkuliahan.
10. Seluruh Staf Tata Usaha Prodi, Fakultas dan Perpustakaan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang telah memberikan banyak bantuan.
11. Nur Azizah, S.T., Maulidianur, S.T., Syarifah 'Aliya Yasmin, S.T., Muhammad Iswandi, S.T., dan seluruh rekan-rekan Jurusan Teknik Lingkungan angkatan 2016 yang telah bersama-sama dalam mengerjakan tugas akhir, berdiskusi dalam penyusunan tugas akhir, serta memberikan semangat dan dukungan.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir, penulis menyadari akan terbatasnya pengetahuan, kemampuan dan pengalaman sehingga Tugas Akhir ini masih jauh dari kata kesempurnaan, untuk itu penulis menerima segala kritikan dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Banda Aceh, 26 Juli 2023
Penulis,

Sri Mutia Mayliansa

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN 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
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sumber-sumber Air	5
2.2 Parameter Kualitas Air Bersih.....	7
2.3 Standar Baku Mutu Air Bersih	8
2.4 Air sumur	9
2.5 Koagulasi	11
2.6 Flokulasi	13
2.7 Jartest	14
2.8 Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	15
2.7.1 Morfologi Tanaman Trembesi (<i>Samanea saman</i>).....	15
2.7.2 Kandungan Kimia Trembesi	16
2.9 Penelitian Terdahulu.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Alat dan Bahan	20
3.1.1 Alat	20
3.1.2 Bahan.....	20
3.2 Pengambilan Sampel	20
3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel	20
3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel.....	21
3.3 Metode Penelitian	22

3.4 Tahapan Penelitian	23
3.5 Prosedur Pembuatan Koagulan Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) dan Pengujian Terhadap Sampel	25
2.5.1 Identifikasi Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	25
2.5.2 Pembuatan Koagulan Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	25
2.5.3 Pengujian Koagulan Terhadap Sampel Air	25
3.6 Analisis Parameter Kualitas Air	26
3.6.1 Pengukuran Kekeruhan	26
3.6.2 Pengukuran Derajat Keasaman (pH)	26
3.6.3 Pengukuran Besi (Fe)	27
3.6.4 Pengukuran Kesadahan	27
3.7 Prosedur Pengujian Jartest	27
3.8 Analisis Data	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Penelitian	29
4.1.1 Identifikasi Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	29
4.1.2 Hasil Uji Parameter Air Sumur	29
4.1.3 Hasil Pengolahan Air Sumur Menggunakan Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	30
4.2 Pembahasan	31
4.2.1 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter Kekeruhan Pada Air Sumur Gali	31
4.2.2 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter pH Pada Air Sumur Gali	33
4.2.3 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter Fe Pada Air Sumur Gali	35
4.2.4 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter Kesadahan Pada Air Sumur Gali	38
BAB V PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Proses pengikatan partikel koloid oleh koagulan	11
Gambar 2.2	Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>).....	16
Gambar 3.1	Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air Sumur.....	21
Gambar 3.2	Kondisi air sumur di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar.....	22
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1	Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter Kekeruhan.....	32
Gambar 4.2	Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter pH.....	34
Gambar 4.3	Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter Fe	37
Gambar 4.4	Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Terhadap Penurunan Parameter Kesadahan.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Air Bersih.	9
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Mengenai Koagulan Alami	18
Tabel 4.1 Hasil Uji Parameter Air Sumur Sebelum Pengolahan.....	29
Tabel 4.2 Hasil Uji Parameter Air Sumur Setelah Pengolahan Menggunakan Serbuk Daun Trembesi.	30
Tabel 4.3 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter Kekeruhan.	31
Tabel 4.4 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter pH.	34
Tabel 4.5 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter Besi.	36
Tabel 4.6 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter Kesadahan.	38



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Halaman
PAC	<i>Poly Aluminium Chloride</i>	2
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	3
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>	3
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	3
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	13
Rpm	<i>Rotation Per Minute</i>	22
SNI	Standar Nasional Indonesia	21

LAMBANG

Fe	Besi	1
CaCO ₃	Kesadahan	1
Ca	Kalsium	2
Mg	Magnesium	2
Pb	Timbal	4
Mn	Mangan	8
Pb	Timbal	4
Mn	Mangan	8
Al	Aluminium	10
Sr	Strontium	10
Zn	Seng	10
Na	Natrium	11
Al ₂ (SO ₄) ₃	Aluminium Sulfat	13
Fe ₂ (SO ₄) ₃	Ferri Sulfat	13
FeSO ₄	Ferro Sulfat	13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Identifikasi Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>).....	47
Lampiran 2.	Hasil Data Penelitian	48
Lampiran 3.	Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi.	50
Lampiran 4.	Hasil Observasi Awal Air Sumur.....	51
Lampiran 5.	Dokumentasi Proses Pengambilan Sampel Air Sumur	52
Lampiran 6.	Dokumentasi Proses Pembuatan Serbuk Daun Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	52
Lampiran 7.	Proses Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan Jarrest.....	54
Lampiran 8.	Dokumentasi Alat Pengujian Parameter Kekeruhan	54
Lampiran 9.	Dokumentasi Alat Pengujian Parameter pH.....	55
Lampiran 10.	Lampiran Perhitungan Persentase	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air yang bersih sangat dibutuhkan untuk menunjang kehidupan sehari-hari (Ariyatun dkk., 2018). Sumber air baku yang sering dimanfaatkan selain air sungai dan mata air ialah air sumur. Air hujan yang meresap ke dalam tanah merupakan sumber air sumur dan air tanah. Meskipun air sumur merupakan sumber air bersih, air sumur gali bisa mengandung polutan dan mudah tercemar (Sari & Huljana, 2019). Keadaan geologis merupakan salah satu penyebab air tanah mudah tercemar, hal tersebut dikarenakan jalur perjalanan air dapat mempengaruhi kualitas air tanah (Hamzani dkk., 2014). Air hujan yang terserap ke dalam tanah akan melewati beberapa lapisan tanah yang mengandung zat-zat tertentu, zat tersebut dapat mempengaruhi beberapa parameter air antara lain ialah kekeruhan, derajat keasaman (pH), besi (Fe) dan kesadahan (CaCO_3) (Mashadi dkk., 2018).

Kekeruhan (*Turbidity*) pada air diakibatkan oleh zat-zat tersuspensi seperti lempung, lumpur, zat organik dan zat halus lainnya. Kekeruhan menyebabkan terhambatnya cahaya matahari yang akan masuk ke air sehingga mengakibatkan terganggunya kehidupan organisme akuatik pada air (Kurniawati dkk., 2017).

Derajat keasaman (pH) merupakan satuan yang digunakan untuk mengukur kadar keasaman dan kebasaan suatu larutan, perubahan nilai pH akan mempengaruhi proses kimia, fisika dan organisme yang berada pada air. Jika nilai pH melebihi baku mutu kualitas air maka akan menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan (Rachmanica, 2020). Adapun zat-zat lain yang berada pada air sumur ialah kandungan zat besi. Menurut Adeko dan Mualim (2020), kandungan besi yang berada di dalam air bersumber dari batu-batuan yang mengandung zat besi. Konsentrasi zat besi yang tinggi pada air dapat menimbulkan perubahan warna, rasa dan bau, serta menimbulkan masalah terhadap kesehatan seperti iritasi pada mata dan kulit (Akbar dkk., 2015). Selain kandungan besi, kesadahan juga dapat mempengaruhi kualitas air bersih. Kesadahan pada air dapat menyebabkan

masalah kesehatan seperti gangguan terhadap ginjal dan jaringan otot, serta dapat merugikan secara ekonomi (Vaujiah, 2018).

Menurut hasil observasi awal terhadap sampel air sumur yang berlokasi di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar, ditemukan kondisi air sumur di desa tersebut teridentifikasi mengandung kadar kekeruhan, kadar besi dan kesadahan yang melebihi standar baku mutu sesuai dengan PERMENKES No. 32 Tahun 2017, kadar kekeruhan memiliki nilai maksimum yang diperbolehkan berada di air ialah sebesar 25 NTU, nilai pH 6,5-8,5, kadar besi 1,0 mg/L dan kesadahan 500 mg/L. Adapun hasil pengujian awal yang dilakukan di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar tersebut ialah kadar kekeruhan sebesar 298 NTU, kadar besi 8,88 mg/L dan kadar kesadahan 335 mg/L. Berdasarkan hasil pengujian awal dapat dibuktikan bahwa air sumur tersebut memiliki kandungan pencemar yang dapat membahayakan kesehatan jika digunakan dalam jangka waktu yang lama, sehingga dibutuhkan proses pengolahan air bersih untuk mengurangi kadar pencemar yang ada pada air.

Dalam proses pengolahan air bersih terdapat beberapa metode, yaitu metode filtrasi, koagulasi-flokulasi, biofilter, adsorpsi, dan presipitasi. Koagulasi dan flokulasi merupakan metode pengolahan yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk menyisihkan polutan pada air. Penambahan koagulan dapat membantu proses pengendapan. Koagulan terbagi menjadi dua jenis, yaitu koagulan sintesis dan koagulan alami. Adapun koagulan yang efektif dipakai ialah koagulan sintesis, koagulan tersebut adalah aluminium sulfat dan *poly aluminium chloride* (PAC). Namun terdapat efek samping dari penggunaan bahan sintesis tersebut, yaitu berupa endapan yang masih mengandung unsur kimia yang berbahaya, harganya yang mahal, serta dapat menyebabkan masalah kesehatan (Zuraida dkk., 2020).

Alternatif lain yang dapat digunakan untuk menggantikan koagulan sintesis ialah koagulan dari bahan alami. Salah satu kelebihan dari penggunaan koagulan alami tersebut dikarenakan harganya yang terjangkau, ramah lingkungan dan mudah didapatkan. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan bahan-bahan alami sebagai koagulan, antara lain seperti petai cina (*Leucaena*

leucocephala), kacang kedelai (*Glycine max*), buncis (*Phaseolus vulgaris*), kacang tanah (*Arachis hypogaea*) (Kristianto dkk., 2019). Tanaman lainnya seperti kacang babi (*Vicia faba*), biji nirmali (*Strychnos potatorum*), biji asam jawa (*Tamarindus indica*), biji kelor (*Moringa oleifera*), biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus L.*) (Hendrawati dkk., 2013). Menurut Adira (2020), tanaman trembesi dapat dijadikan untuk koagulan alami.

Tanaman trembesi mengandung kalsium serta protein yang tinggi dan juga mengandung zat fitokimia seperti tanin, steroid, flavonoid, glikosida kardiak, terpenoid dan saponin (Putri dkk., 2020). Zat tersebut dapat membantu dalam proses koagulasi dan flokulasi. Zat tanin adalah suatu zat yang membantu dalam proses pengendapan protein dan dapat mengikat logam (Nurismasari & Hardjono, 2021). Beberapa peneliti telah memanfaatkan tanaman trembesi (*Samanea saman*) sebagai koagulan alami, seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Adira (2020), tentang pemanfaatan biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai biokoagulan pada pengolahan limbah cair domestik. Kemudian Penelitian yang dilakukan oleh Prawita dkk (2013), tentang pemanfaatan daun trembesi (*Samanea saman*) dalam mengadsorpsi logam berat timbal. Penelitian Amanda (2019) tentang pemanfaatan biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai koagulan alami untuk menurunkan BOD, COD, TSS dan kekeruhan pada pengolahan limbah cair tempe.

Berdasarkan latar belakang di atas pentingnya dilakukan penelitian terhadap serbuk daun trembesi untuk meningkatkan kualitas air sumur gali, karena pemanfaatan serbuk daun trembesi sebagai koagulan untuk pengolahan air bersih belum dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka peneliti merumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Berapakah dosis terbaik serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan pada air sumur?
2. Bagaimanakah efektivitas serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan pada air sumur?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui dosis terbaik serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan pada air sumur.
2. Mengetahui efektivitas serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH, Fe kesadahan dan pada air sumur.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan serta informasi tentang pemanfaatan daun trembesi (*Samanea saman*) sebagai koagulan alami untuk menurunkan kadar kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan pada air sumur.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Koagulan alami yang digunakan berasal dari daun trembesi (*Samanea saman*), tidak ada pemilihan daun secara spesifik.
2. Pada penelitian ini hanya dilakukan variasi dosis koagulan yaitu 0 g/L, 0,6 g/L, 0,8 g/L, 1 g/L, 1,2 g/L, dan 1,4 g/L, tidak ada variasi pengadukan atau waktu pengadukan.
3. Pada penelitian ini parameter uji yang dilakukan hanya kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber-sumber Air

Air adalah kebutuhan yang sangat penting untuk menunjang kehidupan makhluk hidup. Air harus memenuhi standar tertentu agar dapat dinyatakan layak untuk dikonsumsi, standar ini meliputi karakteristik fisik, kimia, dan bakteriologis. Apabila salah satu karakteristik tersebut tidak memenuhi standar. Sumber air bersih harus terus dijaga dan dilindungi kelestariannya agar kualitas dan kuantitas air terjaga dan bisa dimanfaatkan dalam jangka waktu yang lama (Vaujiah, 2018). Adapun sumber-sumber air yang terdapat di bumi ialah sebagai berikut:

1. Air hujan

Air hujan dihasilkan oleh siklus hidrologi, ketika panas dari matahari menyebabkan air di permukaan menguap, uap air tersebut naik ke ketinggian tertentu hingga suhunya setara dengan udara sekitar. Air hujan pada umumnya bersifat bersih, namun saat berada di atmosfer sering kali tercemar. Pencemaran udara tersebut berupa debu, asap kendaraan yang padat, atau asap dari pabrik dan lain sebagainya menyebabkan air hujan melarutkan polutan-polutan yang ada di udara (Larasati, 2020).

