

**EFEKTIVITAS BIOKOAGULAN SERBUK BIJI TREMBESI (*Samanea saman*) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN AIR BANJIR
MENGUNAKAN METODE AGITASI MANUAL SEDERHANA**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

NANDA ASTRIDYA

220702053

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
TAHUN 2026 / 1448 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS BIOKOAGULAN SERBUK BIJI TREMBESI (*Samanea saman*) DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN AIR BANJIR MENGGUNAKAN METODE AGITASI MANUAL SEDERHANA

TUGAS AKHIR

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

Diajukan oleh:
NANDA ASTRIDYA
NIM. 220702053

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 18 Agustus 2026
Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I



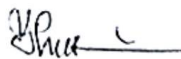
Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.
NIDN. 2010048202

Pembimbing II



Muhammad Daudsyah Ali, S.T., M.Ling

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



Husnawati Yahya, S.Si, M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS SERBUK BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica* L.) SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA AIR SUNGAI KRUENG DAROY

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) Dalam Prodi Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 18 Agustus 2026
5 Rabiul Awal 1448 H
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.
NIP. 198204102023211014

Sekretaris,



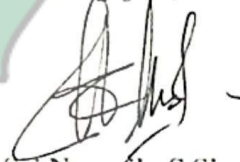
Ir. Muhammad Haikal, S.T., M.Sc.
NIP.199502252025051003

Penguji I,



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIP. 198302022015031002

Penguji II,



Dr. Sri Nengsih, S.Si., M.Sc.
NIP.198508102014032002

Mengetahui,

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



Prof. Dr. H. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nanda Astridya
Nim : 220702053
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Trembesi (Samanea saman)
Dalam Menurunkan Kekeruhan Air Banjir Menggunakan Metode
Agitasi Manual Sederhana

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya, dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

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

Banda Aceh, 18 Agustus 2026



Nanda Astridya

ABSTRAK

Nama : Nanda Astridya
Nim : 220702053
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Trembesi (*Samanea saman*) dalam Menurunkan Kekeruhan Air Banjir Menggunakan Metode Agitasi Manual Sederhana
Tebal Skripsi : 72 Halaman
Pembimbing I : Aulia Rohendi, S.T., M.Sc
Pembimbing II : Muhammad Daudsyah Ali, S.T., M.Ling
Kata Kunci : Air Banjir, Agitasi Manual, Biokoagulan, Higiene dan Sanitasi, *Samanea saman*

Bencana banjir sering kali menyebabkan penurunan drastis kualitas air permukaan akibat tingginya konsentrasi padatan tersuspensi dan kekeruhan, sehingga tidak layak digunakan untuk kebutuhan higiene dan sanitasi dasar. Di sisi lain, keterbatasan energi listrik dan sulitnya akses koagulan kimia sintetis di lokasi pengungsian menuntut adanya teknologi pengolahan air darurat yang praktis dan mandiri. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai biokoagulan alami dalam menurunkan kekeruhan dan *Total Suspended Solids* (TSS), menstabilkan pH, menentukan dosis optimumnya, serta mengevaluasi kelayakan aplikatif metode agitasi manual sederhana pada situasi darurat banjir. Pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan botol plastik bekas ukuran 1,5 liter sebagai reaktor koagulasi-flokulasi manual (1 menit pengocokan cepat, 5 menit pengocokan lambat, dan 1 jam sedimentasi) dengan variasi dosis 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 g/L secara *triplo*. Hasil penelitian menunjukkan dosis optimum tercapai pada 0,1 g/L, yang mampu menurunkan kekeruhan dari 418 NTU menjadi 131 NTU (efisiensi 69%) dan TSS dari 139 mg/L menjadi 15 mg/L (efisiensi 89%), serta mempertahankan stabilitas pH pada kisaran netral (7,1). Uji One-Way ANOVA mengonfirmasi bahwa variasi dosis berpengaruh signifikan secara statistik terhadap penurunan kekeruhan ($F = 95,582$; $p < 0,01$), TSS ($F = 13,105$; $p < 0,01$), dan stabilitas pH ($F = 6,793$; $p < 0,01$).

Kesimpulannya, metode agitasi manual berbasis biokoagulan biji trembesi dinilai layak diaplikasikan oleh masyarakat karena bebas energi listrik (*zero-energy*) dan bebas biaya (*zero-cost*), di mana parameter TSS dan pH telah memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 dan Permenkes No. 2 Tahun 2023. Namun, metode ini berfungsi optimal sebagai tahap pra-pengolahan yang memerlukan pengolahan lanjutan seperti filtrasi sederhana karena sisa kekeruhan (131 NTU) belum mencapai standar air higiene dan sanitasi (< 3 NTU).



ABSTRACT

Name : Nanda Astridya
Student ID Number : 220702053
Study Program : Environmental Engineering
Research Title : Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Trembesi (*Samanea saman*) dalam Menurunkan Kekeruhan Air Banjir Menggunakan Metode Agitasi Manual Sederhana
Number of Page : 72 Pages
Supervisor I : Aulia Rohendi, S.T., M.Sc
Supervisor II : Muhammad Daudsyah Ali, S.T., M.Ling
Keyword : Floodwater, Manual Agitation, Biocoagulant, Hygiene and Sanitation, *Samanea saman*

Flood disasters often cause a drastic decline in surface water quality due to high concentrations of suspended solids and turbidity, making the water unsuitable for basic hygiene and sanitation purposes. On the other hand, limited access to electricity and the difficulty of obtaining synthetic chemical coagulants in evacuation areas highlight the need for practical and self-sufficient emergency water treatment technologies. This study aimed to analyze the effectiveness of trembesi seed powder (*Samanea saman*) as a natural biocoagulant in reducing turbidity and Total Suspended Solids (TSS), maintaining pH stability, determining the optimum dosage, and evaluating the applicability of a simple manual agitation method in flood emergency situations. The experiment was conducted using 1.5-liter used plastic bottles as manual coagulation-flocculation reactors, consisting of 1 minute of rapid shaking, 5 minutes of slow shaking, and 1 hour of sedimentation. Six biocoagulant dosages were tested: 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, and 0.5 g/L, with each treatment performed in triplicate. The results showed that the optimum dosage was 0.1 g/L, which reduced turbidity from 418 NTU to 131 NTU (69% efficiency) and TSS from 139 mg/L to 15 mg/L (89% efficiency), while maintaining pH stability within the neutral range (7.1). One-Way ANOVA results confirmed that dosage variations had a statistically significant effect on the reduction of turbidity ($F =$

95.582; $p < 0.01$), TSS ($F = 13.105$; $p < 0.01$), and pH stability ($F = 6.793$; $p < 0.01$). In conclusion, the manual agitation method using trembesi seed biocoagulant is considered feasible for community application because it requires no electrical energy (zero-energy) and incurs no additional cost (zero-cost). The TSS and pH parameters met the quality standards specified in Government Regulation No. 22 of 2021 and Minister of Health Regulation No. 2 of 2023. However, the method is most suitable as a pre-treatment stage and requires further treatment, such as simple filtration, because the remaining turbidity of 131 NTU did not meet the hygiene and sanitation water standard of <3 NTU.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga proposal ini dapat diselesaikan dengan baik. *Shalawat* serta salam semoga selalu tercurah kepada Nabi Muhammad saw. yang telah membawa umat manusia menuju peradaban yang berlandaskan ilmu pengetahuan.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penelitian ini berjudul “Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Trembesi (*Samanea saman*) dalam Menurunkan Kekeruhan Air Banjir Menggunakan Metode Agitasi Manual Sederhana”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Namun, laporan ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan dan Dosen Pembimbing I yang telah membantu Penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.
4. Bapak Muhammad Daudsyah Ali, S.T., M.Ling, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu Penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapak Arief Rahman, M.T selaku Dosen Penguji I yang telah membantu mengevaluasi hasil Tugas Akhir.
6. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc selaku Dosen Penguji II yang telah membantu mengevaluasi hasil Tugas Akhir.

7. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan yang telah memberikan arahan.
9. Ibu Firda Elvisa, S.E., selaku Staf Administrasi Program Studi Teknik Lingkungan yang telah membantu dalam hal administrasi.
10. Ibu Nurul Huda, S. Pd. selaku Laboran di Laboratorium Teknik Lingkungan.
11. Kedua Orang tua Penulis yang telah memberikan dukungan moral, material, serta doa yang tiada henti. Kasih sayang, pengorbanan, dan kepercayaan yang diberikan selama ini menjadi landasan utama serta dorongan terbesar bagi penulis dalam menyelesaikan pendidikan dan karya akhir ini.
12. Kedua Sahabat Penulis, Anggi Aprianis dan Reni Hafani Putri yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.

Sebagai penutup, Penulis berharap semoga Allah Swt. membalas semua kebaikan dan bantuan yang telah diberikan oleh berbagai pihak selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi para pembaca.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan ini. Oleh karena itu, Penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun sebagai bahan perbaikan ke depannya.

Banda Aceh, 18 Agustus 2026

Penulis,

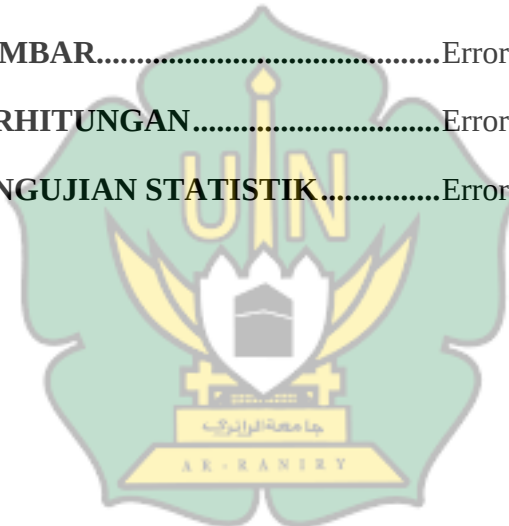
Nanda Astridya

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Karakteristik Air Banjir	5
2.2 Parameter Kualitas Air	5
2.2.1 Turbiditas	6
2.2.2 <i>Potential of Hydrogen</i> (pH).....	6
2.2.3 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	7
2.3 Standar Baku Mutu Air Bersih	7
2.4 Tahapan Pengolahan Air.....	7
2.4.1 Koagulasi dan flokulasi	9
2.4.2 Sedimentasi	9
2.5 Teknik Agitasi Manual	10
2.6 Biokoagulan Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>)	10

2.7	Penelitian Terdahulu	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		16
3.1	Metode Penelitian	16
3.1.1	Hipotesis penelitian	16
3.1.2	Analisis statistik	16
3.2	Lokasi dan Waktu Penelitian	17
3.2.1	Lokasi penelitian	17
3.2.2	Waktu Penelitian	17
3.3	Instrumen, Alat dan Bahan Penelitian	18
3.3.1	Instrumen.....	18
3.3.2	Alat	18
3.3.3	Bahan.....	19
3.4	Prosedur Penelitian	19
3.4.1	Pembuatan biokoagulan biji trembesi (<i>Samanea saman</i>)	21
3.4.2	Pengambilan sampel air sungai	21
3.4.3	Pengujian awal kualitas air.....	22
3.4.4	Proses koagulasi dan flokulasi dengan teknik agitasi manual	22
3.5	Prosedur Pengujian Parameter	22
3.5.1	Pengujian kekeruhan (turbiditas)	23
3.5.2	Pengujian pH	23
3.5.3	Pengujian TSS (<i>Total Suspended Solid</i>).....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
4.1	Kemampuan Biokoagulan Serbuk Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Dalam Menjernihkan Air Banjir	25
4.1.1	Awal Kualitas Air Sampel	25

4.1.2 Pengaruh Serbuk Biji Trembesi Terhadap Kekeruhan	27
4.1.3 Pengaruh Serbuk Biji Trembesi Terhadap <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	30
4.1.4 Pengaruh Serbuk Biji Trembesi Terhadap pH.....	34
4.2 Kelayakan Penerapan Metode Agitasi Manual dalam Pengolahan Air Banjir	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN GAMBAR.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN PERHITUNGAN.....	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN PENGUJIAN STATISTIK.....	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter air untuk keperluan higiene dan sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	7
Tabel 2.2 Parameter air bersih menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021	7
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Sebagai Dasar Acuan Penelitian.....	12
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	18
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Sampel	25
Tabel 4.2 Pengujian Kekeruhan Menggunakan Biokoagulan	27
Tabel 4.3 Uji Statistik Parameter Kekeruhan Air Sampel.....	29
Tabel 4.4 Pengujian TSS Menggunakan Biokoagulan.....	31
Tabel 4.5 Uji Statistik Parameter TSS Air Sampel	33
Tabel 4.6 Pengujian pH Menggunakan Biokoagulan.....	35
Tabel 4.7 Uji Statistik Parameter pH Air Sampel	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biji Trembesi (Samanea saman).....	11
Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	17
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian.....	21
Gambar 4.1 Kekeruhan Awal Air Sampel.....	26
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Dosis Terhadap Nilai Kekeruhan	27
Gambar 4.3 Kekeruhan Air Sampel Setelah Perlakuan.....	28
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Variasi Dosis Terhadap Nilai TSS	31
Gambar 4.5 Residu Kering Air Sampel.....	32
Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Variasi Dosis Terhadap Nilai pH	35



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fenomena banjir di Indonesia saat ini tidak lagi hanya dianggap sebagai bagian dari siklus hidrologi tahunan, tetapi telah berkembang menjadi masalah lingkungan yang lebih kompleks. Hal ini dipengaruhi oleh perubahan iklim global serta menurunnya kemampuan lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) dalam menyerap dan menahan air. Secara teknis, ketika terjadi hujan dengan intensitas tinggi, debit limpasan permukaan (*surface runoff*) meningkat dan mengalir membawa berbagai zat pencemar. Proses ini menyebabkan tanah, bahan organik, serta polutan yang berasal dari aktivitas manusia ikut terbawa dan masuk ke badan air permukaan maupun sumur gali milik masyarakat (Nugroho dan Handayani, 2021). Kandungan air banjir ini menyebabkan kualitas air menurun dan tidak layak digunakan untuk kebutuhan sanitasi dasar (Syifa dkk., 2025).

Pada situasi darurat akibat banjir, pemenuhan kebutuhan air bersih menjadi hal yang sangat penting. Sumber air utama masyarakat seperti sumur gali dengan cepat tercemar oleh aliran air permukaan yang membawa lumpur. Masyarakat umumnya hanya dapat memanfaatkan air dengan kondisi kekeruhan (*turbiditas*) meningkat melebihi baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan (Kementerian Kesehatan, 2023).

Permasalahan mendesak yang dihadapi masyarakat untuk mengolah air bersih pada saat kondisi darurat banjir adalah sulitnya mendapatkan bahan penjernih air yang biasa digunakan seperti tawas atau PAC serta terbatasnya alat pengolahan. Pada kejadian bencana hidrometeorologi di Sumatera pada November 2025 lalu, terdapat korban banjir yang terperangkap banjir lebih dari satu hari. Sulitnya evakuasi membuat warga terisolasi tanpa pasokan logistik, sehingga mereka terpaksa mengonsumsi air banjir karena tidak ada air minum sama sekali (Ajeng, 2025). Pada kondisi darurat seperti itu sangat dibutuhkan sebuah alat

sederhana yang bisa dijadikan standar pengolahan air saat darurat bencana, yang bisa disalurkan secara cepat saat terjadi bencana. Alat ini bisa disertai dengan beberapa pengolahan sederhana misal koagulan dan media filter. Koagulan yang tersedia di pasaran adalah tawas dan PAC. Meskipun efektif, penggunaan tawas secara terus-menerus tanpa pengawasan dosis yang tepat dikhawatirkan dapat meninggalkan residu aluminium dalam air dan berdampak buruk bagi kesehatan (Konkobo dkk., 2023). Oleh karena itu, diperlukan inovasi penjernih air yang ramah lingkungan, aman bagi kesehatan dan menggunakan alat pengolahan yang mudah didapat pada saat darurat banjir.

Bahan koagulan yang lebih ramah lingkungan dan lebih aman bagi kesehatan terutama saat darurat adalah koagulan yang berasal dari bahan alami, salah satunya adalah koagulan dari biji trembesi. Trembesi (*Samanea saman*) adalah salah satu tanaman yang mudah ditemukan dan bijinya memiliki potensi besar sebagai biokoagulan. Potensi biji trembesi sebagai biokoagulan berasal dari kandungan protein bermuatan positif di dalamnya. Protein aktif polielektrolit kationik merupakan peran utama dalam penjernihan air. Protein ini bekerja dengan cara menetralkan muatan partikel koloid penyebab kekeruhan dalam air, sehingga partikel tersebut saling mengikat dan membentuk flok-flok besar yang mudah mengendap secara gravitasi. Penambahan dosis biokoagulan biji trembesi mampu menurunkan parameter TSS pada air laundry hingga 23,39%, hal ini membuktikan bahwa biji trembesi memiliki daya adsorpsi secara alami (Mubarokah dkk, 2022).

Kendala lain di lokasi bencana adalah terbatasnya alat pengolahan air yang rumit dan membutuhkan energi listrik. Selama ini, proses koagulasi di laboratorium biasanya menggunakan alat *Jar Test* untuk mengontrol kecepatan pengadukan. Untuk mengatasi hambatan tersebut, penelitian ini menerapkan metode koagulasi sederhana menggunakan botol plastik bekas sebagai reaktor pencampuran. Dengan teknik agitasi (pengocokan) manual, prinsip pengadukan cepat dan pengadukan lambat tetap dapat dilakukan secara praktis oleh masyarakat, sehingga menjadikannya solusi yang sangat efisien.

Biji trembesi juga telah teruji efektif untuk mengolah limbah cair industri tahu (Putri dkk, 2020). Namun, mayoritas studi masih menggunakan standar laboratorium dan fokus pada limbah cair dengan karakteristik kimia tertentu. Kajian

mengenai efektivitas biji trembesi sebagai biokoagulan pada air banjir dengan kandungan lumpur yang tinggi masih terbatas. Selain itu, penerapan metode koagulasi menggunakan alat agitasi manual sederhana juga belum banyak diteliti.

Penelitian ini menggunakan pendekatan baru dengan memanfaatkan serbuk biji trembesi sebagai bahan alami penjernih air. Inovasi ini tidak hanya menguji efektivitas serbuk biji trembesi, tetapi juga menerapkannya dalam sistem pengolahan air sederhana yang mudah dijalankan oleh masyarakat, terutama pada kondisi darurat banjir. Dengan begitu, solusi yang dihasilkan lebih mudah diterapkan di lapangan. Fokus penelitian adalah menemukan dosis paling tepat agar proses penjernihan air banjir bisa efektif, sekaligus memastikan hasilnya memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023. Hasil penelitian diharapkan menjadi kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan yang sederhana dan dapat digunakan secara langsung untuk mengurangi dampak bencana banjir di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan paparan pada latar belakang, rumusan masalah yang diambil adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana efektivitas serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai biokoagulan dalam menurunkan kekeruhan dan *Total Suspended Solid* (TSS) pada air banjir?
- 2) Bagaimana kelayakan penerapan metode agitasi manual serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) pada kondisi darurat banjir?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui efektivitas serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai biokoagulan dalam menurunkan parameter kekeruhan, TSS, dan menstabilkan pH air banjir serta menentukan dosis optimumnya
- 2) Menganalisis kelayakan penerapan metode agitasi manual sederhana serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai teknologi tepat guna pengolahan air pada kondisi darurat banjir.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

- 1) Manfaat teoritis: Berkontribusi pada perkembangan ilmu teknik lingkungan, khususnya dalam memperkaya literatur mengenai mekanisme koagulasi alami menggunakan tumbuhan lokal untuk pengolahan air dalam kondisi darurat bencana.
- 2) Manfaat Praktis: Menyediakan solusi teknis yang praktis, ekonomis, dan mandiri bagi masyarakat di daerah terdampak banjir untuk memperoleh air bersih dengan memanfaatkan material bekas di lingkungan sekitar.
- 3) Manfaat kebijakan: Memberikan data dan rekomendasi ilmiah bagi instansi penanggulangan bencana (seperti BPBD) dalam menyusun prosedur penyediaan air bersih darurat berbasis biokoagulan.