2. Air laut

Air laut mengandung natrium klorida, kandungan tersebut membuat air laut bersifat asin. Keberadaan air laut sekitar 97% dari total air yang ada di permukaan bumi, namun air laut tidak bisa digunakan secara langsung oleh manusia karena tidak sesuai dengan kebutuhan air minum (Vaujiah, 2018). Pada umumnya air laut bersifat murni, air laut dapat digunakan sebagai pelarut untuk senyawa kimia (Susana, 2003).

3. Air permukaan

Air permukaan merupakan air yang berada di atas permukaan, meliputi air laut, air danau, dan air sungai. Pada umumnya, air permukaan mengandung bahan

pencemar seperti bakteri, partikel tersuspensi, limbah, dan benda terapung lainnya dari lingkungan (Susana, 2003).

4. Air tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk melengkapi kebutuhan manusia. Sumber air tanah berasal dari air hujan dan air permukaan yang diserap ke dalam tanah sehingga dapat disebut dengan air tanah. Proses yang dilalui air hingga sampai di bawah permukaan tanah ialah air mula-mula meresap (*infiltrate*) menuju zona tak jenuh (*zone of aeration*) kemudian terserap semakin dalam (*percolate*) hingga sampai pada zona jenuh air dan terkumpul di bawah permukaan tanah. Aktivitas manusia menyebabkan air tanah menjadi keruh dan mengandung bahan pencemar yang mengakibatkan penurunan kualitas air tanah (Zahara, 2018).

Menurut Gultom (2019), lapisan tanah yang dilalui oleh air dapat mempengaruhi kualitas air tanah tersebut. Air tanah tampak jernih pada umumnya karena telah melalui proses penyaringan alami ketika terserap ke dalam tanah dan melewati setiap lapisan tanah. Daerah resapan air tanah mempengaruhi keberadaan kadar besi (Fe), mangan (Mn), dan mineral lainnya. Semakin rendah tingkat oksigen terlarut, maka akan semakin dalam lapisan air tanah. Air tanah digolongkan menjadi 3 bagian, yaitu:

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal berasal dari air yang terserap dari permukaan tanah. Kedalaman air tanah dangkal ialah ± 15 meter, pada saat air meresap ke dalam tanah, lapisan tanah akan menyaring lumpur dan bakteri, akan tetapi pada lapisan air tanah dangkal memiliki zat kimia tertentu tergantung dari daerah atau kondisi tanah tersebut. Air yang telah meresap akan tertahan di lapisan kedap air, pada kondisi tersebut air tersebut dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan air sehari-hari (Nurhadini, 2016).

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam berada pada kedalaman ± 100 sampai 300 meter, sehingga untuk mendapatkan air sumur dalam harus menggunakan teknik bor. Karena air tanah yang dalam telah melewati lebih banyak lapisan tanah, proses penyaringan

lebih optimal, sehingga kualitasnya lebih bagus daripada air tanah dangkal (Suseno, 2016).

c. Mata Air

Mata air berasal dari air tanah dalam, kualitas mata air terlihat jernih dan keberadaan sumber mata air tidak dipengaruhi oleh musim hujan dan kemarau (Suseno, 2016).

2.2 Parameter Kualitas Air Bersih

1. Kekeruhan

Turbiditas atau juga dikenal sebagai kekeruhan, mengacu pada karakteristik optik air yang didasarkan pada jumlah cahaya yang diserap dan dipantulkan oleh zat yang ada di dalam air. Satuan yang dipakai untuk pengukuran kekeruhan ialah *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU), alat yang digunakan untuk mengukur kekeruhan ialah Turbidimeter (Napitupulu, 2019). Kekeruhan diakibatkan oleh zat tersuspensi seperti lumpur, plankton, lempung atau tanah liat, dan organisme lainnya. Efek yang ditimbulkan dari kekeruhan ialah terhalangnya sinar matahari yang masuk ke air. Berdasarkan PERMENKES No. 32 Tahun 2017, batas maksimum kadar kekeruhan yang diperbolehkan ada di dalam air bersih ialah 25 NTU (Elvida, 2021).

2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau disebut juga dengan pH ialah satuan yang digunakan untuk mengukur konsentrasi ion hidrogen dalam larutan, bertujuan untuk menyatakan seberapa asam atau basa suatu larutan. Tingkat pH dipengaruhi oleh jumlah bahan organik yang ada pada air, yang berperan dalam mengatur kondisi ekosistem, sehingga jika nilai pH terlalu asam dan terlalu basa akan menyebabkan dampak negatif terhadap kesehatan (Rachmanica, 2020). Berdasarkan PERMENKES No. 32 Tahun 2017, menyatakan bahwa batas maksimum nilai pH yang diperbolehkan pada air ialah 6,5 sampai 8,5.

3. Besi (Fe)

Besi merupakan salah satu logam berat yang sering dijumpai di dalam tanah, dan air. Logam besi tersebut dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah yang

sedikit, jika kadar kadar besi dalam tubuh berlebihan maka akan menyebabkan masalah pada kesehatan seperti kanker hati, gangguan pembuluh darah dan dapat menyebabkan serangan jantung (Mashadi dkk., 2018).

Besi yang terdapat di pada air bersifat terlarut. Jarang ditemukan air permukaan dengan konsentrasi besi lebih dari 1 mg/L, namun keberadaan kadar besi lebih tinggi terdapat pada air tanah. Kadar besi yang tinggi pada air dapat ditandai dengan keberadaan bercak warna kuning kecoklatan pada pakaian, dinding kamar mandi serta noda pada peralatan dapur (Gultom, 2019). Berdasarkan PERMENKES No. 32 Tahun 2017, menyatakan bahwa batas maksimum kadar Fe yang diizinkan ada di dalam air ialah 1 mg/L, jika kadar Fe di dalam air melampaui persyaratan yang sudah ditetapkan maka akan berdampak negatif bagi kesehatan masyarakat.

4. Kesadahan (CaCO_3)

Kesadahan atau disebut juga dengan *hardness* merupakan salah satu sifat kimia yang berada pada air. Kesadahan pada air disebabkan karena terdapat ion-ion Ca^{2+} serta Mg^{2+} , ataupun bisa juga diakibatkan karena terdapat ion-ion lain dari *polyvalent metal* (logam bervalensi banyak) seperti senyawa aluminium (Al), besi (Fe), mangan (Mn), strontium (Sr) serta seng (Zn) dalam wujud garam sulfat, klorida serta bikarbonat dalam jumlah kecil (Vaujiah, 2018). Kesadahan air tanah lebih tinggi dari pada air permukaan. Penggunaan sabun menjadi tidak ekonomis karena air sadah, Semakin sulit sabun untuk menghasilkan busa, maka semakin tinggi konsentrasi kesadahannya (Mashadi dkk., 2018).

Air sadah dapat menimbulkan korosi pada peralatan besi dan dapat dengan mudah mengendap pada peralatan seperti wadah air, pipa air, dan barang sejenis lainnya. Penyakit batu ginjal dan penyakit otot rusak adalah dua dari dampak negatif air sadah bagi tubuh yang sering terjadi (Vaujiah, 2018). Berdasarkan PERMENKES No. 32 Tahun 2017, menyatakan bahwa batas maksimum kadar kesadahan yang diizinkan berada di dalam air ialah 500 mg/L.

2.3 Standar Baku Mutu Air Bersih

Air memiliki ketentuan serta persyaratan yang harus memenuhi syarat kesehatan, agar dapat dinyatakan layak untuk dikonsumsi dan tidak menimbulkan

efek negatif. Berdasarkan PERMENKES No. 32 Tahun 2017 mengatur tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan sanitasi, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Air Bersih

No.	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu
A.	Fisika		
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
5.	Rasa	-	Tidak berasa
6.	Bau	-	Tidak berbau
B.	Kimia (wajib)		
1.	pH	mg/L	6,5-8,5
2.	Besi	mg/L	1
3.	Fluorida	mg/L	1,5
4.	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500
5.	Mangan	mg/L	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10
7.	Nitrit sebagai N	mg/L	1
8.	Sianida	mg/L	0,1
9.	Deterjen	mg/L	0,05
10.	Pestisida total	mg/L	0,1
C.	Kimia (Tambahan)		
1.	Air raksa	mg/L	0,001
2.	Arsen	mg/L	0,05
3.	Kadmium	mg/L	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/L	0,05
5.	Selenium	mg/L	0,01
6.	Seng	mg/L	15
7.	Sulfat	mg/L	400
8.	Timbal	mg/L	0,05
9.	Benzena	mg/L	0,01
10.	Zat organik (KMNO_4)	mg/L	10
C.	Biologi		
1.	Total Coliform	CFU/100 ml	50
2.	E. Coli	CFU/100 ml	0

Sumber: PERMENKES No. 32 Tahun 2017

2.4 Air sumur

Air sumur menjadi salah satu sumber air yang dimanfaatkan untuk memenuhi keperluan air sehari-hari. Keberadaan air sumur sebagai sarana

penyediaan air sangat membantu masyarakat untuk mendapatkan air bersih. Air tanah yang dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai air bersih adalah air sumur (Widiyanto dkk., 2015). Kualitas air sumur dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu seperti daerah, konstruksi sumur, pemilihan lokasi serta pemeliharaan yang kurang baik dapat menyebabkan penurunan kualitas air sumur tersebut (Gultom, 2019). Musim hujan dan musim kemarau juga berdampak terhadap kualitas air sumur, pada musim hujan air akan mengurangi kadar pencemar pada air sumur, sedangkan pada musim kemarau air yang mengandung bahan pencemar seperti limbah rumah tangga akan lebih mudah terserap masuk ke dalam lapisan tanah sehingga menyebabkan air rembesan tersebut lebih dominan (Mashadi dkk., 2018). Air sumur dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Sumur gali

Sumur gali merupakan konstruksi penyediaan air yang sering dimanfaatkan untuk menghasilkan air tanah. Air sumur didapat dengan cara menggali. Air sumur gali dapat ditemukan 7 sampai 10 meter di bawah permukaan tanah (Ningrum, 2018). Menurut Zahara (2018), air dari sumur gali bersumber dari lapisan tanah yang cukup dekat dengan permukaan tanah, sehingga rentan terhadap pencemaran oleh rembesan. Rembesan yang masuk ke dalam air sumur biasanya berasal dari lantai dan saluran air limbah yang tidak kedap air. Air sumur pada umumnya memiliki zat-zat seperti Natrium (Na), Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), dan Besi (Fe), dalam konsentrasi yang tinggi, zat-zat mineral tersebut dapat memberikan dampak negatif (Munfiah dkk., 2013).

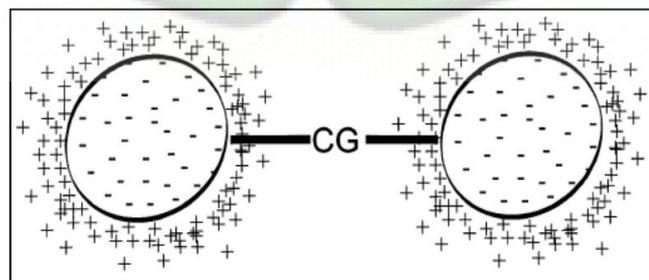
2. Sumur bor

Sumur bor merupakan jenis sumur yang terbentuk dari hasil pengeboran lapisan tanah yang lebih dalam dibandingkan dengan sumur gali, sehingga sumur bor jarang terkontaminasi oleh pencemaran. Air sumur ini dapat diambil dengan menggunakan pompa mesin atau pompa tangan (Vidika dkk., 2017). Menurut data Riset Kesehatan Dasar 2013, menyatakan bahwa penggunaan sumber air untuk menunjang kebutuhan masyarakat pada umumnya adalah 29,2% berasal dari sumur gali, 24,1% dari sumur pompa, serta 19,7% dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Di wilayah perkotaan 32,9% masyarakat menggunakan sumur

bor dan 28,6% lainnya menggunakan air PDAM, sedangkan di wilayah pedesaan 32,7% masyarakat memanfaatkan sumur gali terlindungi sebagai sumber penyediaan air bersih sehari-hari (Morintosh dkk., 2015).

2.5 Koagulasi

Koagulasi merupakan suatu proses destabilisasi muatan koloid, padatan tersuspensi dengan menambahkan senyawa kimia atau disebut juga sebagai koagulan. Tujuan penambahan koagulan ialah untuk menggumpalkan partikel-partikel kecil yang sulit diendapkan, setelah penambahan koagulan partikel-partikel tersebut akan mengalami destabilisasi dan akan saling terikat membentuk sebuah flok yang lebih besar, sehingga mudah untuk diendapkan (Moelyo, 2012). Pada proses koagulasi terjadi gaya tarik menarik antara partikel yang bermuatan negatif dan partikel bermuatan positif. Penambahan koagulan dimaksudkan untuk mengurangi atau menetralkan muatan listrik pada partikel tersuspensi yang dapat menyebabkan partikel koloid kecil terpisah karena adanya muatan listrik yang sama pada partikel tersuspensi (Rachmanica, 2020). Pada metode koagulasi, terdapat proses pengadukan cepat (*rapid mixing*) dan pengadukan lambat (*slow mixing*), kedua menjadi faktor penting untuk keberlangsungan metode koagulasi dan flokulasi. Tujuan dari pengadukan cepat adalah untuk memberikan kontribusi tumbukan koloid yang mengandung ion logam terhadap koagulan, yang menyebabkan terjadinya destabilisasi koloid oleh koagulan yang bermuatan positif. Pengadukan yang lambat bertujuan untuk membentuk flok-flok yang lebih besar sehingga dapat diendapkan. Pengadukan lambat terjadi pada proses flokulasi (Ariyatun dkk., 2018).