1.5 Batasan Penelitian

Ada banyak hal yang dapat memengaruhi kualitas dan pengolahan air. Agar penelitian ini berjalan dengan sesuai tujuan, diperlukan batasan batasan penelitian. Batasan tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Sampel penelitian berupa air sungai yang keruh untuk merepresentasikan air banjir yang sesungguhnya
- 2) Parameter kualitas air yang dianalisis mencakup parameter fisik dan kimia yang mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 dan Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021. Parameter fisik meliputi kekeruhan, *Total Suspended Solid* (TSS), sedangkan parameter kimia yaitu pH.
- 3) Penelitian berfokus pada efektivitas biokoagulan serbuk biji trembesi dengan pengulangan sebanyak 3 kali (triplo).
- 4) Proses pengolahan air banjir berfokus pada proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi (1 jam) menggunakan botol plastik bekas ukuran 1,5 liter.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Banjir

Banjir adalah kondisi dimana air melimpah dalam volume besar dan menggenangi wilayah daratan yang pada keadaan normal tidak terendam (Syakilah dkk, 2025). Peristiwa ini biasanya disebabkan oleh meningkatnya debit air sungai hingga melebihi kapasitas sungai, sehingga air melimpah ke wilayah sekitar yang lebih rendah. Meningkatnya frekuensi banjir merupakan akibat dari degradasi lingkungan yang terjadi karena perubahan penggunaan lahan dan rusaknya ekosistem (Nugroho dan Handayani, 2021). Akibatnya, air banjir membawa beragam bahan pencemar yang berpengaruh terhadap penurunan kualitas air.

Air banjir umumnya memiliki karakteristik utama berupa kekeruhan yang tinggi akibat banyaknya partikel tersuspensi yang terbawa aliran. Partikel yang dimaksud seperti lempung, pasir halus, dan bahan pencemar lainnya. Keberadaan partikel tersebut menyebabkan peningkatan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) yang menunjukkan tingginya kandungan padatan dalam air. Selain itu, masuknya berbagai zat pencemar dari lingkungan sekitar, baik organik maupun anorganik dapat memengaruhi kestabilan nilai pH air banjir. Nilai TSS pada salah satu kejadian banjir daerah hilir Ciliwung Provinsi DKI Jakarta yaitu 53,43 hingga 136,29 mg/L yang artinya kualitas air tersebut tidak memenuhi ketentuan baku mutu kelas II air sungai dan sejenisnya berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 (Ariebowo dkk., 2020).

2.2 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air pada umumnya dikelompokkan kedalam tiga jenis, yaitu parameter fisik, kimia dan biologi (Nyabadza dkk., 2023). Parameter kualitas air merupakan tolak ukur yang digunakan untuk mengetahui kondisi serta tingkat keamanan air untuk dikonsumsi manusia. Parameter kualitas air yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kekeruhan, pH, dan TSS. Penilaian kualitas air mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang

Kesehatan Lingkungan, karena air hasil pengolahan diperuntukkan bagi kebutuhan hygiene dan sanitasi. Selain itu, untuk baku mutu parameter TSS mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2.2.1 Turbiditas

Turbiditas adalah ukuran kejernihan air yang menunjukkan banyaknya partikel tersuspensi, seperti lumpur, tanah liat, dan kotoran yang menghalangi cahaya saat melewati air (Fakhrizal dkk., 2022). Semakin tinggi nilai turbiditas, semakin keruh kondisi air tersebut. Parameter ini digunakan sebagai indikator utama untuk melihat keberhasilan proses koagulasi dalam penjernihan air. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, batas maksimum kekeruhan air untuk keperluan hygiene dan sanitasi ditetapkan sebesar 3 NTU. Penurunan nilai turbiditas dalam proses pengolahan air terjadi karena partikel-partikel koloid bermuatan negatif dinetralkan oleh protein bermuatan positif yang terdapat dalam biokoagulan, sehingga terbentuk gumpalan partikel (flok) yang lebih besar dan dapat mengendap dengan lebih mudah (Adira dkk., 2022).

2.2.2 *Potential of Hydrogen (pH)*

pH merupakan ukuran yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan yang ditentukan oleh konsentrasi ion hygiene 6 (H^+) di dalam air (Djundy dkk., 2025). Nilai pH berada pada skala 0 hingga 14, dengan pH 7 menunjukkan kondisi netral. Dalam pengujian kualitas air, pH meter menjadi alat laboratorium yang penting karena mampu mengukur derajat keasaman air secara akurat. Alat ini bekerja menggunakan elektroda atau sensor khusus yang menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk angka digital. Untuk menjaga ketelitian hasil pengukuran, pH meter perlu dirawat dan dikalibrasi secara berkala (Ismaini dkk., 2023). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, kisaran pH air yang aman untuk keperluan hygiene dan sanitasi adalah antara 6,5 sampai 8,5 (Kementerian Kesehatan, 2023).

2.2.3 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan jumlah padatan tidak terlarut yang berada dalam air, seperti lumpur dan partikel lempung (Adjovu dkk., 2023). Pengukuran parameter ini menjadi penting karena air banjir umumnya mengandung sedimen dalam jumlah besar. Meskipun Permenkes No. 2 Tahun 2023 tidak menentukan batas maksimum khusus untuk parameter TSS pada air sanitasi, pengukuran TSS tetap dilakukan dalam penelitian ini. Hal tersebut bertujuan untuk menilai efektivitas biokoagulan dalam mengikat dan menggumpalkan partikel padat melalui mekanisme pembentukan jembatan antarpartikel, sehingga dapat diketahui seberapa efektif proses penjernihan yang terjadi. Acuan baku mutu dalam pengujian parameter ini menggunakan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2.3 Standar Baku Mutu Air Bersih

Air dapat digunakan untuk kegiatan hygiene dan sanitasi apabila memenuhi aturan yang ditetapkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Parameter air untuk keperluan hygiene dan sanitasi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan
Fisik			
1.	Kekeruhan	<3	NTU
Kimia			
1.	pH	6,5 – 8,5	-

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 halaman 29-30

Tabel 2.2 Parameter air bersih menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan
1.	<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	50	mg/L

Sumber: Peraturan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, Lampiran VI, halaman 1

2.4 Tahapan Pengolahan Air

Pengolahan air penting untuk dilakukan sebelum air tersebut digunakan untuk berbagai keperluan. Pengolahan air bertujuan untuk meminimalisir material

pengotor yang ada didalam air seperti partikel tersuspensi, zat terlarut serta mikroorganisme yang dapat membahayakan manusia. Secara umum, tahapan pengolahan air meliputi, pra-sedimentasi, koagulasi dan flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan desinfeksi (Manyoundou, 2025).

- a) Pra-sedimentasi, yaitu proses pengendapan yang berlangsung secara alami dengan bantuan gaya gravitasi tanpa penambahan bahan kimia. Partikel-partikel padat seperti lumpur, pasir, dan kotoran akan turun secara perlahan ke dasar bak, sehingga mengurangi beban pada pengolahan berikutnya (Falco dkk., 2020).
- b) Koagulasi dan Flokulasi, dimulai dari koagulasi yaitu proses pengolahan air yang bertujuan untuk menetralkan partikel koloid dengan menambahkan zat-zat tertentu yang disebut koagulan, baik kimia maupun alami. Dilanjutkan dengan flokulasi berupa pengadukan secara lambat (*slow mixing*) yang bertujuan untuk memperbesar gumpalan partikel hasil koagulasi agar terbentuk flok yang lebih stabil.
- c) Sedimentasi, merupakan proses fisik dalam pengolahan air yang memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengendapkan partikel-partikel tersuspensi, sehingga kekeruhan air berkurang dan mengurangi beban pengolahan berikutnya (Ridwan dkk., 2024).
- d) Filtrasi, merupakan proses penyaringan yang bertujuan memisahkan air dari partikel padat dengan menggunakan media berpori, sehingga partikel-partikel padat halus yang masih tersuspensi bisa tertahan dan ikut terpisah dari cairannya (Lestari dkk., 2025).
- e) Desinfeksi, merupakan proses untuk menghilangkan atau membunuh mikroorganisme berbahaya yang terdapat di dalam air agar tidak menimbulkan risiko kesehatan. Tahap ini umumnya diterapkan dalam pengolahan air minum untuk memastikan air yang dihasilkan aman digunakan oleh masyarakat (Safa dan Sulistyorini, 2024).

Dalam penelitian ini, proses pengolahan air yang diterapkan difokuskan pada tahapan koagulasi, flokulasi dan sedimentasi saja. Hal ini disesuaikan dengan tujuan penelitian, yaitu menurunkan tingkat kekeruhan melalui metode yang sederhana dan mudah diterapkan di lapangan.

2.4.1 Koagulasi dan flokulasi

Koagulasi adalah proses pengolahan air yang bertujuan untuk menetralkan partikel koloid dengan menambahkan zat-zat tertentu yang disebut koagulan, baik kimia maupun alami. Koagulasi melibatkan proses pengadukan cepat (*rapid mixing*) untuk mendispersikan biokoagulan secara merata. Partikel koloid dalam air banjir umumnya bermuatan negatif, saling tolak menolak dan menyulitkan partikel tersebut untuk mengendap secara alami. Akibatnya, air banjir menjadi keruh dan tidak layak digunakan. Penambahan koagulan dapat menetralkan muatan ini, sehingga partikel-partikel kecil lebih mudah menggumpal (Ekoputri dkk., 2023).

Setelah tahapan koagulasi selesai, proses selanjutnya adalah flokulasi, yaitu pengadukan secara lambat (*slow mixing*) yang bertujuan untuk memperbesar gumpalan partikel hasil koagulasi agar terbentuk flok yang lebih stabil. Pada tahap ini, polimer protein trembesi membentuk jembatan antartpartikel, mengikat mikroflok menjadi makroflok yang lebih besar dan stabil. Pengadukan dilakukan dengan kecepatan rendah untuk mencegah flok yang telah terbentuk agar tidak pecah. Tahap flokulasi memiliki peranan penting karena sangat memengaruhi kualitas flok yang akan diendapkan pada proses sedimentasi. Flok yang kuat dan berukuran besar akan mempercepat pengendapan, sehingga kejernihan air meningkat dan siap untuk diproses pada tahapan berikutnya (Xu dkk., 2023).

2.4.2 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan fisik padatan dari air menggunakan gravitasi. Dalam proses ini, flok yang terbentuk melalui koagulasi dan flokulasi dibiarkan mengendap ke dasar wadah selama jangka waktu tertentu, sehingga air dapat terpisah dari partikel padat. Pada prinsipnya, partikel dengan kepadatan lebih tinggi daripada air akan tenggelam dan membentuk sedimen, sementara air yang lebih jernih akan mengendap ke lapisan atas. Keberhasilan proses sedimentasi sangat memengaruhi kejernihan air olahan. Semakin efektif flok mengendap, semakin rendah kadar *Total Suspended Solids* (TSS) dan kekeruhan. Oleh karena itu, sedimentasi memainkan peran penting dalam hygiene pengolahan air bersih untuk memastikan bahwa air olahan memenuhi persyaratan fisik peraturan yang berlaku (Fahni dkk., 2023).

2.5 Teknik Agitasi Manual

Agitasi adalah proses pengadukan air yang bertujuan untuk mencampurkan zat-zat di dalamnya agar tersebar secara merata (Setiyano, 2024). Dalam penelitian ini, agitasi dilakukan secara manual menggunakan botol hygiene bekas yang berfungsi sebagai wadah pencampuran sederhana dan mudah diterapkan oleh masyarakat di daerah terdampak bencana. Pengocokan dilakukan dengan kuat sebagai bentuk pengadukan cepat untuk memastikan serbuk biokoagulan dari biji trembesi dapat tercampur merata ke seluruh air. Proses ini membantu terjadinya gaya mekanik yang diperlukan agar protein bermuatan positif dalam biji trembesi dapat menetralkan partikel koloid di dalam air (Putri W dkk., 2020). Metode agitasi manual dapat digunakan pada kondisi darurat karena tidak memerlukan listrik maupun peralatan laboratorium yang rumit, sehingga dapat menjadi solusi praktis bagi masyarakat untuk menjernihkan air secara mandiri dengan alat sederhana yang tersedia di sekitar.

Keberhasilan agitasi manual juga dipengaruhi oleh tahap pengadukan lambat yang dilakukan setelah pengadukan cepat. Pada tahap ini, kecepatan pengocokan dikurangi agar partikel-partikel kecil yang telah ternetralkan dapat saling bertemu dan membentuk gumpalan yang lebih besar. Pengadukan yang ini membantu terbentuknya flok yang lebih berat sehingga lebih mudah mengendap secara alami (Fitria dkk., 2024). Oleh karena itu, waktu dan kekuatan pengocokan perlu diatur dengan tepat agar flok yang sudah terbentuk tidak pecah hygiene. Pengadukan manual yang dilakukan dengan benar berperan penting dalam menurunkan tingkat kekeruhan dan TSS air banjir sebelum memasuki tahap pengendapan. Dengan penerapan hygiene agitasi yang tepat, kualitas air hasil pengolahan diharapkan dapat memenuhi standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023.

2.6 Biokoagulan Biji Trembesi (*Samanea saman*)

Pohon trembesi atau *Samanea saman* merupakan tanaman tropis yang termasuk ke dalam kelompok tumbuhan berbunga dan tanaman polong-polongan. Tanaman ini dikenal karena bentuknya yang besar dan menyerupai payung. Trembesi termasuk dalam famili *Fabaceae* dan banyak tumbuh di wilayah tropis,

termasuk di Aceh, sehingga mudah ditemukan dan dimanfaatkan oleh masyarakat (Triwanto dkk., 2021).

Biji trembesi memiliki potensi besar untuk digunakan sebagai biokoagulan alami karena mengandung berbagai senyawa penting di dalamnya seperti protein, tannin dan kalsium. Kandungan utama yang berperan dalam proses penjernihan air adalah protein aktif polielektrolit kationik yang memiliki fungsi untuk menetralkan muatan seperti pengotor pada air banjir (Syerin dkk., 2023). Kandungan bahan alami tersebut menjadikan biji trembesi sebagai bahan penjernih air yang ramah lingkungan dan aman digunakan.



Gambar 2.1 Biji Trembesi (*Samanea saman*)
Sumber: Inovasi Pertanian Andalan, 2022

Polielektrolit kationik dalam biji trembesi berfungsi untuk menetralkan partikel kotoran di dalam air yang umumnya bermuatan negatif, seperti lumpur dan tanah liat pada air banjir. Partikel-partikel tersebut biasanya saling tolak-menolak sehingga sulit mengendap secara alami. Setelah muatannya dinetralkan oleh protein dari biji trembesi, partikel-partikel tersebut menjadi tidak stabil dan mulai saling bergabung. Proses ini penting karena membantu partikel padat yang sebelumnya melayang di dalam air menjadi lebih mudah dipisahkan.

Selain menetralkan muatan, biji trembesi juga mengandung polimer alami yang berperan sebagai pengikat antartikel. Polimer ini bekerja dengan cara menjembatani partikel-partikel kecil yang telah ternetralkan sehingga membentuk gumpalan atau flok yang lebih besar dan lebih kuat (Kristianto dkk., 2019). Flok yang terbentuk memiliki berat yang lebih besar dibandingkan air, sehingga dapat mengendap dengan lebih mudah. Dengan terbentuknya flok yang besar dan stabil, proses pemisahan antara air dan kotoran menjadi lebih efektif.

Penggunaan biji trembesi sebagai biokoagulan memberikan banyak keuntungan. Selain berfungsi sebagai pengganti tawas, biji trembesi tidak meninggalkan residu aluminium yang berpotensi berbahaya bagi kesehatan dalam

jangka panjang. Biji ini juga bekerja secara alami tanpa menyebabkan perubahan pH air yang signifikan. Ketersediaannya yang melimpah menjadikan biaya pengolahan air lebih murah dan mendukung prinsip pemanfaatan limbah atau *zero waste*. Oleh karena itu, biji trembesi dapat menjadi solusi sederhana, aman, dan mudah diterapkan oleh masyarakat.

Dalam pengolahan air banjir, biji trembesi terbukti mampu menurunkan berbagai parameter pencemar secara bersamaan. Penggunaannya efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan hingga mencapai batas aman sesuai ketentuan yang ada. Selain itu, biji trembesi juga mampu mengurangi konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS) yang umumnya sangat tinggi pada air banjir. Biokoagulan ini membantu menjaga kualitas kimia air agar tetap berada dalam rentang baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023. Dengan kemampuan tersebut, biji trembesi menjadi pilihan inovatif untuk pengolahan air darurat, sehingga air banjir yang keruh dapat diubah menjadi air yang lebih bersih dan layak digunakan untuk kebutuhan hygiene dan sanitasi.

2.7 Penelitian Terdahulu

Sebagai dasar penyusunan penelitian, digunakan beberapa penelitian terdahulu yang relevan sebagai rujukan (Tabel 2.2).

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu Sebagai Dasar Acuan Penelitian

No.	Judul, penulis, nama jurnal	Tujuan	Hasil
1.	Pemanfaatan Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Sebagai Koagulan Alami Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (RPH) (Kinanti dkk., 2023) Jurnal <i>AMINA</i> Vol. 5 No. 2	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biji trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai koagulan alami dalam menurunkan kadar pencemar utama pada air limbah Rumah Potong Hewan (RPH), khususnya TSS, COD, dan kekeruhan. Selain itu, penelitian ini mengkaji pengaruh variasi dosis koagulan dan kecepatan pengadukan (pengadukan cepat dan lambat) terhadap efektivitas proses koagulasi–	Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji trembesi efektif digunakan sebagai biokoagulan alami dengan efisiensi penyisihan sebesar 81–90%. Dosis optimum untuk COD dan kekeruhan diperoleh pada 1,5 g dengan pengadukan 120/30 rpm, sedangkan dosis optimum TSS sebesar 2 g dengan pengadukan 150/30 rpm. Nilai pH tetap berada pada kisaran aman, sehingga biji trembesi terbukti efektif dan ramah lingkungan untuk

		flokulasi untuk menentukan dosis optimum yang memenuhi baku mutu air limbah sesuai peraturan lingkungan.	pengolahan limbah cair RPH
2.	Inovasi Sederhana Koagulasi Air Gambut Menggunakan Botol Bekas: Solusi Ramah Lingkungan untuk Air Bersih (Maulana, 2025) Jurnal Riset Multidisiplin (JRM)	Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan proses koagulasi dengan peralatan sederhana menggunakan botol plastik bekas sebagai wadah reaktor, agar masyarakat (terutama di wilayah pedesaan/berketerbatasan air bersih) dapat melakukan pengolahan air dengan biaya rendah dan mudah diterapkan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah penambahan koagulan (misalnya tawas/alum), pengadukan, dan waktu pengendapan 30–60 menit, air gambut menjadi lebih jernih dan kekeruhan menurun karena partikel tersuspensi menggumpal (flok) lalu mengendap di bagian bawah botol. Metode ini juga dinilai praktis, ekonomis, dan ramah lingkungan karena memanfaatkan botol bekas, meskipun kapasitas pengolahan terbatas dan efektivitas masih dipengaruhi oleh teknik pengadukan serta dosis koagulan.
2.	Pemanfaatan Ekstrak Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai Koagulan dalam Menurunkan Kandungan Padatan Tersuspensi dan Zat Organik Air Buangan Produksi Tahu (Putri W. dkk., 2020) Jurnal Envirotek, Volume 12 Nomor 2	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan ekstrak biji trembesi sebagai biokoagulan alami dalam menurunkan kandungan padatan tersuspensi (TSS) serta zat organik yang diukur sebagai COD dan BOD pada air limbah industri tahu	Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak biji trembesi efektif menurunkan kandungan TSS, COD, dan BOD. Dosis paling efektif diperoleh pada 200 ml/L dengan efisiensi penurunan TSS sebesar 83,79%, COD sebesar 79,55%, dan BOD sebesar 87,54%, serta telah memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku
3.	Efektivitas Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS Air Limbah Laundry (Mubarokah dkk, 2022)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas biji trembesi (<i>Samanea saman</i>) sebagai koagulan alami dalam menurunkan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) pada air	Biji trembesi terbukti berpengaruh terhadap penurunan kadar COD dan TSS pada limbah laundry, dengan efektivitas tertinggi pada dosis 5 g (5000 ppm). Meski penurunan belum terlalu besar dibandingkan standar baku mutu, tren