Gambar 2. 1 Proses pengikatan partikel koloid oleh koagulan

(Sumber: Rachmania, 2020)

Koagulan yang sering digunakan biasanya ialah garam anorganik, yaitu aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), ferri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), ferro sulfat (FeSO_4), dan koagulan yang terhidrolisis (*pre-hydrolyzed coagulants*), seperti poli ferro sulfat (*poly ferrous sulphate-PFS*), poliferri klorida (*poly ferric chloride-PFC*), dan poli aluminium klorida (*poly aluminium chloride-PAC*). Dalam proses koagulasi dan flokulasi, koagulan tersebut memiliki peningkatan kinerja dalam pengolahan air, namun terdapat beberapa kekurangan, seperti harga yang sangat mahal, pH air turun setelah proses pengolahan serta potensi menyebabkan masalah kesehatan seperti Alzheimer dan Demensia (Kristianto dkk., 2019).

Proses koagulasi dapat dipengaruhi oleh beberapa hal. Adapun faktor-faktor tersebut terdiri dari kecepatan pengadukan, pH, tingkat kekeruhan dan dosis koagulan sebagai berikut (Napitupulu, 2019):

1. Kecepatan Pengadukan

Kecepatan pengadukan diperlukan agar koagulan bereaksi dengan kandungan organik yang ada di dalam air, dan menyatukan inti endapan menjadi molekul yang lebih besar. Kecepatan pengadukan ini sangat penting dalam hal proses koagulasi, gumpalan yang terbentuk dapat membelah kembali jika kecepatan pengadukan terlalu tinggi, yang akan mengakibatkan proses pengendapan yang tidak sempurna, begitu juga sebaliknya jika kecepatan putaran pengadukan terlalu rendah maka akan mengakibatkan koagulan tidak tersebar secara optimal (Larasati, 2020).

2. Derajat Keasamaan

Derajat keasamaan atau biasa disebut dengan pH merupakan komponen yang penting dalam proses koagulasi. Terutama pada protein yang dimanfaatkan sebagai bahan aktif pada koagulan. Dimana hal ini berhubungan dengan sifat protein sebagai molekul amfoter yaitu dapat bermuatan negatif atau bermuatan positif bergantung pada pH larutan (Kristianto dkk., 2019).

3. Tingkat kekeruhan

Proses destabilisasi akan berjalan lebih cepat dan mudah pada tingkat kekeruhan air yang lebih tinggi, dan sebaliknya pada tingkat kekeruhan yang lebih rendah akan menjadi lebih sulit (Napitupulu, 2019).

4. Dosis koagulan

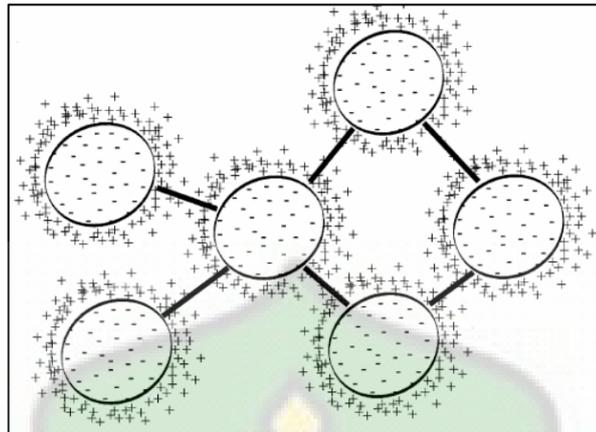
Dosis koagulan juga sangat berperan penting dalam hal ini. Jumlah koagulan yang sesuai harus ditambahkan ke air dengan tingkat kekeruhan yang lebih besar agar proses sedimentasi dapat berfungsi dengan baik. Jumlah koagulan yang tepat dapat mengendapkan partikel koloid dan secara signifikan dapat mengurangi partikel koloid yang menyebabkan kekeruhan air. Metode *Jar Test* dapat digunakan untuk menghitung dosis bahan kimia tertentu (koagulan) yang digunakan dalam proses koagulasi (Larasati, 2020).

2.6 Flokulasi

Flokulasi adalah suatu proses lanjutan dari metode koagulasi, metode flokulasi bertujuan untuk mengendapkan partikel-partikel pada air yang sukar untuk diendapkan, dengan bantuan penambahan koagulan pada metode koagulasi. Dengan bantuan pengadukan yang lambat, flok-flok kecil yang terbentuk selama proses koagulasi akan menggumpal kembali menjadi flok yang lebih besar sehingga dapat diendapkan (Ningsih, 2020). Menurut Larasati (2020), jumlah tumbukan antara partikel yang terjadi dan keefektifan tumbukan ini menentukan kecepatan agregat yang dikumpulkan selama proses flokulasi. Dalam situasi ini, tumbukan partikel terjadi dalam tiga cara, yakni:

1. Flokulasi perikinetik adalah flokulasi yang terjadi ketika adanya gerak Brown. Gerak brown terjadi karena adanya kontak yang disebabkan oleh gerak termal (panas).
2. Flokulasi ortokinetik adalah flokulasi yang terjadi akibat adanya gerakan fluida. Kontak yang dihasilkan dari gerakan media (air), seperti pengadukan
3. Kontak yang terjadi sebagai akibat dari perbedaan dalam laju deposisi partikel.

Adapun faktor yang mempengaruhi proses flokulasi adalah pengadukan yang lambat. Gaya geser yang dihasilkan dapat mencegah pembentukan flok apabila kecepatannya terlalu tinggi, namun jika kecepatan pengadukan terlalu rendah proses penggabungan antar partikel tidak terjadi, sehingga tidak menghasilkan flok-flok yang akan mengendap (Moelyo, 2012).



Gambar 2. 2 Proses Pengikatan Partikel Koloid

(Sumber: Rachmania, 2020)

Menurut Adira (2020), Pengadukan lambat adalah metode pengadukan yang berlangsung selama 10 hingga 60 menit dengan gradien kecepatan pendek (20–100 detik⁻¹) dan nilai GTd berkisar antara 48.000 hingga 210.000. Agar dapat menghasilkan gumpalan flok yang lebih besar dan tidak pecah, maka gradien kecepatan dapat dikurangi secara bertahap agar mendapatkan hasil yang baik. Untuk mengetahui dosis koagulan dapat menggunakan alat *Jar Test*.

2.7 *Jar Test*

Jar test adalah alat skala laboratorium yang cukup mendasar dan dapat digunakan dalam proses koagulasi dan flokulasi serta untuk menentukan dosis ideal bahan koagulan, nilai pH dan sebagainya. Nilai pH harus diperhatikan selama proses penggunaan *Jar Test* ini karena dapat menentukan proses pembentukan flok (Widyaningsih, 2015). Cara mengoperasikan peralatan *Jar Test* dapat dilakukan dengan cara sampel air dituang ke dalam beberapa gelas beaker, kemudian ditambahkan koagulan dengan dosis yang telah ditentukan, kemudian wadah diaduk dengan kecepatan tinggi untuk mensimulasikan pencampuran koagulan, kemudian dilanjutkan dengan kecepatan rendah untuk mengamati proses flokulasi. Campuran akan menunjukkan produksi flok setelah didiamkan beberapa saat (Napitupulu, 2019).

2.8 Trembesi (*Samanea saman*)

Tanaman trembesi ini adalah spesies tanaman asli Amerika Tengah dan Amerika Selatan bagian utara. Tanaman trembesi memiliki nama yang beragam, seperti *Rain Tree*, *Monkey Pod*, *East Indian Walnut*, *Saman Tree*, dan *False Powder Puff*. Tanaman trembesi juga dikenal dengan nama yang berbeda-beda di setiap negara, di negara subtropis dikenal sebagai *Bhagaya Mara* (Kanada), *Algarrobo* (Kuba), *Campano* (Kolombia), *Regenbaum* (Jerman), *Chorona* (Portugis), dan di negara-negara Asia dikenal dengan nama *Five Hours* (Malaysia), *Jamjuree* (Thailand), *Cay Mura* (Vietnam), *Vilaiti Siris* (Vietnam) (Fajrul, 2007). Adapun taksonomi tanaman trembesi ialah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Fabales</i>
Family	: <i>Fabaceae</i> (alt. <i>Mimosaceae</i>)
Genus	: <i>Samanea saman</i> atau <i>Albizia saman</i>

2.7.1 Morfologi Tanaman Trembesi (*Samanea saman*)

1. Pohon Trembesi

Tumbuhan trembesi (*Samanea saman*) dapat ditemukan di seluruh daerah tropis. Ketinggian tanaman trembesi rata-rata adalah 15 hingga 25 meter, pada bagian batang tanaman ini biasanya pendek dan lebar, berdiameter sekitar 1-2 meter. Dataran rendah pada ketinggian hingga 300 meter di atas permukaan laut dan curah hujan 600-3000 mm memberikan kondisi pertumbuhan yang baik dan ideal bagi tanaman trembesi (Rosyita, 2012).

2. Daun Trembesi

Daun trembesi memiliki sifat yang unik, yaitu daun trembesi akan melipat atau menguncup jika cuaca hujan dan pada malam hari. Pada pohon trembesi yang masih muda berwarna abu-abu kecoklatan. Daun trembesi memiliki lebar 4-5 cm, berwarna hijau tua, bentuk dari daun trembesi tidak simetris dan permukaan daun bagian bawah terdapat bulu-bulu halus seperti tekstur beludru (Adira, 2020). Daun

trembesi merupakan jenis daun majemuk, berwarna mengkilap pada sisi atas daun dan memiliki warna yang kusam pada daun bagian bawah. Pada daun trembesi terdapat pulvinus atau struktur sendi yang berada di pangkal daun, serta stipula dan benang-benang pada bagian daun (Rosyita, 2012).



Gambar 2.3 Daun Trembesi (*Samanea saman*)
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

2.7.2 Kandungan Kimia Trembesi

Analisis fitokimia pada daun trembesi mengungkapkan adanya senyawa metabolit sekunder, khususnya tanin, serta senyawa lainnya seperti, glikosida kardiak, saponin, flavonoid, terpenoid, dan steroid (Setiawan dkk., 2019).

Daun trembesi memiliki kandungan protein kasar sebesar 20 sampai 23%. Adapun kandungan nutrisi lainnya yang terdapat pada daun trembesi yaitu serat kasar 20,25%, bahan kering 88,9%, lemak kasar 5,41%, ADL (*Acid Detergent Lignin*) 15,1%, ADF (*Acid Detergent Fiber*) 34,1%, NDF (*Neutral Detergent Fiber*) 52,2%, dan abu 4,6% (Fajrul, 2007). Menurut Putri dkk (2020), kandungan protein tinggi yang terdapat pada biji trembesi bisa dimanfaatkan sebagai koagulan alami. Protein ini adalah polielektrolit yang mampu membantu proses koagulasi dengan menyeimbangkan muatan partikel koloid dan dapat bereaksi dengan asam dan basa. Namun, polielektrolit dengan muatan yang sama dengan

koloid juga dapat digunakan sebagai koagulan, yaitu dengan cara menjembatani antar partikel (Akbar dkk., 2015).

Koagulan yang berasal dari tumbuhan mempunyai bahan aktif berupa polisakarida dan polifenol atau protein. Tanin juga dikenal sebagai *tannic acid* merupakan senyawa kimia polifenol yang umum digunakan sebagai koagulan alami dan memiliki sifat larut dalam air (Kristianto dkk., 2019).

Senyawa tanin memiliki kemampuan untuk mempercepat proses pengendapan. Proses pengendapan tersebut terjadi dikarenakan reaksi kimia yang disebut dengan reaksi Mannich, reaksi itu terjadi antara polimer kation dalam tanin dengan partikel koloid. Reaksi Mannich adalah suatu reaksi organik yang menyertakan kondensasi dari senyawa karbonil enolizable agar dapat menghasilkan senyawa amina karbonil yang disebut juga sebagai basa Mannich (Adira, 2020).

2.9 Penelitian Terdahulu

Penggunaan koagulan dari bahan alami telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, beberapa penelitian terdahulu mengenai penggunaan koagulan alami dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu Mengenai Koagulan Alami

No	Judul, Nama dan Tahun Penelitian	Metode Penelitian	Hasil dan Kesimpulan Penelitian
1	Pemanfaatan biji trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai biokoagulan pada pengolahan limbah cair domestik (Adira, 2020).	Pengolahan air limbah domestik dengan prosedur koagulasi dan flokulasi dalam menurunkan kadar pH, kekeruhan, TSS, dan COD dengan dosis koagulan 0 g/L, 0,1 g/L, 0,2 g/L, 0,4 g/L, 0,5 g/L, 0,6 g/L, 0,7 g/L, 0,8 g/L, 0,9 g/L, dan 1 g/L, dengan kecepatan pengadukan cepat 180 rpm selama 5 menit, sedangkan pengadukan lambat sebesar 80 rpm selama 15 menit dan waktu pengendapan selama 60 menit.	Hasil dari penelitian menunjukkan penyisihan kadar kekeruhan optimum pada dosis koagulan 1 g/L, kadar kekeruhan yang disisihkan sebesar 53 NTU. Penyisihan kadar TSS yang baik pada dosis koagulan 0,8 g/L, jumlah kadar TSS yang disisihkan sebesar 10 mg/L. penyisihan kadar COD yang baik pada dosis koagulan 1 g/L, jumlah kadar COD setelah proses koagulasi dan flokulasi ialah sebesar 69,8 mg/L (kadar awal COD ialah sebesar 377 mg/L).
2	Pemanfaatan daun trembesi (<i>Samanea saman</i>) dalam mengadsorpsi logam berat timbal (Prawita, 2013)	Serbuk daun trembesi diolah dengan <i>magnetic stirrer</i> dan disaring melalui kertas saring <i>whatman</i> nomor 42, filtrat ditampung dan diukur dengan FAAS (<i>Flame Atomic Absorption Spectroscopy</i>), variasi dosis ialah 0, 5, 1, 2 dan 6%, sedangkan variasi pengadukan ialah 15, 30, 60, 90 dan 120 menit.	5,45% kandungan logam berat timbal dalam larutan dapat diadsorpsi oleh serbuk daun trembesi (<i>Samanea saman</i>). Jumlah serbuk daun trembesi dengan penyerapan ideal adalah 1,0% dan waktu pengadukan optimum adalah 30 menit.