	Kementerian Kesehatan RI, Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya, Prodi Sanitasi Kampus Magetan	limbah laundry, serta menganalisis pengaruh variasi dosis biokoagulan terhadap hasil penurunan pencemar.	menunjukkan semakin tinggi dosis biokoagulan maka semakin besar efektivitasnya. Penelitian menyarankan uji lanjutan dengan variasi dosis lebih tinggi serta pemeriksaan parameter lain seperti pH dan suhu.
4.	Pemanfaatan Biji Trembesi (<i>Samanea saman</i>) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik (Adira dkk., 2020) <i>Jurnal AMINA</i> Vol. 2 No. 3	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biji trembesi sebagai koagulan alami dalam menurunkan pH, kekeruhan, TSS, dan COD pada limbah cair domestik, serta menentukan dosis biokoagulan yang paling efektif.	Biji trembesi terbukti efektif sebagai biokoagulan alami dalam pengolahan limbah cair domestik. Dosis optimum berbeda untuk setiap parameter, yaitu 1 g/L untuk turbiditas, 0,8 g/L untuk TSS, dan 1 g/L untuk COD. Efisiensi penyisihan yang diperoleh berkisar antara 69–94% dan hasil akhir telah memenuhi baku mutu limbah cair domestik.
5.	<i>Performance of Trembesi Seed (Samanea saman) on Tempeh Wastewater Treatment</i> (Studi Kasus di Industri Tempe Semanan, Jakarta Barat) (Syerin dkk., 2023) <i>IOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> Vol. 1263 (2023), 6th International Symposium on Sustainable Urban Development	Penelitian ini bertujuan untuk menilai kemampuan biji trembesi sebagai biokoagulan alami dalam menurunkan BOD, COD, TSS, dan kekeruhan pada limbah cair industri tempe, serta menentukan dosis optimum dan waktu pengadukan terbaik pada proses koagulasi–flokulasi menggunakan reaktor batch berpengaduk.	Biji trembesi terbukti efektif sebagai koagulan alami dalam menurunkan BOD, COD, TSS, dan kekeruhan pada limbah cair industri tempe. Dosis optimum yang diperoleh adalah 500 mg/L dengan waktu koagulasi 2 menit dan flokulasi 30 menit. Namun, hasil pengolahan belum memenuhi baku mutu limbah cair sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, sehingga masih diperlukan proses pengolahan lanjutan sebelum limbah dibuang ke lingkungan
6.	Pengaruh Variasi Dosis dan Durasi Flokulasi terhadap Penyisihan Parameter Organik pada Air Limbah Tahu Menggunakan Biokoagulan Biji	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dosis biokoagulan biji trembesi dan waktu flokulasi terhadap penurunan BOD, COD, TSS, dan kekeruhan pada air limbah tahu	Hasil penelitian menunjukkan bahwa biji trembesi efektif sebagai biokoagulan alami. Kondisi optimum diperoleh pada dosis 2 g/L dan waktu flokulasi 30 menit dengan penurunan BOD sebesar 67%, COD 74%, TSS 35%,

	Trembesi (Samanea saman) (Anugrah dkk., 2024) Jurnal Bhuwana, Vol. 4 No. 2		dan kekeruhan 37%. Hasil pengolahan memenuhi baku mutu Permen LH No. 5 Tahun 2014, namun belum memenuhi baku mutu yang lebih ketat berdasarkan Pergub DKI Jakarta No. 69 Tahun 2013
--	---	--	--



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Desain eksperimen difokuskan pada pengujian efektivitas biokoagulan serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) dengan variasi dosis sebagai variabel bebas, sementara penurunan parameter kekeruhan, pH, dan TSS bertindak sebagai variabel terikat. Setiap unit eksperimen diulang sebanyak tiga kali (triplo) sebagai upaya untuk memastikan validitas dan reliabilitas data yang diperoleh. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai untuk mewakili air banjir karena karakteristiknya yang mirip. Pengambilan air sungai menggunakan metode *grab sampling* (sampel sesaat).

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer didapat melalui eksperimen laboratorium. Sementara data sekunder bersumber dari literatur ilmiah dan regulasi pemerintah terkait untuk mendukung dan melengkapi penelitian ini.

3.1.1 Hipotesis penelitian

H_0 : Tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai kekeruhan, TSS, dan pH air banjir antar variasi dosis serbuk biji trembesi yang diujikan menggunakan metode agitasi manual.

H_1 : Terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai kekeruhan, TSS, dan pH air banjir pada setidaknya satu variasi dosis serbuk biji trembesi yang diujikan menggunakan metode agitasi manual.

3.1.2 Analisis statistik

Analisis statistik dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi perlakuan terhadap parameter yang diamati serta menguji signifikansi perbedaan antarperlakuan. Data kuantitatif yang terkumpul akan diuji normalitasnya menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas varians (*Levene's test*). Apabila prasyarat terpenuhi, data dianalisis secara inferensial menggunakan uji

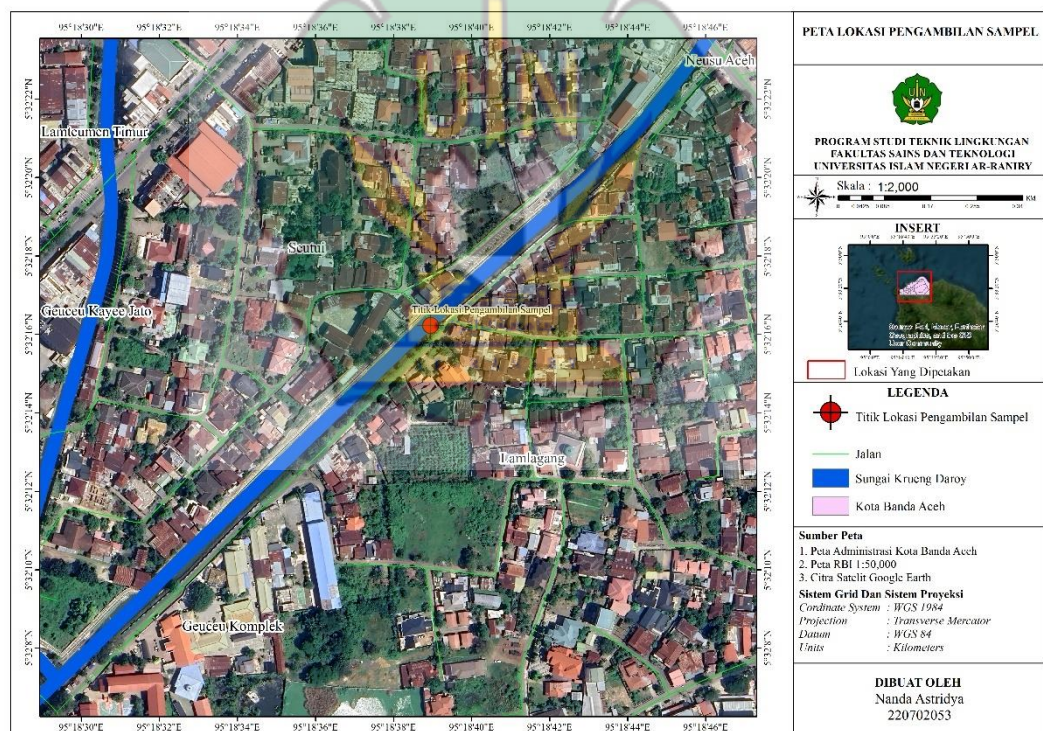
One-Way Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ menggunakan perangkat IBM SPSS. Jika H_0 ditolak, pengujian dilanjutkan dengan uji lanjut *post-hoc* Tukey HSD (*Honestly Significant Difference*) untuk mengidentifikasi kelompok dosis mana saja yang menunjukkan perbedaan efisiensi penyisihan secara signifikan.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penentuan lokasi dan waktu penelitian dilakukan agar penelitian berjalan sesuai seperti yang direncanakan dan selesai sesuai jadwal yang telah disusun.

3.2.1 Lokasi penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di Laboratorium Multifungsi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Sedangkan pengambilan sampel berlokasi di sungai Krueng Daroy, Kecamatan Baiturrahman, Kota Banda Aceh (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Sumber: Google Earth, 2026

3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Mei 2026. Berikut merupakan tabel jadwal penelitian (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Jadwal Penelitian																			
		februari				maret				april				mei				juni			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Penyusunan Proposal																				
2.	Seminar Proposal																				
3.	Revisi Proposal																				
4.	Pengurusan Izin dan Persiapan																				
5.	Eksperimen di Laboratorium																				
6.	Pengolahan Data																				
7.	Penyusunan Skripsi																				
8.	Sidang Skripsi																				

3.3 Instrumen, Alat dan Bahan Penelitian

Berikut ini merupakan instrumen, alat dan bahan yang digunakan sebagai pendukung jalannya penelitian.