3	Biokoagulan biji trembesi (<i>Samanea saman</i>) dan daun mimba (<i>Azadirachta indica</i>) dalam mengolah air limbah industri asam fosfat (Setyawati dkk, 2014)	Pengolahan dengan metode koagulasi dan flokulasi dalam menurunkan kadar TSS, Fosfat, dan <i>Fluoride</i> . Variasi dosis koagulan 50 mL, 75 mL, 100 mL, dan 120 mL, dengan pengadukan cepat selama 2 menit sedangkan pengadukan lambat 15 menit dan didiamkan selama 30 menit.	Komposisi larutan koagulan adalah 50% larutan biji trembesi dan 50% larutan daun mimba, dan konsentrasi optimal penambahan koagulan ditemukan pada variasi dosis 125 mL. TSS, fosfat, dan fluorida semuanya menunjukkan efisiensi penyisihan masing-masing sebesar 49,34%, 53,40%, dan 82,86%.
4	Pemanfaatan biji trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai koagulan alami untuk menurunkan BOD, COD, TSS, dan kekeruhan pada pengolahan limbah cair tempe (Amanda, 2019)	Pengolahan dengan metode koagulasi dan flokulasi. Variasi dosis koagulan yang berbeda adalah 0,7 g/L, 1,4 g/L, dan 2,2 g/L, dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit dan dilanjutkan dengan pengadukan lambat 230 rpm selama 25 menit, dan waktu pengendapan 60 menit. Proses pengujian sampel dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok P1 dengan dosis koagulan 0,7 g/L, kelompok P2 sebesar 1,4 g/L dan P3 sebesar 2,2 g/L.	Efisiensi perlakuan pertama (P1) menurunkan BOD, COD, TSS, dan kekeruhan masing-masing sebesar 82%, 42%, 52%, dan 92%. Efisiensi perlakuan kedua (P2) menurunkan BOD, COD, TSS, dan kekeruhan masing-masing sebesar 78%, 42%, 65%, dan 96%, perlakuan ketiga (P3) penurunan BOD, COD, TSS, kekeruhan berturut-turut sebesar 71%, 66%, 79%, 97%.
5	Pemanfaatan ekstrak biji trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai koagulan dalam menurunkan kandungan padatan tersuspensi, dan zat organik air buangan produksi tahu (Putri dkk, 2020).	Metode yang digunakan ialah koagulasi dan flokulasi. Parameter ujinya ialah padatan tersuspensi, COD dan BOD. Variasi dosis koagulan meliputi 50 ml/L, 100 ml/L, 150 ml/L, dan 200 ml/L.	Persentase penurunan partikel tersuspensi, COD, dan BOD masing-masing sebesar 83,79%, 79,55%, dan 87,54%, dan dosis yang efektif ialah 200 ml/L.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian akan dilaksanakan di beberapa lokasi, meliputi: (i) Lokasi pengambilan sampel air sumur berada di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar.; (ii) Lokasi pembuatan koagulan dan proses pengujian koagulan terhadap sampel air sumur akan dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh; (iii) Lokasi identifikasi daun trembesi akan dilaksanakan di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.; (iv) Lokasi analisis parameter air sumur dilakukan di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang dipakai pada penelitian ini meliputi *Jar Test*, turbidimeter, *oven*, desikator, cawan porselen, spektrofotometer serapan atom (SSA)-Nyala, *blender*, toples, timbangan analitik, *beaker glass* ukuran 1000 mL, labu erlenmeyer 250 mL, ayakan 100 *mesh*, kertas saring, label nama, serbet/tissue, dan jeriken.

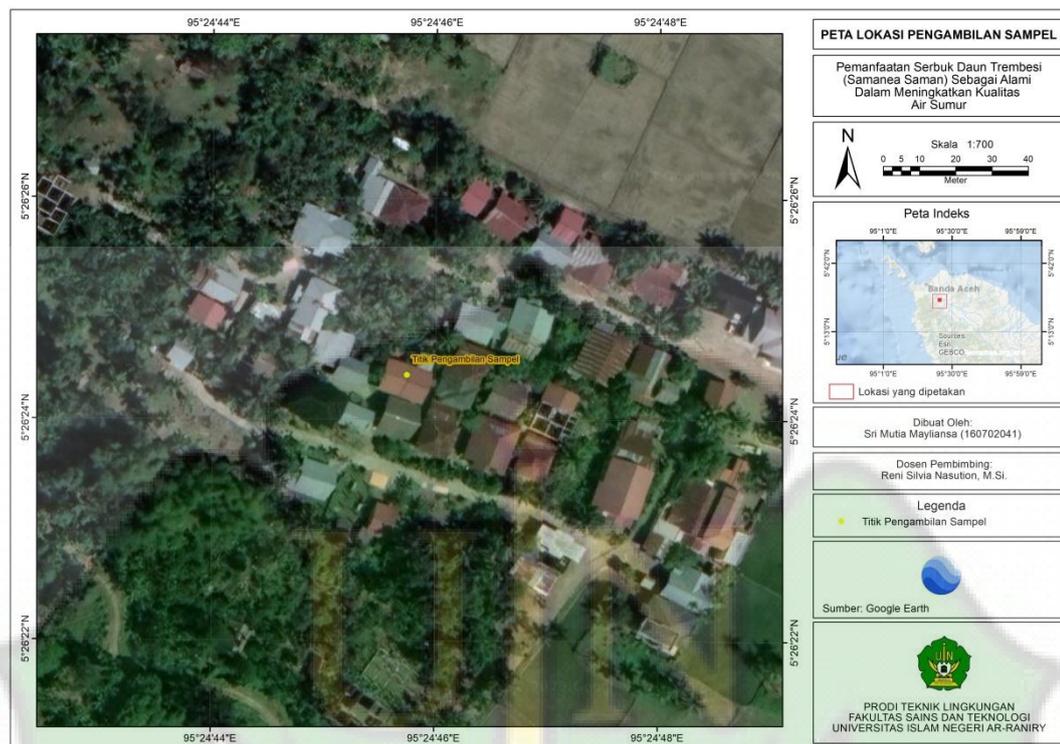
3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air sumur, daun trembesi (*Samanea saman*), aquades, dan larutan baku Na₂EDTAz.

3.2 Pengambilan Sampel

3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air sumur berlokasi di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air Sumur.

3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini teknik pengambilan sampel sesuai dengan SNI 6989.58:2008 tentang metode pengambilan sampel air tanah. Sampel air sumur yang diambil sebanyak 6 liter. Adapun tahapan pengambilan sampel air tanah sebagai berikut:

1. Diambil sebuah botol gelas dan *stainless steel* dengan ujung atas yang dapat dibuka dan ditutup serta diikat dengan tali ke atas dan ujung bawah yang tertutup dan dipasang pemberat digunakan untuk mengambil sampel air dari sumur gali.
2. Setelah wadah sampel terisi dengan air sumur, maka wadah tersebut diangkat dari sumur.
3. Sampel air tersebut dipindahkan ke dalam wadah yang telah ditentukan berdasarkan SNI 6989.58:2008, persyaratan tersebut meliputi:
 - a. Terbuat dari teflon, bahan gelas, plastic polietilen, polipropilen, atau polietilen.

- b. Wadah bisa ditutup dengan rapat dan kuat
- c. Terbebas dari kontaminasi dan bersih.
- d. Tidak mudah pecah.
- e. Tidak bereaksi dengan sampel.



Gambar 3.2 Kondisi air sumur di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan merupakan penelitian kuantitatif, dan bersifat eksperimental. Penelitian kuantitatif adalah penelitian yang dilakukan berdasarkan pendekatan ilmiah. Tujuan dari Penelitian ini untuk mengetahui dosis ideal dari penggunaan serbuk daun trembesi sebagai koagulan. Metode penelitian ini menggunakan skala laboratorium untuk menguji variabel yang telah ditentukan dan mengamati pengaruh pada kedua variabel tersebut.

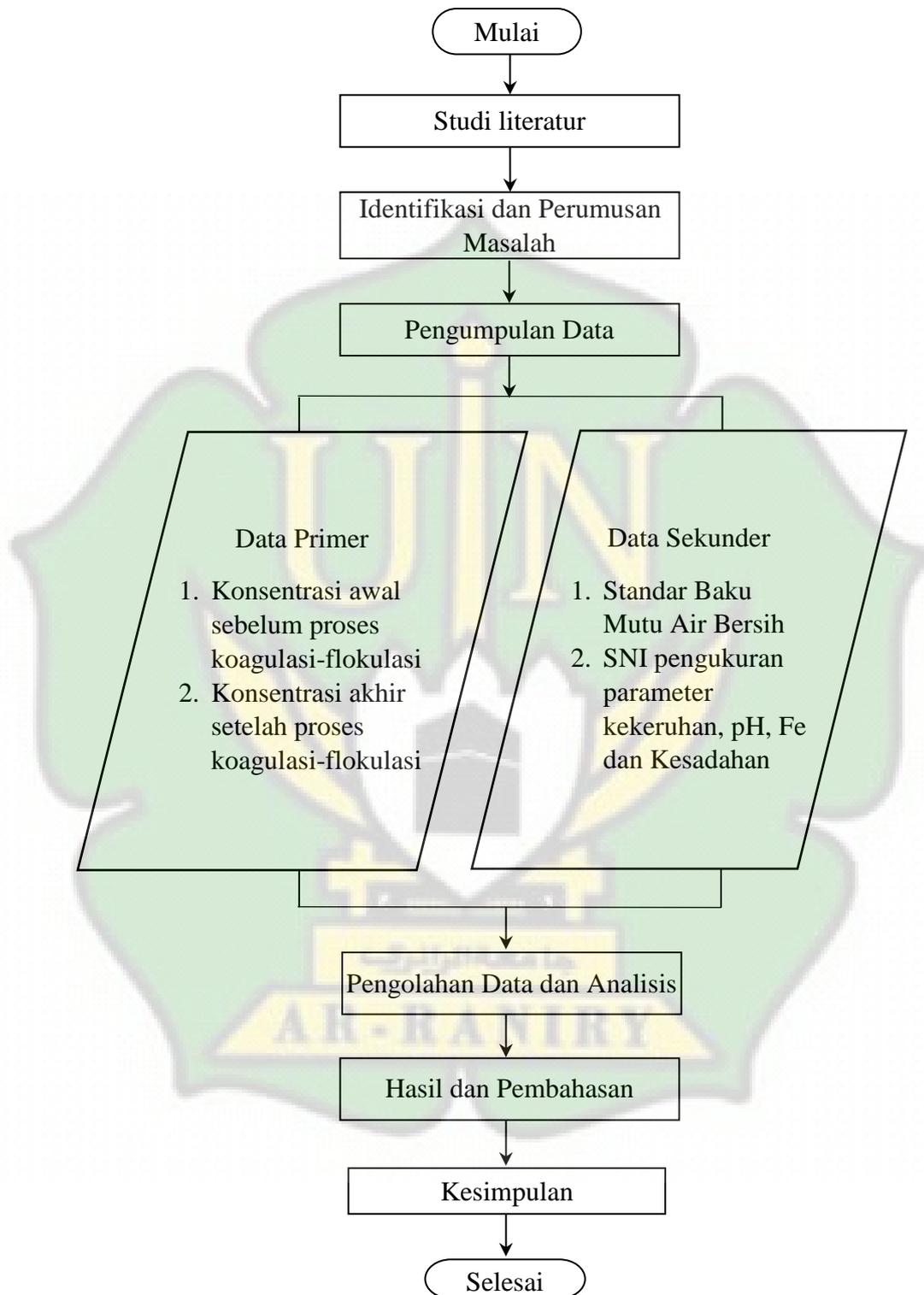
Pada penelitian ini variabel yang digunakan ialah variabel bebas, dan variabel terikat. Variabel bebas berupa variasi dosis koagulan, penentuan variasi dosis koagulan dan kecepatan pengadukan menggunakan *Jar Test* mengacu pada penelitian Adira (2020), penentuan variasi dosis koagulan dengan sedikit modifikasi yaitu meliputi 0 g/L, 0,6 g/L, 0,8 g/L, 1 g/L, 1,2 g/L, dan 1,4 g/L, dengan pengadukan cepat sebesar 180 rpm selama 5 menit, sedangkan pengadukan lambat sebesar 80 rpm selama 15 menit dan proses pengendapan

selama 60 menit. Sedangkan variabel terikat ialah parameter yang sedang diuji yaitu kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan.

3.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan-tahapan yang dilaksanakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.3, langkah-langkah penelitian tersebut meliputi:

1. Studi literatur bertujuan untuk mengumpulkan data-data terkait judul penelitian, data-data tersebut didapat dari jurnal, buku maupun skripsi terdahulu.
2. Identifikasi dan perumusan masalah dilakukan dengan cara menguji parameter awal, parameter yang dianalisa ialah kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan.
3. Pengumpulan data, data yang diperoleh berupa data sekunder dan data primer, data sekunder ialah konsentrasi awal air sumur sebelum pengolahan dan konsentrasi akhir sesudah pengolahan koagulasi-flokulasi sedangkan data primer berupa Standar Baku Mutu Air Bersih dan SNI parameter penelitian.
4. Pengolahan data dan analisis, pengolahan data dapat dilakukan setelah proses pengujian terhadap sampel telah selesai.
5. Kesimpulan, penarikan kesimpulan dilakukan untuk memaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian.

3.5 Prosedur Pembuatan Koagulan Daun Trembesi (*Samanea saman*) dan Pengujian Terhadap Sampel

2.5.1 Identifikasi Daun Trembesi (*Samanea saman*)

Proses identifikasi daun trembesi akan dilaksanakan di Laboratorium Biologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

2.5.2 Pembuatan Koagulan Daun Trembesi (*Samanea saman*)

Proses pembuatan koagulan dari daun trembesi mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Dima dkk (2016) dengan sedikit modifikasi, sebagai berikut:

1. Daun Trembesi yang akan digunakan berasal dari pohon trembesi yang dipetik secara langsung.
2. Daun Trembesi dibersihkan, kemudian dikeringkan tanpa terkena sinar matahari secara langsung selama dua hari.
3. Daun yang sudah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan blender dan diayak menggunakan ayakan berukuran 100 *mesh* untuk mendapatkan koagulan yang halus.
4. Kemudian serbuk daun trembesi yang telah diayak ditimbang dan diisi ke dalam toples dan ditutup.