3.3.1 Instrumen

Instrumen yang digunakan untuk membantu jalannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Timbangan analitik, untuk menimbang biokoagulan dan bahan campuran dengan tingkat ketelitian tinggi.
- 2) *Turbidity* meter digunakan untuk mengukur tingkat kejernihan sampel.

3.3.2 Alat

Alat yang digunakan untuk membantu jalannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) pH meter digunakan untuk mengetahui derajat keasaman atau kebasaan suatu larutan.
- 2) *Stopwatch*, dipakai untuk mengukur waktu pengendapan selama proses pengujian.
- 3) Pipet volume digunakan untuk mengambil sampel.
- 4) Oven, untuk mengeringkan sampel biji trembesi.
- 5) *Vacuum filter*, untuk menyaring padatan tersuspensi.
- 6) Cawan petri digunakan sebagai wadah serbuk biokoagulan saat di timbang.
- 7) Ayakan, untuk menyaring sampel agar lebih halus dengan *mesh* 80.
- 8) *Blender*, digunakan untuk menghaluskan biji trembesi.

- 9) *Beaker glass*, sebagai wadah untuk menguji sampel setelah diberi perlakuan menggunakan biokoagulan.
- 10) Botol plastik bekas ukuran 1,5 liter digunakan untuk proses koagulasi dan flokulasi manual.
- 11) Sendok digunakan untuk menakar serbuk biokoagulan biji trembesi.
- 12) Desikator digunakan untuk menyimpan sampel agar tetap kering dan steril.
- 13) Pinset digunakan untuk mengambil kertas saring agar tetap steril.

3.3.3 Bahan

Bahan yang digunakan untuk membantu jalannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

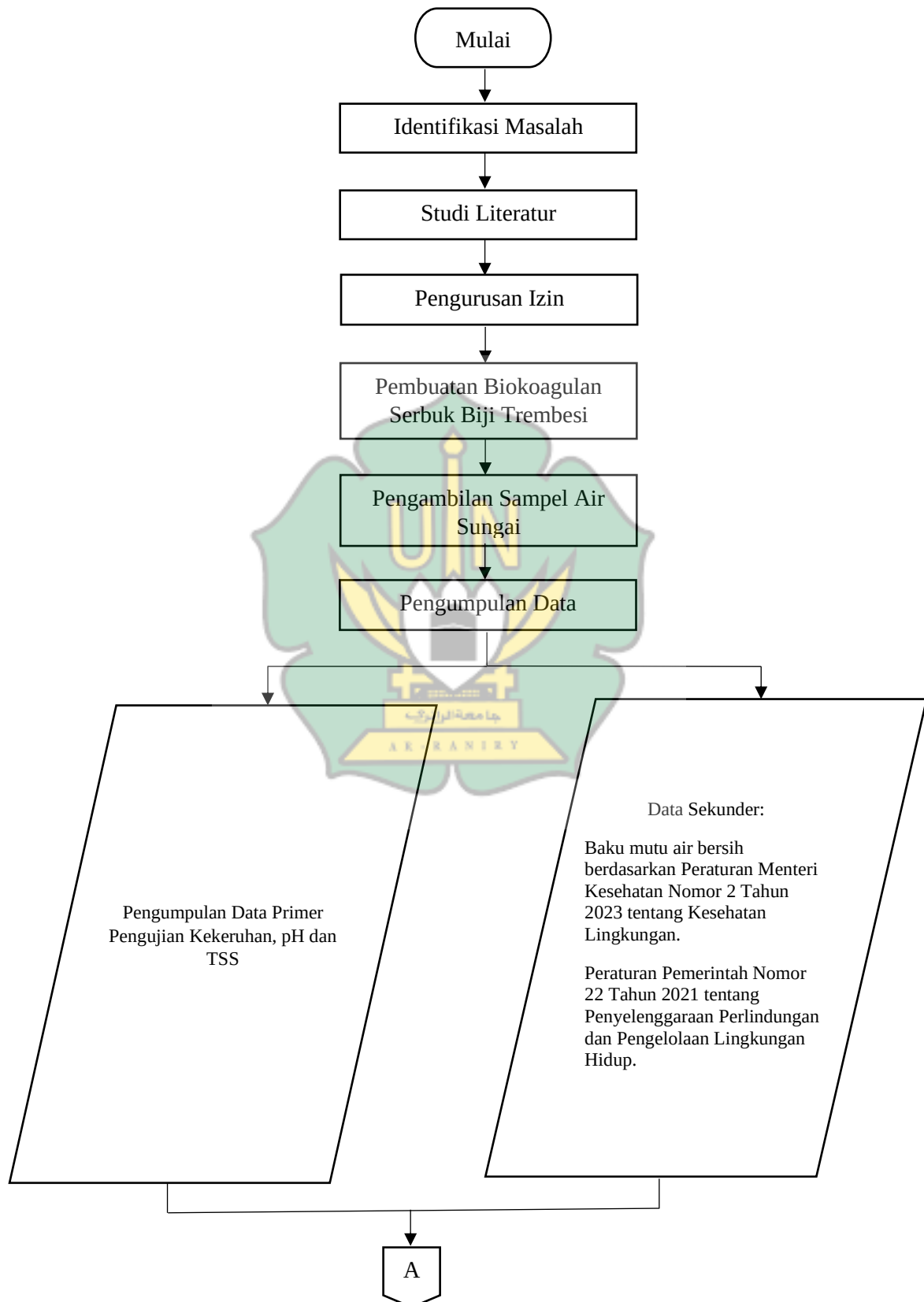
- 1) Biji Trembesi sebagai biokoagulan yang akan digunakan untuk meningkatkan kualitas air.
- 2) Air sungai digunakan sebagai sampel yang mewakili kondisi air banjir.
- 3) Lembar observasi, untuk mencatat seluruh hasil dan proses selama penelitian berlangsung.
- 4) Kertas saring Whattman no.42 digunakan untuk memisahkan padatan dan cairan dalam pengujian TSS.
- 5) Aquades digunakan untuk mensterilkan alat yang digunakan.
- 6) *Alumunium foil* digunakan untuk membungkus kertas saring yang akan di oven.

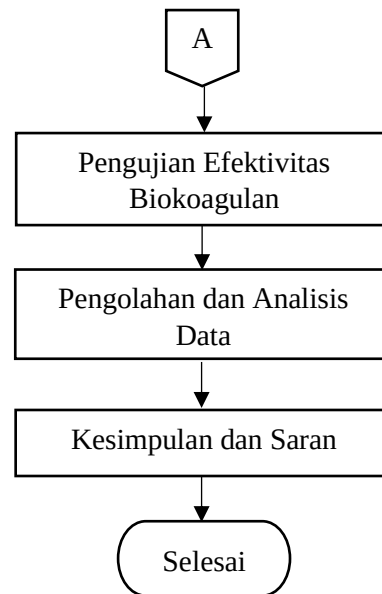
3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini disusun sebagai langkah pendukung yang digunakan agar proses penelitian berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Berikut adalah tahapan penelitian yang telah direncanakan.

1. Mengidentifikasi masalah yang ada disekitar dan mencari literatur sebagai penuntun.
2. Pembuatan izin penelitian
3. Pengambilan sampel air sungai yang mewakili keadaan air banjir. Sampel air sungai di uji sebelum dan sesudah penambahan serbuk biji trembesi dengan parameter kekeruhan, pH dan TSS.

4. Pengolahan data dan analisis. Analisis untuk mengetahui seberapa efektif biji trembesi dapat berperan sebagai biokoagulan pada air banjir.





Gambar 3.2 Tahapan Penelitian

3.4.1 Pembuatan biokoagulan biji trembesi (*Samanea saman*)

Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan serbuk biokoagulan biji trembesi sebagai bahan alami penjernihan air banjir.

- 1) Dibersihkan biji trembesi dari kotoran yang menempel.
- 2) Biji trembesi tersebut dijemur selama 2 jam dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar airnya (Kinanti dkk., 2023).
- 3) Kemudian biji trembesi dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama satu jam (Syerin dkk., 2023).
- 4) Setelah dikeringkan dengan oven, biji trembesi dihaluskan menggunakan blender sampai menjadi bubuk.
- 5) Bubuk yang telah diblender kemudian disaring menggunakan ayakan dengan ukuran *mesh* 80 agar menjadi bubuk yang lebih halus sebanyak 20 gram (Anugrah dkk., 2024).

3.4.2 Pengambilan sampel air sungai

Sampel air sungai digunakan untuk mewakili kondisi air banjir yang sebenarnya. Air sungai yang keruh dapat digunakan untuk merepresentasikan air banjir karena pada dasarnya air banjir merupakan air sungai yang meluap (Kudryavtsev, 2016). Proses pengambilan sampel air sungai dilakukan berdasarkan SNI 6989.57:2008.

- 1) Dilakukan pencucian wadah pengambil sampel.
- 2) Dilakukan pencucian wadah berupa botol penyimpanan sampel.
- 3) Diambil sampel air sungai dan dimasukkan kedalam botol penyimpanan.

3.4.3 Pengujian awal kualitas air

Sebelum dilakukan proses pengolahan, sampel air banjir terlebih dahulu diuji untuk mengetahui kondisi awal kualitas air. Parameter yang diukur meliputi pH, kekeruhan (turbiditas), dan padatan tersuspensi total (TSS). Hasil pengukuran ini digunakan sebagai data pembanding untuk menilai efektivitas biokoagulan serbuk biji trembesi dalam meningkatkan kualitas air banjir.