2.5.3 Pengujian Koagulan Terhadap Sampel Air

Tahapan pengujian koagulasi dan flokulasi menggunakan *Jar Test* dan koagulan dari daun trembesi terhadap sampel air sumur mengikuti prosedur dari pada penelitian yang dilakukan oleh Larasati (2020), sebagai berikut:

1. Disiapkan 6 *beaker glass* yang berukuran 1000 mL, kemudian diisi sampel air sumur masing-masing sebanyak 1 Liter.
2. Ditambahkan dosis koagulan yang telah ditimbang ke dalam *beaker glass* dengan massa yang berbeda-beda yaitu 0 g/L, 0,6 g/L, 0,8 g/L, 1 g/L, 1,2 g/L, dan 1,4 g/L memberi label nama di setiap *beaker glass*.
3. Mengatur kecepatan *Jar Test* pada proses koagulasi yaitu 180 rpm untuk pengadukan cepat selama 5 menit.

4. Setelah proses koagulasi, dilanjutkan dengan proses flokulasi yaitu pengadukan lambat, dengan kecepatan 80 rpm selama 15 menit.
5. Setelah proses flokulasi selesai, larutan didiamkan selama 60 menit sampai mengendap.
6. Kemudian air sampel dianalisis.

3.6 Analisis Parameter Kualitas Air

3.6.1 Pengukuran Kekeruhan

Pengukuran nilai kekeruhan dapat dihitung dengan alat nefelometer, pengukuran parameter kekeruhan mengacu pada SNI 06-6989.25-2005, prosedur kerjanya sebagai berikut:

1. Dicuci tabung nefelometer dengan air suling.
2. Dimasukkan sampel ke dalam tabung pada nefelometer, kemudian dipasang tutupnya.
3. Dibiarkan alat hingga menampilkan nilai pembacaan yang konstan.
4. Ditulis nilai kekeruhan contoh yang teramati, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kekeruhan (NTU)} = A \times fp \quad (3.1)$$

Keterangan:

A = kekeruhan dalam NTU contoh yang diencerkan.

fp = faktor pengenceran.

3.6.2 Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran parameter pH dilakukan berdasarkan SNI 6989.11:2019. Prosedur kerjanya sebagai berikut:

1. Dibilas elektroda dengan aquades dan kemudian dikeringkan
2. Dichelupkan elektroda ke dalam sampel sampai pH meter menunjukkan hasil pembacaan yang stabil
3. Dicatat hasil pembacaan pada tampilan dari pH meter
4. Setelah digunakan elektroda dibilas menggunakan aquades dan dikeringkan.

3.6.3 Pengukuran Besi (Fe)

Pengukuran parameter Besi dilakukan dengan alat spektrofotometer serapan atom (SSA)-Nyala, mengacu pada SNI 06-6989.4-2004. Prosedur kerjanya sebagai berikut:

1. Dimasukkan sampel ke dalam SSA-Nyala lalu ukur serapan pada panjang gelombang 248,3 nm, dilakukan pengenceran jika dibutuhkan.
2. Ditulis hasil pengukuran, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Fe (mg/L)} = C \times fp \quad (3.3)$$

Keterangan:

C = Kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L)

fp = Faktor pengenceran.

3.6.4 Pengukuran Kesadahan

Pengukuran nilai kesadahan terhadap sampel mengacu pada SNI 06-6898.12-2004, prosedur kerjanya sebagai berikut:

1. Diambil 25 mL contoh uji, dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL, kemudian diencerkan dengan air suling hingga volume 50 mL.
2. Ditambahkan 1 mL sampai 2 mL larutan penyangga pH $10 \pm 0,1$.
3. Ditambahkan 30 mg hingga 50 mg indikator EBT.
4. Dilakukan titrasi dengan larutan baku Na₂EDTA 0,01 M dititrasi sampai terjadi perubahan warna merah keunguan menjadi biru.
5. Dicatat volume larutan baku Na₂EDTA yang digunakan.
6. Jika larutan baku Na₂EDTA yang digunakan untuk titrasi lebih dari 15 mL, diulangi langkah 1-5.
7. Diulangi titrasi sebanyak 2 kali, dan dihitung volume Na₂EDTA yang digunakan.

3.7 Prosedur Pengujian Jar Test

Percobaan menggunakan alat *Jar Test* dilakukan berdasarkan SNI 19-6449-2000 Tentang Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi dengan *Jar*. Adapun prosedur kerjanya sebagai berikut:

1. Dimasukkan sampel yang sama (1000 mL) ke dalam masing-masing gelas kimia. Tempatkan gelas hingga baling-baling pengaduk berada 6,4 mm dari dinding gelas.
2. Dioperasikan pengaduk pada pengadukan cepat dengan kecepatan kira-kira 120 Rpm kemudian ditambahkan larutan atau suspensi dan dilanjutkan dengan pengadukan selama 1 menit setelah penambahan koagulan.
3. Kurangi kecepatan sampai pada kecepatan minimal, untuk menjaga keseragaman partikel flok yang terlarut melalui pengadukan lambat selama 20 menit.
4. Setelah pengadukan lambat selesai diangkat baling-baling dan dicatat waktu yang dibutuhkan untuk pengendapan gumpalan partikel. Pencatatan dimulai saat air dalam keadaan diam.
5. Setelah 15 menit pengendapan catat bentuk flok pada dasar gelas, kemudian diambil sampel air menggunakan pipet atau siphon untuk diuji kekeruhan, pH dan analisis lainnya.

3.8 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan ialah analisis deskriptif, yaitu data yang telah diuji akan ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik, untuk mengetahui efisiensi penurunan parameter kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi menggunakan koagulan dari serbuk daun trembesi, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Amanda, 2019):

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100 \% \quad (3.4)$$

Keterangan:

C_o = Konsentrasi awal.

C_e = Konsentrasi akhir.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Identifikasi Daun Trembesi (*Samanea saman*)

Berdasarkan hasil identifikasi sampel tumbuhan di Laboratorium Botani UIN Ar-Raniry Banda Aceh, hasil identifikasi dapat dilihat pada Lampiran 1 dan hasil klasifikasi taksonomi tersebut ialah:

Kingdom : *Plantae*
Superdivisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*
Ordo : *Fabales*
Familia : *Fabaceae*
Genus : *Samanea*
Spesies : *Samanea saman* (Jarq.) Merr.

4.1.2 Hasil Uji Parameter Air Sumur

Berdasarkan hasil uji air sumur gali yang berlokasi di Desa Lingom Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar yang dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, parameter uji meliputi kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan. Hasil pengujian parameter tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Uji Parameter Air Sumur Sebelum Pengolahan

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil
Kekeruhan	NTU	25	218
pH	-	6,8-8,5	7,3
Besi (Fe)	mg/L	1,0	0,2
Kesadahan	mg/L	500	390

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengujian air sumur sebelum dilakukannya pengolahan menggunakan koagulan alami, parameter tersebut meliputi kekeruhan, pH, Fe dan kesadahan. Pengujian terhadap parameter tersebut dilakukan berdasarkan parameter fisika dan kimia yang tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017. Parameter tersebut ialah parameter yang sering ditemukan dalam air sumur, daerah geologis mempengaruhi keberadaan parameter kimia, sehingga pemilihan parameter pada penelitian ini dilakukan berdasarkan parameter yang sering ditemukan pada air tanah.

4.1.3 Hasil Pengolahan Air Sumur Menggunakan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*)

Berdasarkan hasil pengolahan air sumur yang dilakukan dengan menggunakan serbuk daun trembesi dengan metode koagulasi-flokulasi, variasi dosis koagulan yaitu 0 g/L, 0,6 g/L, 0,8 g/L, 1 g/L, 1,2 g/L dan 1,4 g/L dengan kecepatan pengadukan cepat 180 rpm selama 5 menit sedangkan kecepatan pengadukan lambat 80 rpm selama 5 menit dengan waktu pengendapan selama 60 menit. Adapun hasil pengolahan tersebut disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Uji Parameter Air Sumur Setelah Pengolahan Menggunakan Serbuk Daun Trembesi.

Variasi dosis (g/L)	Kekeruhan (NTU)	Besi (mg/L)	Kesadahan (mg/L)	pH
Pengujian Awal	218	0,2	390	7,3
0	29,7	0,4	380	7,2
0,6	116,0	0,6	360	7,1
0,8	125,9	0,4	370	7,2
1	220	0,5	400	7,0
1,2	192,8	TD	395	7,1
1,4	140,4	TD	370	7,1
Baku Mutu	25	1,0	500	6,5-8,5

Keterangan:

TD: Tidak terdeteksi karena konsentrasi di bawah limit deteksi alat (<0,001 mg/L).

4.2 Pembahasan

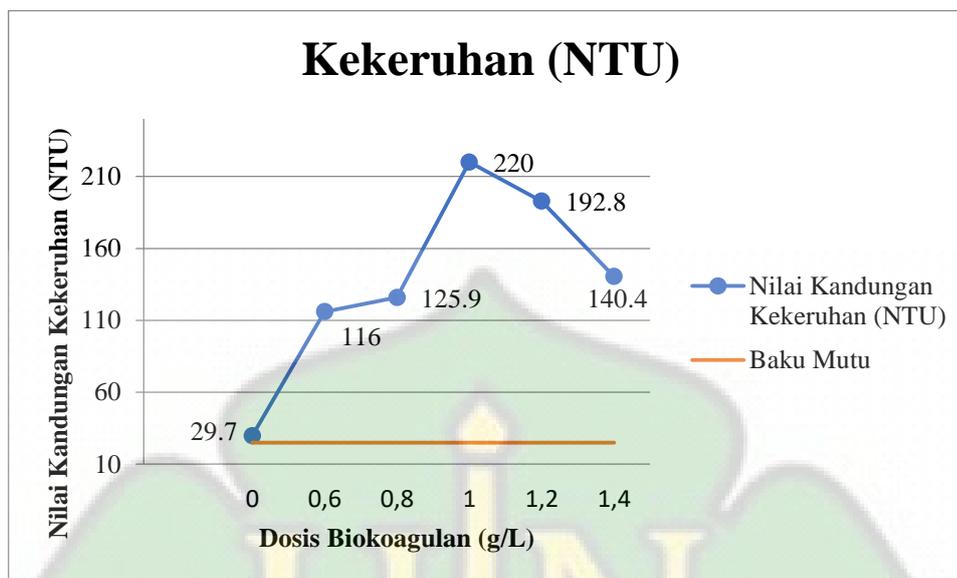
4.2.1 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter Kekeruhan Pada Air Sumur Gali

Kekeruhan yang terjadi pada air disebabkan oleh zat-zat tersuspensi seperti lempung, lumpur, zat organik serta zat halus lainnya. Berdasarkan hasil analisis air sumur yang telah dilakukan, kadar kekeruhan sebelum pengolahan ialah sebesar 218 NTU, setelah dilakukan pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dengan penambahan koagulan serbuk daun trembesi hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter Kekeruhan.

Variasi Dosis (g/L)	Baku Mutu	Kekeruhan (NTU)		Persentase Penurunan (%)
		Nilai Awal	Nilai Akhir	
0			29,7	86,3%
0,6			116,0	46,7%
0,8			125,9	42,2%
1	25	218	220	-
1,2			192,8	11,5%
1,4			140,4	35,5%

Pada Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengolahan air sumur gali dengan menggunakan alat *Jar Test* dan penambahan koagulan alami dari serbuk daun trembesi yang dilakukan di Laboratorium. Berdasarkan hasil pengolahan tersebut nilai kekeruhan mengalami penurunan terdapat pada perlakuan dosis 0 g/L dari nilai kekeruhan awal sebesar 218 NTU menjadi 29,7 NTU dengan pengadukan cepat sebesar 180 rpm selama 5 menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat sebesar 80 rpm selama 15 menit dan pengendapan selama 60 menit.



Gambar 4.1 Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter Kekeruhan.

Berdasarkan Gambar 4.1, seiring dengan penambahan dosis koagulan maka kadar kekeruhan akan semakin meningkat. Pada penambahan dosis koagulan 0,6 g/L, 0,8 g/L, dan 1,2 g/L kadar kekeruhan meningkat yaitu dari 116 NTU sampai 192 NTU, selanjutnya pada penambahan dosis koagulan 1,4 g/L kadar kekeruhan mengalami penurunan menjadi 140,4 NTU. Penurunan kadar kekeruhan tersebut disebabkan oleh kandungan senyawa tanin dalam daun trembesi berkontribusi pada pengurangan tingkat kekeruhan karena kandungan tersebut dapat membantu dalam proses pengendapan dan proses koagulasi-flokulasi melalui pengadukan cepat dan lambat (Putra dkk., 2019). Pengadukan cepat pada *Jar Test* merupakan awal dari penggabungan partikel-partikel koloid yang telah terdestabilisasikan, sedangkan pengadukan lambat bertujuan menggabungkan partikel-partikel koloid yang telah terdestabilisasikan agar dapat mengendap dengan cepat (Arum & Indaryanto, 2018).

Variasi dosis 0 g/L merupakan sampel kontrol, perlakuan tersebut bertujuan untuk mengetahui perubahan parameter yang terjadi pada sampel air sumur, setelah dilakukan perlakuan tanpa menambahkan dosis koagulan dengan menggunakan *Jar Test* dan waktu pengendapan selama 60 menit kadar kekeruhan

berkurang menjadi 29,7 NTU. Penurunan kadar kekeruhan pada sampel kontrol tersebut disebabkan oleh adanya proses pengendapan partikel-partikel koloid yang berada pada air. Proses pengadukan serta kecepatan yang benar akan mempengaruhi sedimentasi, yang menyebabkan kekeruhan air berkurang sebagai akibat dari proses sedimentasi tersebut (Amanda dkk., 2019).

Pada penambahan dosis koagulan daun trembesi 1 g/L terjadi peningkatan nilai kekeruhan. Hal tersebut disebabkan oleh penambahan dosis koagulan yang tidak sesuai menyebabkan meningkatnya nilai kekeruhan setelah pengolahan, sehingga terjadinya kegagalan pembentukan flok saat koagulasi dan flokulasi. Mekanisme yang terjadi adalah polimer dalam koagulan alami akan menutupi seluruh permukaan partikel koloid, mencegah rantai terakhir menempel dan mengakibatkan proses flokulasi menjadi kurang optimal. Keadaan tersebut mengakibatkan partikel koloid menjadi stabil atau tidak mampu bergabung dengan partikel lain (Putra dkk., 2019).

Penambahan koagulan dari daun trembesi menyebabkan nilai kekeruhan meningkat dibandingkan tanpa menggunakan koagulan daun trembesi, nilai akhir yang diperoleh tanpa menggunakan koagulan dapat menurunkan kadar kekeruhan, dibandingkan perlakuan dengan penambahan dosis koagulan. Pada percobaan penentuan dosis terbaik koagulan dari serbuk daun trembesi terhadap parameter kekeruhan setelah dilakukan proses pengolahan menggunakan *jar test* menunjukkan bahwa dosis koagulan yang baik berada pada 0,6 g/L dengan persentase penurunan sebesar 46,7%.

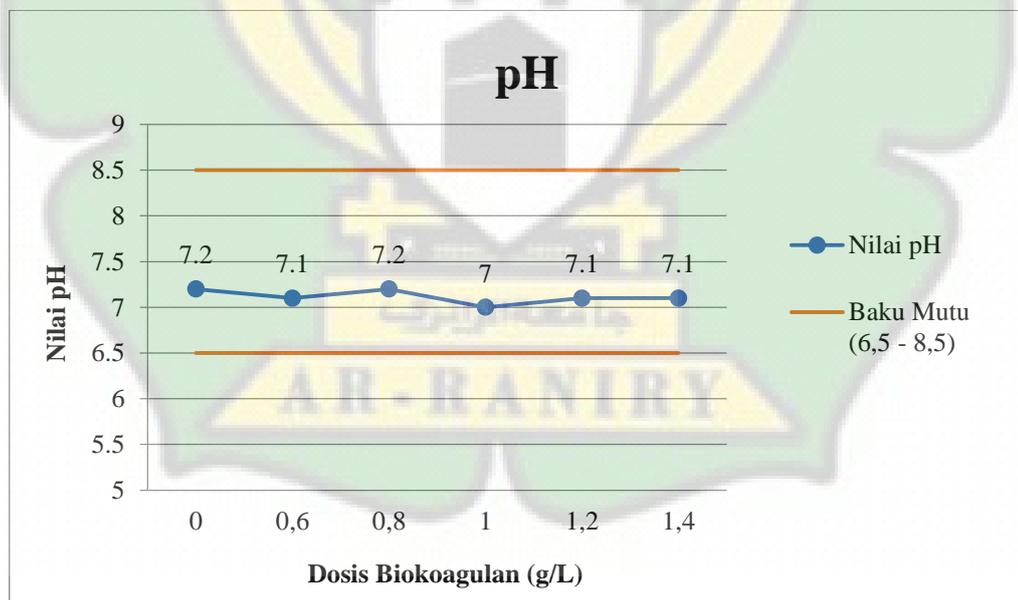
4.2.2 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter pH Pada Air Sumur Gali

Berdasarkan hasil pengolahan air sumur yang telah dilakukan, nilai pH sebelum pengolahan ialah 7,3, setelah dilakukan pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi dan sedimentasi dengan penambahan koagulan serbuk daun trembesi hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter pH.

Variasi Dosis (g/L)	Baku Mutu	pH	
		Nilai Awal	Nilai Akhir
0			7,2
0,6			7,2
0,8			7,1
1	6,5-8,5	7,3	7,2
1,2			7,0
1,4			7,1

Berdasarkan hasil pengukuran pH yang dilakukan di laboratorium, seiring dengan penambahan koagulan serbuk daun trembesi nilai pH mengalami sedikit penurunan. Nilai pH sebelum dilakukan pengolahan ialah 7,3, namun setelah dilakukan pengolahan dengan penambahan dosis koagulan 0,6 g/L sampai 1,4 g/L nilai pH menjadi 7,2 sampai 7,1.



Gambar 4.2 Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter pH.

Pengukuran parameter pH dilakukan untuk mengetahui pH air sumur sebelum dilakukan pengolahan, nilai pH dari hasil pemeriksaan tersebut ialah 7,3,

hal ini membuktikan bahwa pH air sumur tersebut normal sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017. Namun pengukuran parameter pH tetap dilakukan untuk melihat pengaruh dari penambahan koagulan serbuk daun trembesi terhadap perubahan nilai pH.

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan nilai keasaman dan kebasaan suatu larutan. Perubahan nilai pH dapat mempengaruhi sifat air yaitu kimia, fisika serta organisme yang ada pada air (Ningrum, 2018). Pada hasil pengolahan air sumur sebelum dan sesudah menggunakan koagulan serbuk daun trembesi nilai parameter pH masih berada pada nilai netral (6,5-8,5). Menurut Adira (2020), pemecahan senyawa kimia dalam air akan meningkatkan jumlah ion yang terionisasi sehingga menyebabkan penurunan nilai pH. Penurunan parameter pH ini disebabkan oleh meningkatnya penambahan dosis koagulan. Berdasarkan hasil uji parameter pH tersebut hasil yang diperoleh masih memenuhi persyaratan kualitas air yang tercantum pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017.

4.2.3 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter Fe Pada Air Sumur Gali

Berdasarkan hasil pengolahan air sumur yang telah dilakukan, kadar besi yang terdapat pada air sebelum pengolahan ialah sebesar 0,2 mg/L, kadar tersebut masih memenuhi persyaratan kualitas air bersih, namun parameter besi tetap dilakukan pengolahan menggunakan metode koagulasi dan flokulasi menggunakan serbuk daun trembesi untuk diamati perubahan yang terjadi setelah penambahan dosis koagulan. Adapun hasil pengolahan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter Besi.

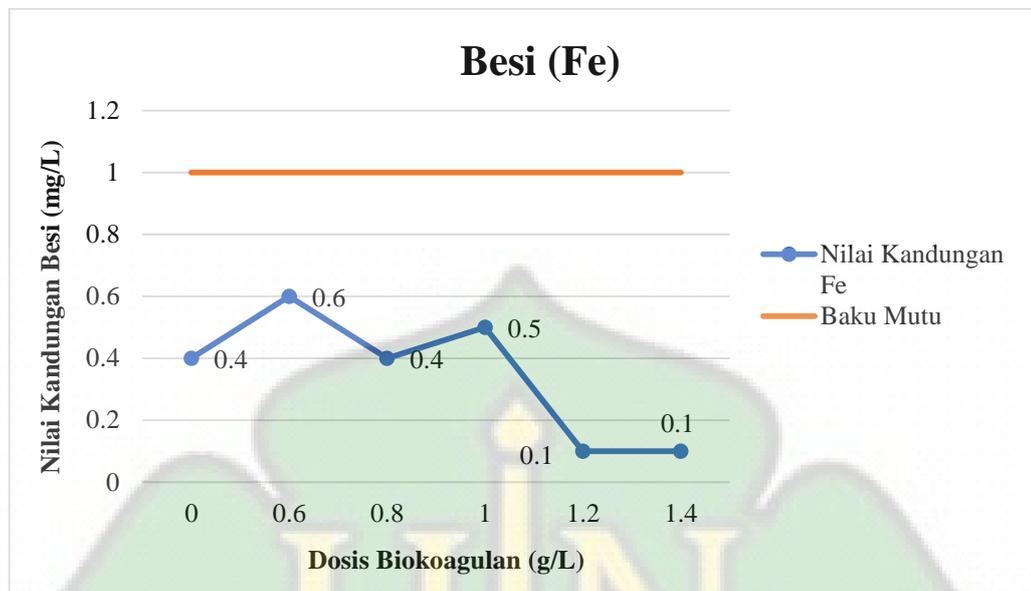
Variasi Dosis (g/L)	Baku Mutu	Besi (mg/L)	
		Nilai Awal	Nilai Akhir
0			0,4
0,6			0,6
0,8			0,4
1	1,0	0,2	0,5
1,2			TD
1,4			TD

Keterangan:

TD: Tidak terdeteksi karena konsentrasi di bawah limit deteksi alat ($<0,001$ mg/L).

Berdasarkan Tabel 4.5, konsentrasi besi sebelum dilakukan pengolahan menggunakan koagulan ialah 0,2 mg/L, kadar tersebut masih memenuhi persyaratan kualitas air bersih, jika kadar besi pada air melebihi 1,0 mg/L maka akan menimbulkan dampak negatif.

Pada perlakuan dosis 0 g/L dengan konsentrasi awal sebelum pengolahan 0,2 mg/L mengalami peningkatan menjadi 0,4 mg/L, lalu dilanjutkan dengan penambahan dosis 0,6 g/L kadar besi juga mengalami peningkatan menjadi 0,6 mg/L, selanjutnya pada penambahan dosis 0,8 g/L parameter besi turun menjadi 0,4 mg/L, namun pada penambahan dosis 1 g/L menyebabkan konsentrasi besi meningkat, dimana dengan dosis serbuk daun trembesi 1 g/L kadar besi meningkat menjadi 0,5 mg/L, kemudian penambahan dosis 1,2 g/L kadar besi mengalami penurunan. Pada penambahan dosis 1,2 g/L dan 1,4 g/L konsentrasi kadar besi berada di bawah limit deteksi alat ($<0,001$ mg/L). Hal tersebut membuktikan bahwa pada penambahan dosis 1,2 g/L mampu menurunkan kadar besi yang terdapat pada air sumur.



Gambar 4.3 Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter Fe.

Kandungan yang berperan dalam menurunkan jumlah kadar besi dalam air adalah protein. Protein dalam trembesi mengandung asam amino yang berperan sebagai ion positif yang mengikat ion-ion negatif pada air (Akbar dkk., 2015). Secara umum semua partikel koloid memiliki muatan sejenis, hal tersebut menyebabkan partikel koloid menjadi stabil dan tidak mengalami gaya tolak menolak antar partikel sehingga menyebabkan partikel koloid tidak dapat bergabung satu sama lain. Protein yang terlarut dalam trembesi memiliki kemampuan untuk mengikat partikel bermuatan negatif, mendestabilisasikannya dan membentuk ukuran yang lebih besar sebelum mengendap (Purnamasari dkk., 2016).

Kelarutan logam dalam air juga dipengaruhi oleh pH, peningkatan pH akan menurunkan kelarutan logam dalam air karena peningkatan pH mengubah kestabilan karbonat menjadi hidrokarbon yang membentuk ikatan dengan partikel dalam air sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Sukoasih & Widiyanto, 2017). Menurut Gultom (2019), dalam keadaan pH rendah, besi yang ada di dalam air berbentuk ferro dan ferri, dimana bentuk ferri akan mengendap dan tidak larut

dalam air serta tidak dapat dilihat dengan mata sehingga mengakibatkan air menjadi berwarna, berbau dan berasa.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air Untuk Keperluan Hygiene Sanitasi, kadar besi yang diperbolehkan berada pada air ialah 1,0 mg/L. Adapun hasil pengolahan menggunakan koagulan daun trembesi penurunan kadar besi yang baik terdapat pada penambahan dosis 1,2 g/L.

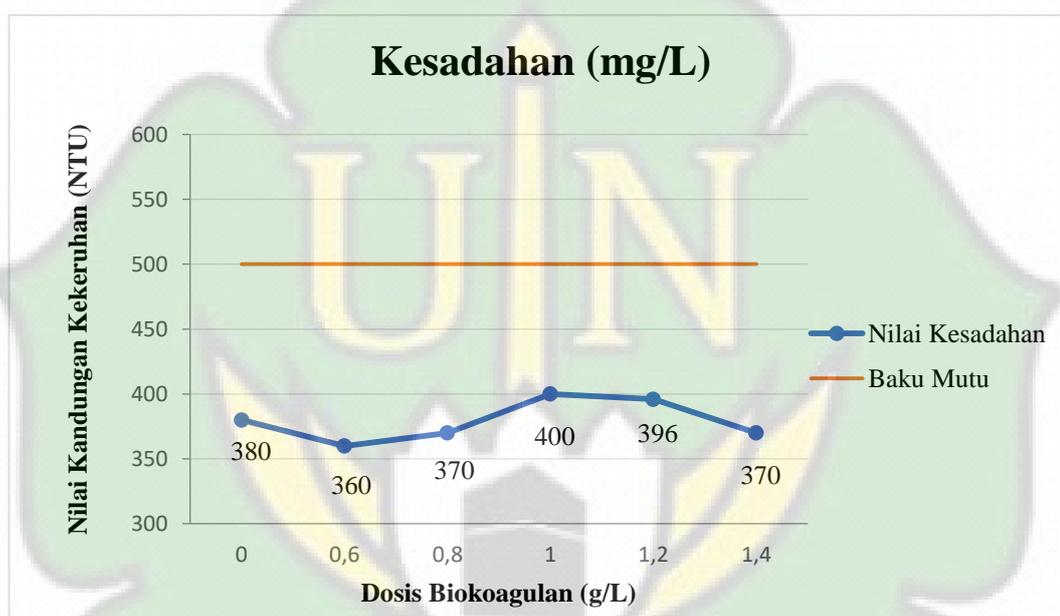
4.2.4 Pengaruh Penambahan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter Kesadahan Pada Air Sumur Gali

Berdasarkan hasil analisis, kadar kesadahan sebelum dilakukan pengolahan ialah 390 mg/L, kadar kesadahan tersebut masih memenuhi standar baku mutu. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air Untuk Keperluan Hygiene Sanitasi, kadar kesadahan yang diperbolehkan berada di air bersih ialah 500 mg/L. Namun pada penelitian ini parameter kesadahan tetap dilakukan pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan serbuk daun trembesi untuk diamati pengaruh dari serbuk daun trembesi tersebut terhadap parameter kesadahan. Adapun hasil dari analisis tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Daun Trembesi Terhadap Parameter Kesadahan.