3.4.4 Proses koagulasi dan flokulasi dengan teknik agitasi manual

- 1) Siapkan enam botol plastik bekas ukuran 1,5 liter.
- 2) Air banjir dimasukkan ke dalam botol plastik bekas, masing-masing sebanyak 1 liter.
- 3) Koagulasi: dilakukan dengan menambahkan serbuk biokoagulan biji trembesi ke dalam masing-masing botol sesuai dengan variasi dosis yang telah ditentukan yaitu 0 g (kontrol); 0,1 g; 0,2 g; 0,3 g; 0,4 g; dan 0,5 g (Kinanti dkk., 2023). Kemudian dilakukan agitasi cepat (pengocokan kuat) secara manual selama 1 menit.
- 4) Flokulasi: dilakukan dengan agitasi lambat (membolak-balik botol secara perlahan) selama 5 menit agar terbentuknya flok pada tahap flokulasi.
- 5) Sedimentasi: Sampel didiamkan selama 1 jam agar flok mengendap sempurna secara gravitasi sebelum dilakukan pengujian kualitas air (Maulana, 2025).

3.5 Prosedur Pengujian Parameter

Dalam melakukan pengujian parameter memerlukan instrumen dan alat untuk mempermudah jalannya penelitian. Penggunaan instrumen dan alat memiliki aturan tersendiri berdasarkan standarnya masing-masing. Berikut merupakan langkah penelitian menggunakan instrumen yang diperlukan.

3.5.1 Pengujian kekeruhan (turbiditas)

Pengujian kekeruhan dilakukan menggunakan alat turbidimeter sesuai SNI 06-6989.25-2005 untuk memperoleh hasil yang akurat dengan tahapan sebagai berikut.

- 1) Alat *turbidity meter* dinyalakan dan dibiarkan beberapa menit hingga stabil, kemudian dikalibrasi menggunakan larutan standar
- 2) Sampel air banjir dikocok agar homogen, lalu dimasukkan ke dalam tabung *turbidity meter* yang bersih dan diukur hingga nilai kekeruhan stabil pada layar alat.
- 3) Hasil pengukuran dinyatakan dan dicatat dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*).
- 4) Setelah pengujian, tabung dan sensor dibersihkan dengan aquades dan alat disimpan dengan baik untuk mencegah kontaminasi pada pengujian selanjutnya.

$$EP (\%) = \frac{So - S}{So} \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan:

Efektivitas Penyisihan (EP) = %

So = Sebelum Perlakuan (NTU)

S = Sesudah Perlakuan (NTU)

3.5.2 Pengujian pH

Pengujian pH mengacu pada SNI 6989.11:2019 dengan tahapan sebagai berikut.

- 1) *Probe* pH meter dikalibrasi menggunakan larutan standar dan dikeringkan menggunakan *tissue* sebelum digunakan.
- 2) Dicelupkan *probe* pH meter kedalam sampel air banjir sampai hasil uji konstan.
- 3) Hasil uji dicatat dan kalibrasi kembali elektroda pH meter menggunakan aquades.

3.5.3 Pengujian TSS (*Total Suspended Solid*)

Pengujian TSS dengan metode gravimetri mengacu pada (SNI 6989.3:2019) dengan tahapan sebagai berikut.

1) Persiapan Kertas Saring

- Diletakkan kertas saring whatman ukuran 42 pada alat vakum filtrasi.
- Dicuci kertas saring dengan aquades sebanyak 3 kali.
- Dikeringkan kertas saring dalam oven pada suhu 103–105°C selama 1 jam.
- Dinginkan dalam desikator selama 15-30 menit.
- Ditimbang massa kertas saring menggunakan timbangan analitik (berat awal, W_1).

2) Penyaringan Sampel

- Diaduk sampel air banjir hingga homogen.
- Diukur volume sampel air banjir menggunakan gelas ukur.
- Disaring sampel menggunakan kertas saring yang sudah dikeringkan di oven menggunakan vakum filtrasi.

3) Pengeringan dan Penimbangan

- Diambil kertas saring yang berisi residu, kemudian dibungkus menggunakan *aluminium foil*.
- Dimasukkan kembali kertas saring berisi residu pada suhu 103–105°C selama 1 jam.
- Dinginkan kembali dalam desikator.
- Ditimbang kertas saring yang berisi residu kering tersebut menggunakan neraca analitik (berat akhir, W_2).

4) Perhitungan TSS

$$TSS = \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \quad (3.2)$$

Ketrangan:

W_2 = Berat kertas saring + residu (mg)

W_1 = Berat kertas saring kosong (mg)

V = Volume sampel (ml)

TSS = mg/L

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kemampuan Biokoagulan Serbuk Biji Trembesi (*Samanea saman*) Dalam Menjernihkan Air Banjir

Penggunaan serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai biokoagulan merupakan salah satu alternatif dalam membantu proses penjernihan air banjir. Kemampuan biokoagulan dalam proses tersebut dapat dilihat melalui perubahan nilai turbiditas dan *Total Suspended Solids* (TSS) setelah diberikan pada beberapa variasi dosis. Perbedaan hasil pada setiap dosis menunjukkan pengaruh jumlah biokoagulan terhadap proses pengendapan partikel tersuspensi dalam air. Hasil pengujian selanjutnya digunakan untuk menentukan dosis biokoagulan yang memberikan kemampuan penjernihan paling optimal.

4.1.1 Awal Kualitas Air Sampel

Karakterisasi awal dilakukan untuk mengetahui kualitas air sampel sebelum perlakuan koagulasi. Pada hal ini, sampel air sungai yang digunakan sebagai perwakilan air banjir seterusnya akan disebut sebagai air sampel. Parameter yang diuji meliputi kekeruhan (*turbidity*), *Total Suspended Solids* (TSS), dan pH. Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku untuk menilai kualitas awal air sampel. Acuan yang digunakan untuk parameter kekeruhan dan pH adalah Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 2 Tahun 2023, sedangkan parameter TSS mengacu pada Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Baku Mutu Air Sungai Kelas II).

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Sampel

No	Parameter	Satuan	Nilai Hasil Pengukuran	Kadar Maksimum Baku Mutu	Regulasi Acuan	Keterangan
1	Kekeruhan	NTU	418	3	Permenkes No. 2/2023	Tidak Memenuhi
2	TSS	mg/L	139	50	PP No. 22/2021 (Kelas 2)	Tidak Memenuhi
3	pH	-	7.5	6,5 – 8,5	Permenkes No. 2/2023	Memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.1, nilai kekeruhan awal air sampel sebesar 418 NTU telah melebihi baku mutu Permenkes No. 2 Tahun 2023, yaitu 3 NTU, sedangkan nilai TSS sebesar 176 mg/L juga melampaui baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 Kelas II, yaitu 50 mg/L. Nilai tersebut menunjukkan tingginya kandungan partikel tersuspensi dan koloid di dalam air. Pada kondisi banjir, meningkatnya nilai kekeruhan dan TSS disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan yang menghasilkan limpasan permukaan (*surface run-off*), sehingga mengangkut sedimen, bahan organik, dan anorganik dari daerah aliran sungai (DAS) ke badan air (Falco dkk., 2020).



Gambar 4.1 Kekeruhan Awal Air Sampel
Sumber: Dokumentasi pribadi

Nilai kekeruhan yang tinggi ini sejalan dengan tingginya konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS). Hal tersebut menunjukkan bahwa air mengandung banyak partikel tersuspensi, seperti lumpur, lempung (*clay*), dan kotoran, yang menghalangi masuknya cahaya sehingga air tampak keruh. Kondisi ini sesuai dengan Fakhrizal dkk. (2022) yang menyatakan bahwa kekeruhan dipengaruhi oleh banyaknya partikel tersuspensi di dalam air. Hubungan antara kekeruhan dan TSS juga didukung oleh Ariebowo dkk. (2020), yang menjelaskan bahwa semakin banyak partikel tersuspensi yang terbawa aliran air, semakin tinggi pula nilai TSS. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air sampel belum memenuhi baku mutu secara fisik, sehingga memerlukan pengolahan, salah satunya melalui proses koagulasi-flokulasi, sebelum digunakan untuk keperluan higiene dan sanitasi.

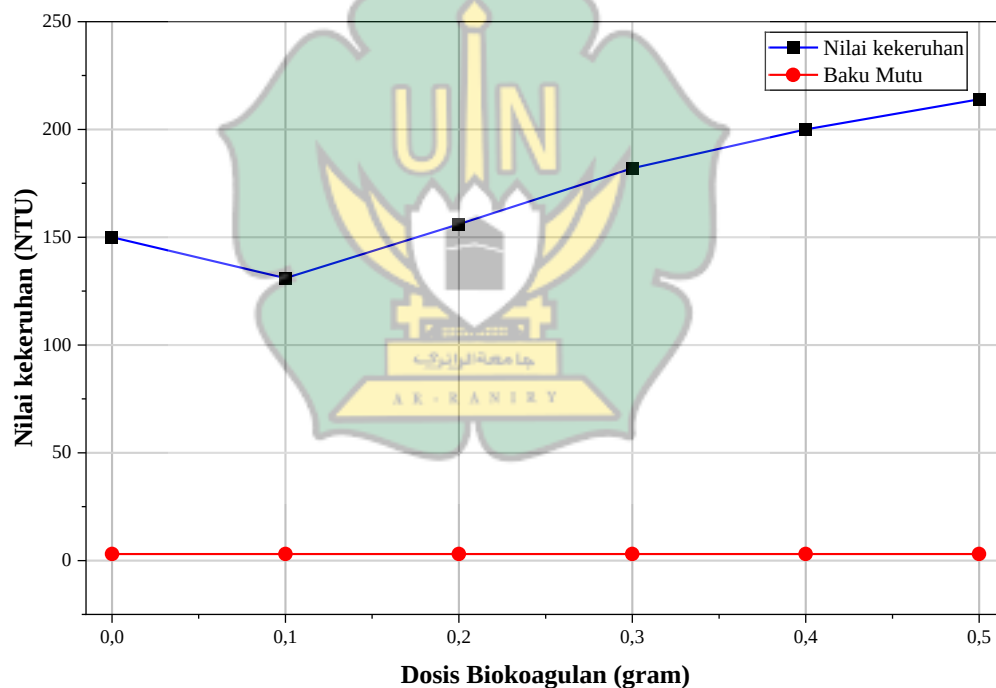
Hasil pengukuran derajat keasaman (pH) awal pada sampel air banjir menunjukkan nilai 7,8. Nilai tersebut menunjukkan bahwa air masih dapat dikatakan netral karena masih berada dalam rentang baku mutu yang ditetapkan oleh Permenkes No. 2 Tahun 2023 untuk keperluan higiene dan sanitasi, yaitu 6,5–8,5 (Kementerian Kesehatan, 2023).