Variasi Dosis (g/L)	Baku Mutu	Kesadahan (mg/L)		Persentase Penurunan (%)
		Nilai Awal	Nilai Akhir	
0	500	390	380	2,56%
0,6			360	7,69%
0,8			370	5,12%
1			400	-
1,2			395	-
1,4			370	7,69%

Berdasarkan Tabel 4.6, pada perlakuan dosis 0 g/L dengan konsentrasi awal 390 mg/L setelah dilakukan pengolahan menggunakan *jar test* dengan kecepatan pengadukan cepat 180 rpm selama 15 menit dan kecepatan pengadukan lambat 80 rpm selama 5 menit dan waktu pengendapan 60 menit, kadar kesadahan mengalami penurunan menjadi 380 mg/L. Penurunan kadar kesadahan yang baik terdapat pada dosis 0,6 g/L, yaitu dari konsentrasi awal 390 mg/L menjadi 360 mg/L dengan persentase penurunan 7,69%.



Gambar 4.4 Pengaruh Penambahan Koagulan Alami Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*) Terhadap Penurunan Parameter Kesadahan.

Berdasarkan Gambar 4.4, setelah penambahan koagulan daun trembesi kadar kesadahan dapat berkurang dengan persentase yang rendah. Pada perlakuan dosis kontrol yaitu dosis 0 g/L, setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan *jar test* parameter kesadahan mengalami penurunan dari kadar kesadahan awal 390 mg/L menjadi 380 mg/L.

Pada penambahan dosis koagulan 0,6 g/L kadar kesadahan mengalami penurunan menjadi 360 mg/L. Penurunan kesadahan yang baik terdapat pada penambahan dosis 0,6 g/L. Selanjutnya pada penambahan dosis 0,8 g/L, 1 g/L, dan 1,2 g/L parameter kesadahan mengalami peningkatan menjadi 370 mg/L

sampai 395 mg/L. Namun pada penambahan dosis koagulan 1,4 g/L kadar kesadahan turun menjadi 370 mg/L.

Penurunan kadar kesadahan setelah pengolahan disebabkan oleh kandungan protein bermuatan positif yang dapat berperan sebagai kation polielektrolit yang penting dalam koagulan alami (Ambarsari & Anita, 2022). Kandungan aktif dari koagulan daun trembesi yang bersifat positif dapat bereaksi dengan partikel-partikel bermuatan negatif, partikel koloid akan terikat dengan ion positif sehingga dapat membentuk sebuah flok. Penggabungan flok tersebut akan membentuk flok-flok yang lebih besar dan lebih kuat sehingga dapat mengendap (Rachmanica, 2020). Penambahan koagulan daun trembesi akan menyebabkan sebagian ion-ion mineral dan senyawa anorganik terdispersi ke dalam flok yang kemudian akan mengendap (Ambarsari & Anita, 2022).

Peningkatan nilai kesadahan yang terjadi setelah pengolahan koagulasi dan flokulasi disebabkan oleh koagulan yang telah mencapai batas maksimum, sehingga koagulan tidak lagi memperbesar penyisihan karena sudah mencapai batas jenuh dan akan menurunkan efektivitas dari biokoagulan tersebut (Fitria dkk., 2022).

Berdasarkan Gambar 4.4 dosis koagulan yang baik dalam menurunkan kadar kesadahan pada air sumur terdapat pada penambahan dosis 0,6 g/L dari nilai kesadahan awal 390 mg/L menjadi 360 mg/L, dengan persentase penurunan sebesar 7,69%. Secara keseluruhan pengolahan menggunakan koagulan dari serbuk daun trembesi terhadap parameter kesadahan nilai kesadahan yang dihasilkan masih berada dibawah baku mutu sesuai dengan baku mutu yang tercantum pada PERMENKES No. 32 Tahun 2017.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan mengenai pemanfaatan serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) sebagai koagulan alami dalam meningkatkan kualitas air sumur adalah:

1. Dosis terbaik koagulan dari serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) dalam menurunkan parameter kekeruhan terdapat pada dosis 0,6 g/L. Pada parameter pH masih berada pada nilai pH netral (6,5-8,5) dan masih memenuhi syarat baku mutu kualitas air bersih. Pada parameter Fe pada dosis 1,2 g/L dan penambahan dosis koagulan terhadap parameter kesadahan ialah 0,6 g/L.
2. Adapun efektivitas koagulan dari serbuk daun trembesi (*Samanea saman*) terhadap parameter kekeruhan ialah sebesar 46,7% (0,8 g/L), dan pada parameter kesadahan sebesar 7,69% (0,6 g/L).

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah

1. Pada penelitian ini kecepatan pengadukan dan waktu pengendapan belum maksimal dalam proses koagulasi dan flokulasi, sebaiknya pada penelitian selanjutnya diperlukan penambahan variasi kecepatan pengadukan dan waktu pengendapan guna untuk meningkatkan kinerja dari koagulan serbuk daun trembesi.
2. Pada penelitian ini koagulan dari serbuk daun trembesi sulit tercampur saat proses koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test*, sebaiknya pada penelitian selanjutnya diperlukan metode ekstraksi terhadap koagulan daun trembesi agar dapat terlarut dengan baik saat proses koagulasi dan flokulasi.
3. Perlu adanya variasi dosis koagulan yang lebih rendah untuk mendapatkan hasil yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeko, R., & Mualim. (2020). Kombinasi Limbah Sekam Padi Dan Limbah Kulit Kapuk Sebagai Adsorben Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Di Sumur Gali Warga Rawa Makmur Kota Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, 8(1), 97–103.
- Adira, R. (2020). *Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea saman) sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan limbah Cair Domestik*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Akbar A., Said, I., & Diah, A. W. M. (2015). Efektifitas Biji Kelor (*Moringa oleifera Lamk*) sebagai Koagulan Besi (Fe) dan Kalsium (Ca). *Jurnal Akademika Kimia*, 4(2), 64–70.
- Amanda, Y. T. (2019). *Pemanfaatan Biji Trembesi (samanea saman) Sebagai Koagulan Alami Untuk menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah cair Tempe*. Universitas Jember.
- Amanda, Y. T., Marufi, I., & Moelyaningrum, A. D. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samanea saman*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(3), 92–96.
- Ambarsari, L., & Anita, S. (2022). *Efektivitas Serbuk Biji Kelor (Moringa oleifera) Dalam Menurunkan Kandungan Kesadahan Total Dan Warna Pada Air Sumur Gali Kecamatan Rumbai Pesisir Kota Pekanbaru*. 4(2), 165–174.
- Ariyatun, Ningrum, P., Musyarofah, & Inayah, N. (2018). Analisis Efektivitas Biji dan Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Untuk Penjernihan Air. *Journal of Chemistry*, 1(2), 60–65.
- Arum, T. M., & Indaryanto, H. W. (2018). Penentuan Kondisi Optimum Pengadukan Dalam Proses Koagulasi Determination of Optimum Mixing Condition. *Jurnal Purifikasi*, 5(3), 121–126.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 06-6898.12 Cara Uji Kesadahan Total Kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dengan Metode Titrimetrik*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 06-6989.4 Cara Uji Besi (Fe) secara Spektrofotometri Serapan (SSA)-Nyala*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 6989.58 Tentang Metode Pengambilan Sampel Air Tanah*.

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *SNI 06-6989:25 Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer*.
- Dima, L. R., Fatimawali, & Lolo, W. A. (2016). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera* L.) Terhadap Bakteri *Escherichia Coli* Dan *Staphylococcus Aureus*. *Pharmakon*, 5(2), 282–289.
- Elvida, D. (2021). *Uji Efektivitas Nanopartikel Karbon Aktif dari Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata) untuk Pengolahan Air Bersih*. Universitas Islam Negeri islam Ar-Raniry Banda Aceh.
- Fajrul, M. (2007). *Pengaruh Penambahan Daun Trembesi (Samanea Saman) Dengan Level Berbeda Pada Wafer Pakan Komplit Terhadap Kandungan NDF Dan ADF*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Gultom, A. R. (2019). *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dalam Air Dengan Metode Multiple Tray Aerator di Kelurahan Tegal sari I Kecamatan Medan Area Kota Medan*. Universitas Sumatera Utara.
- Hamzani, S., Suhenry, S., & Pramudyo, I. (2014). Penurunan Kekeruhan dan Warna Air Sumur Gali Menggunakan Koagulan Biji Kelor dan Filtrasi Karbon Aktif. *Jurnal Purifikasi*, 14(1), 65–71.
- Hendrawati, Syamsumarsih, D., & Nurhasni. (2013). Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) dan Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) Sebagai Koagulan Alami Dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Prosiding Semirata*, 3(1), 357–370.
- Kristianto, H., Prasetyo, S., & Sugih, A. K. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Protein dari Kacang-kacangan sebagai Koagulan Alami: Review. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(2), 65–80.
- Kurniawati, S. D., Santjoko, H., & Husein, A. (2017). Pasir Vulkanik sebagai Media Filtrasi dalam Pengolahan Air Bersih Sederhana untuk Menurunkan Kandungan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kekeruhan Air Sumur Gali. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(1), 20.
- Larasati, C. (2020). *Efektifitas Biji Kelor Sebagai Koagulan Dalam Proses Koagulasi/Flokulasi Pada Air Permukaan*. Universitas Sumatera Utara.
- Mashadi, A., Surendro, B., Rakhmawati, A., & Amin, M. (2018). Peningkatan Kualitas pH, Fe dan Kekeruhan dari Air Sumur Gali Dengan metode Filtrasi. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 1(2), 105.
- Moelyo, M. (2012). Pengkajian Efektivitas Proses Koagulasi Dalam Memperbaiki Kualitas Limbah Industri Penyamakan Kulit-Sukaregang, Garut. *Jurnal*

Teknik Hidraulik, 3(2), 169–182.

- Morintosh, P., Rumampuk, J. F., & Lintong, F. (2015). Analisis Perbedaan Uji Kualitas Air Sumur Di Daerah Dataran Tinggi Kota Tomohon Dan Dataran Rendah Kota Manado Berdasarkan Parameter Fisika. *Jurnal E-Biomedik*, 3(1).
- Munfiah, S., Nurjazuli, & Setiani, O. (2013). Kualitas Fisik dan Kimia Air Sumur Gali dan Sumur Bor di Wilayah Kerja Puskesmas Guntur II Kabupaten Demak. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 12(2), 154–159.
- Napitupulu, N. M. (2019). *Pemanfaatan biji asam jawa (Tamarindus Indica) dan Durian (Durio Zibethinus) Sebagai Koagulan Dalam Proses Koagulasi/Flokulasi Pada Air Permukaan*. Universitas Sumatera Utara.
- Ningrum, S. O. (2018). Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1–12.
- Ningsih, N. R. (2020). *Efektivitas Biji Melon (Cucumis melo L.) dan Biji Pepaya (Carica papaya L.) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Parameter pencemar Air Limbah Industri Tahu*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Nurhadini. (2016). *Studi Deskriptif Sumur Gali ditinjau dari Kondisi Fisik Lingkungan dan Praktik Masyarakat di Kabupaten Boyolali*. Universitas Negeri Semarang.
- Nurismasari, S. A., & Hardjono. (2021). Pemanfaatan Koagulan Alami Dari Campuran Biji Trembesi Dan Kitosan Pada Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit. *Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 543–551.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Sanitasi.*
- Prawita, A., Suwignyo, K., & Moechtar, J. (2013). Pemanfaatan Daun Trembesi (*Samanea saman*) Dalam Mengadsorpsi Logam Berat Timbal. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*, 2(2).
- Purnamasari, R. D., Iryani, A., & Aminingsih, T. (2016). *Pemanfaatan Kacang Babi (Vicia faba) dan Biji Asam Jawa (Tamarindus indica L) Sebagai Koagulan Alami Pada Proses Perbaikan Kualitas Air*.
- Putra, R. S., Iqbal, A. M., Rahman, I. A., & Sobari, M. (2019). Evaluasi Perbandingan Koagulan Sintesis Dengan Koagulan Alami Dalam Proses

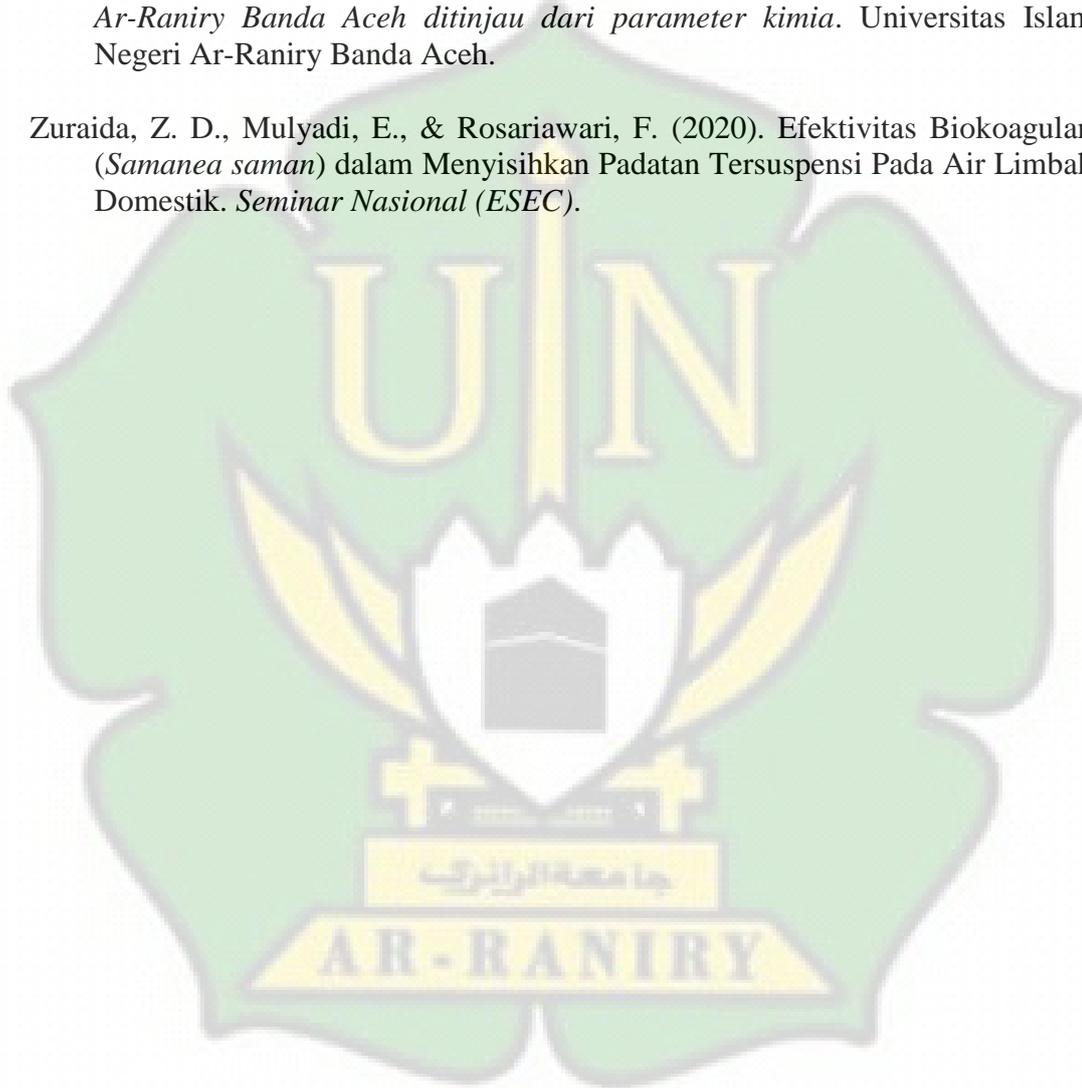
- Koagulasi Untuk Mengolah Limbah Laboratorium. *Jurnal Mahasiswa*, 11(01), 1–4.
- Putri, O., Iva, R., & Marlik. (2020). Pemanfaatan Ekstrak Biji Trembesi (*Samanea Saman*) Sebagai Koagulan Dalam Menurunkan Konsentrasi Padatan Tersuspensi, dan Zat Organik Limbah Cair Tahu. *Jurnal Envirotek*, 12(2), 38–43.
- Rachmanica, K. A. (2020). *Efektivitas Kombinasi Serbuk Biji kelor (Moringa Olifera L.) dengan Serbuk Biji Flmaboyan (Delonix Regia R.) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Limbah Cair Industri Tahu*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Rosyita, A. (2012). *Aktivitas Antibakteri Eksrak Etil Asetat Polong Trembesi (Samanea Saman(Jacq.) Merr.) Terhadap Bakteri Escherichia coli dan Bacillus cereus*. Universitas Sebelas Maret.
- Sari, M., & Huljana, M. (2019). Analisis Bau, Warna, TDS, pH dan Salinitas Air Sumur Gali di tempat Pembuangan Akhir. *Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 3(1), 1–5.
- Setiawan, M. A., Saehu, M. S., & Kartini, K. (2019). Uji Efek Antidiabetik Ekstrak Daun Trembesi (*Albizia saman* (Jacq.) Merr) Terhadap Mencit (*Mus musculus* L). *Warta Farmasi*, 8(2), 43–52.
- Sukoasih, A., & Widiyanto, T. (2017). Hubungan Antara Suhu, pH dan Berbagai Variasi Jarak dengan Kadar Timbal (Pb) Pada Badan Air Sungai Rompang dan Air Sumur Gali Industri Batik Sokaraja Tengah Tahun 2016. *Buletin Keslingmas*, 36(4), 360–368.
- Susana, T. (2003). Air Sebagai Sumber Kehidupan. *Oseana*, 28(3), 17–25.
- Suseno, A. (2016). *Studi Fisis Kualitas Air Sumur di Sekitar Kawasan Industri Makassar (KIMA)*. Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Vaujiah, H. (2018). *Perbandingan Efisiensi Penurunan Kesadahan Air Menggunakan Elektroda Aluminium (Al) dengan Konfigurasi Monopolar dan Bipolar pada Proses Elektrokoagulasi*. Universitas Sumatra Utara.
- Vidika, D. P. R., Artini, N. P. R., & Aryasa, I. W. T. (2017). Penelitian Pendahuluan Kualitas Air Tanah Di Banjar Suwung Batan Kendal, Kelurahan Sesetan, Kota Denpasar. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 3(1), 39–43.
- Widiyanto, A. F., Yuniarno, S., & Kuswanto. (2015). Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*,

10(2), 246–254.

Widyaningsih, T. S. (2015). Pemanfaatan Daun Kelor (*Moringa oleifera*) Dan Tawas Sebagai Bahan Penjernih Air Sumur Gali. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 15(2), 11.

Zahara, R. (2018). *Analisis kualitas sumber Air Tanah Asrama Mahasiswa UIN Ar-Raniry Banda Aceh ditinjau dari parameter kimia*. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Zuraida, Z. D., Mulyadi, E., & Rosariawari, F. (2020). Efektivitas Biokoagulan (*Samanea saman*) dalam Menyisihkan Padatan Tersuspensi Pada Air Limbah Domestik. *Seminar Nasional (ESEC)*.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Identifikasi Daun Trembesi (*Samanea saman*)



**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
LABORATORIUM BIOLOGI**



Gedung Laboratorium Multifungsi Jl. Syekh Abdul Rauf Kopelma Darussalam, Banda Aceh
Web: www.biologi.fst.ar-raniry.ac.id, Email: biolab.ar-raniry@gmail.com

SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI

No: B-146/Un.08/Lab.Bio-FST/PP.00.9/11/2022

Ketua Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh menerangkan bahwa sampel yang dibawa oleh :

Nama : Sri Mutia Mayliansa
NIM : 160702041
Status : Mahasiswa
Program Studi/Fakultas : Teknik Lingkungan / Fakultas Sains dan Teknologi
Jenis Sampel : Tumbuhan (Plantae)
Asal Sampel : Kampus UIN Ar-Raniry Banda Aceh

Telah dilakukan identifikasi sampel tumbuhan (plantae) di Laboratorium Botani dengan hasil klasifikasi taksonomi adalah sebagai berikut:

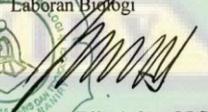
Kingdom : Plantae
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Fabales
Familia : Fabaceae
Genus : *Samanea*
Spesies : *Samanea saman* (Jacq.) Merr.

Nama Lokal (Ind) : Trembesi

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Banda Aceh, 22 November 2022

Mengetahui,
Laboran Biologi


Firman Rija Arhas, M.Si

Lampiran 2. Hasil Data Penelitian

a. Data Hasil Penelitian Parameter Fe



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 137/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Sri Mutia Mayliansa
Alamat Pelanggan : Blang Bintang-Aceh Besar
Tanggal di Terima : 5 April 2023
Jenis Contoh Uji : Air Sumur Gali
Parameter Uji : Besi (Fe)
Tanggal di Analisa : 5 April 2023 s/d 14 April 2023
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Baku Mutu : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017
Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan
Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per
Aqua*, Dan Pemandian Umum

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Awal	mg/l	1,0	0,2	
2.	Dosis 0 g	mg/l	1,0	0,4	
3.	Dosis 0,6 g	mg/l	1,0	0,6	
4.	Dosis 0,8 g	mg/l	1,0	0,4	
5.	Dosis 1,0 g	mg/l	1,0	0,5	
6.	Dosis 1,2 g	mg/l	1,0	TD	lih. (1)
7.	Dosis 1,4 g	mg/l	1,0	TD	lih. (1)

Keterangan:

(1) TD: tidak terdeteksi karena konsentrasi di bawah limit deteksi alat (< 0,001 mg/l)

Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 14 April 2023

Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001

b. Data Hasil Penelitian Parameter Kesadahan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS SYIAH KUALA
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
 Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
 Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 136/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Sri Mutia Mayliansa
 Alamat Pelanggan : Blang Bintang-Aceh Besar
 Tanggal di Terima : 5 April 2023
 Jenis Contoh Uji : Air Sumur Gali
 Parameter Uji : Kesadahan (CaCO₃)
 Tanggal di Analisa : 5 April 2023 s/d 14 April 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017
 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan
 Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per
 Aqua*, Dan Pemandian Umum

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Awal	mg/l	500	390	
2.	Dosis 0 g	mg/l	500	380	
3.	Dosis 0,6 g	mg/l	500	360	
4.	Dosis 0,8 g	mg/l	500	370	
5.	Dosis 1,0 g	mg/l	500	400	
6.	Dosis 1,2 g	mg/l	500	395	
7.	Dosis 1,4 g	mg/l	500	370	

Keterangan:

Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 14 April 2023

Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.

NIP. 19691210 199802 1001

Lampiran 3. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi.

No.	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu
A.	<u>Fisika</u>		
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (<i>Total Dissolved Solid</i>)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$
5.	Rasa	-	Tidak berasa
6.	Bau	-	Tidak berbau
B.	<u>Kimia (wajib)</u>		
1.	pH	mg/L	6,5-8,5
2.	Besi	mg/L	1
3.	Fluorida	mg/L	1,5
4.	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500
5.	Mangan	mg/L	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10
7.	Nitrit sebagai N	mg/L	1
8.	Sianida	mg/L	0,1
9.	Deterjen	mg/L	0,05
10.	Pestisida total	mg/L	0,1
C.	<u>Kimia (Tambahan)</u>		
1.	Air raksa	mg/L	0,001
2.	Arsen	mg/L	0,05
3.	Kadmium	mg/L	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/L	0,05
5.	Selenium	mg/L	0,01
6.	Seng	mg/L	15
7.	Sulfat	mg/L	400
8.	Timbal	mg/L	0,05
9.	Benzena	mg/L	0,01
10.	Zat organik (KMNO_4)	mg/L	10
C.	<u>Biologi</u>		
1.	Total Coliform	CFU/100 ml	50
2.	E. Coli	CFU/100 ml	0

Lampiran 4. Hasil Observasi Awal Air Sumur.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS SYIAH KUALA
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
 Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax: (0651) 7552222
 Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: ltpl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 10/JTK-USK/LTPKL/2023

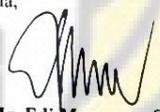
Nama Pelanggan : Sri Mutia Mayliansa
 Alamat Pelanggan : Blang Bintang-Aceh Besar
 Tanggal di Terima : 10 Januari 2023
 Jenis Contoh Uji : Air Sumur
 Tanggal di Analisa : 10 Januari 2023 s/d 24 Januari 2023
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017
 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan
 Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per
 Aqua*, Dan Pemandian Umum

No.	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Zat Padat Tersuspensi (TSS)	mg/l	-	128,0	
2.	Besi (Fe)	mg/l	1,0	8,88	
3.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/l	500	335,0	

Keterangan:

Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 24 Januari 2023
Ketua,


Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
 NIP. 19691210 199802 1001

Lampiran 5. Dokumentasi Proses Pengambilan Sampel Air Sumur

Gambar	Keterangan
	<p>Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel air sumur.</p>
	<p>Sampel yang telah diambil dimasukkan kedalam wadah.</p>

Lampiran 6. Dokumentasi Proses Pembuatan Serbuk Daun Trembesi (*Samanea saman*)

Gambar	Keterangan
	<p>Proses pemetikan daun trembesi di jalan lingkar kampus UIN Ar-raniry Banda Aceh.</p>

	<p>Proses penjemuran daun trembesi setelah dibersihkan.</p>
	<p>Penghalusan daun trembesi menggunakan blender.</p>
	<p>Daun trembesi diayak menggunakan ayakan ukuran 100 <i>mesh</i>.</p>
	<p>Serbuk daun trembesi setelah diayak dan ditimbang.</p>

Lampiran 7. Proses Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan *Jar Test*

Gambar	Keterangan
	<p>Proses pengadukan cepat dan pengadukan lambat terhadap sampel menggunakan <i>jar test</i></p>
	<p>Proses pengendapan selama 60 menit</p>

Lampiran 8. Dokumentasi Alat Pengujian Parameter Kekeruhan

Gambar	Keterangan
	<p>Satu Set Alat <i>Turbidity Meter</i> AMTAST AMT21</p>
	<p>Pengujian parameter kekeruhan</p>

Lampiran 9. Dokumentasi Alat Pengujian Parameter pH

Gambar	Keterangan
	Satu Set Alat HI 9813-5 <i>Multiparameter water quality meter</i>
	Pengujian parameter pH

Lampiran 10. Lampiran Perhitungan Persentase

Menghitung persentase penurunan parameter penelitian.

1. Parameter Kekeruhan

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \%$$

Keterangan:

C_0 = Konsentrasi awal.

C_e = Konsentrasi akhir.

- Dosis Koagulan 0,6 g/L

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(218 \text{ NTU} - 116 \text{ NTU})}{218 \text{ NTU}} \times 100 \% \\ &= 46,7\% \end{aligned}$$

2. Parameter Kesadahan

- Dosis Koagulan 0,6 g/L

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{(390 \text{ mg/L} - 360 \text{ mg/L})}{390 \text{ mg/L}} \times 100 \% \\ &= 7,69\% \end{aligned}$$