4.1.2 Pengaruh Serbuk Biji Trembesi Terhadap Kekeruhan

Pengujian efektivitas serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) terhadap penurunan kadar kekeruhan dilakukan menggunakan metode agitasi manual sederhana dengan variasi dosis koagulan mulai dari 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 g/L.

Tabel 4.2 Pengujian Kekeruhan Menggunakan Biokoagulan

Dosis (gr/L)	Kekeruhan Awal	Kekeruhan Akhir (NTU)	Efisiensi Penurunan Kekeruhan (%)
0	418	150	64
0,1		131	69
0,2		155	63
0,3		182	56
0,4		200	52
0,5		214	49



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Variasi Dosis Terhadap Nilai Kekeruhan
Sumber: Origin, 2026

Berdasarkan hasil percobaan pada kelompok kontrol (dosis 0 g/L), nilai kekeruhan air sampel mengalami penurunan dari 418 NTU menjadi 150 NTU setelah didiamkan selama 1 jam. Setelah dihitung menggunakan rumus, diperoleh efisiensi penyisihan pada variasi kontrol sebesar 64%. Penurunan nilai kekeruhan tanpa penambahan biokoagulan terjadi karena adanya proses pengadukan dan

pengendapan secara alami oleh gaya gravitasi. Pengadukan yang dilakukan pada awal pengujian membantu meningkatkan pergerakan partikel-partikel tersuspensi, seperti pasir halus dan lumpur kasar, sehingga partikel-partikel tersebut saling bertumbukan (Kinanti dkk., 2023). Tumbukan ini menjadikan sebagian partikel diskrit bergabung membentuk kumpulan partikel yang lebih besar dan lebih berat. Setelah pengadukan dihentikan, partikel-partikel tersebut lebih mudah mengendap akibat pengaruh gaya gravitasi, sehingga nilai kekeruhan air menurun meskipun tanpa penambahan biokoagulan.



Gambar 4.3 Kekeruhan Air Sampel Setelah Perlakuan
Sumber: Dokumentasi pribadi

Penambahan serbuk biji trembesi berpengaruh terhadap penurunan kekeruhan air sampel. Berdasarkan hasil penelitian, dosis 0,1 g/L merupakan dosis yang paling efektif. Pada dosis tersebut, nilai kekeruhan akhir turun hingga 131 NTU dengan efisiensi penurunan sebesar 69%, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan variasi dosis lainnya. Efektivitas ini terjadi karena biji trembesi mengandung protein alami yang berperan sebagai polielektrolit kationik atau senyawa bermuatan positif ketika berada di dalam air. Muatan positif tersebut akan berikatan dengan partikel-partikel koloid bermuatan negatif, seperti partikel tanah liat dan lempung yang menjadi penyebab utama kekeruhan sehingga terbentuklah flok. Flok yang terbentuk kemudian lebih mudah mengendap, sehingga kekeruhan air dapat berkurang (Kinanti dkk., 2023).

Namun, ketika dosis serbuk biji trembesi ditingkatkan melebihi dosis optimum, yaitu pada dosis 0,2; 0,3; 0,4 dan 0,5 g/L, efisiensi penurunan kekeruhan justru mengalami penurunan. Hal ini ditunjukkan oleh meningkatnya nilai kekeruhan akhir secara bertahap, yaitu dari 155, 182, 200 NTU hingga 214 NTU. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penambahan koagulan dalam jumlah yang terlalu banyak (overdosis) tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik.

Secara ilmiah, penurunan efektivitas ini terjadi karena adanya fenomena pembalikan muatan (*charge reversal*) dan restabilisasi koloid (Frisilla dkk., 2026). Pada dosis yang berlebihan, jumlah polimer kationik yang berasal dari protein biji trembesi lebih banyak daripada jumlah muatan negatif yang dimiliki partikel koloid di dalam air. Akibatnya, seluruh permukaan partikel menjadi jenuh oleh muatan positif. Kelebihan muatan positif pada permukaan partikel dapat menyebabkan partikel kembali stabil (restabilisasi), sehingga proses penyisihan menjadi kurang efektif (Sukirman dkk., 2026).

Untuk mengetahui apakah perbedaan hasil penurunan kekeruhan pada setiap variasi dosis terjadi secara nyata, dilakukan uji statistik *One-Way ANOVA*. Hasil pengujian dipaparkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Uji Statistik Parameter Kekeruhan Air Sampel

Dosis (gr/L)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	SD Kekeruhan	Kelompok Subset (Tukey HSD)	F-Hitung (Anova)	*Sig. (Anova)
0	418	150	7	2	95,582	0,000
0,1		131	2	1		
0,2		15	2	2		
0,3		182	8	3		
0,4		200	7	4		
0,5		214	5	4		

Sumber: Hasil uji statistik, 2026

*Signifikan pada level 1%. Dosis dengan nomor subset yang sama (misalnya Dosis 0 dan 0,2 pada subset 2) menandakan tidak terdapat perbedaan rerata kekeruhan yang signifikan secara statistik.

Hasil analisis menunjukkan nilai signifikansi ($\text{Sig.} < 0,01$). Karena nilai signifikansi lebih kecil dari 0,01, maka hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis serbuk biji trembesi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekeruhan akhir air sampel. Selain itu, nilai standar deviasi (SD) pada setiap perlakuan berkisar antara 2 hingga 8 NTU. Rentang SD yang relatif kecil dibandingkan dengan nilai rata-rata kekeruhan menunjukkan bahwa hasil pengukuran antarulangan memiliki variasi yang rendah, sehingga data yang diperoleh cukup konsisten. Hasil uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa dosis 0,1 g/L berada pada kelompok yang berbeda (subset 1) dibandingkan perlakuan lainnya, sehingga merupakan dosis yang memberikan penurunan kekeruhan paling

baik. Sementara itu, kelompok kontrol (0 g/L) dan dosis 0,2 g/L berada pada kelompok yang sama (subset 2), yang menunjukkan bahwa kedua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata secara statistik. Dosis 0,3 g/L berada pada kelompok yang berbeda (subset 3), sedangkan dosis 0,4 g/L dan 0,5 g/L berada pada kelompok yang sama (subset 4), sehingga peningkatan dosis pada rentang tersebut tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai kekeruhan. Kemudian dilakukan lagi pengujian statistik *One-Way ANOVA* terhadap nilai kekeruhan akhir antar variasi dosis. Nilai signifikansi berada di bawah 0,05 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penurunan kekeruhan yang signifikan secara statistik di antara berbagai variasi dosis perlakuan yang diuji. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji trembesi hingga dosis optimum mampu meningkatkan efisiensi penurunan kekeruhan, sedangkan pemberian dosis yang lebih tinggi justru menurunkan kinerja koagulasi yang artinya mengalami kondisi *overdosing* dan restabilisasi partikel koloid.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekeruhan mengalami penurunan pada seluruh variasi dosis, termasuk pada kelompok kontrol. Meskipun demikian, nilai kekeruhan akhir pada seluruh dosis biokoagulan masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No. 2 Tahun 2023, yaitu kurang dari 3 NTU. Pada dosis optimum 0,1 g/L, kekeruhan berhasil diturunkan hingga 131 NTU, namun nilai tersebut masih belum memenuhi standar kualitas air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan biokoagulan biji trembesi mampu mengurangi kekeruhan secara signifikan, tetapi belum cukup untuk menghasilkan air yang memenuhi baku mutu.

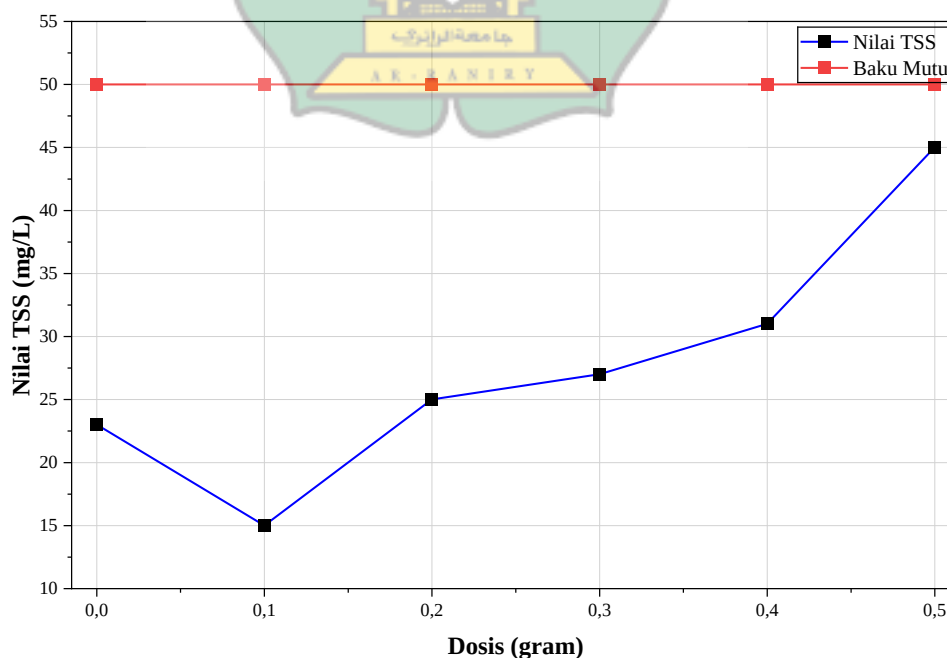
4.1.3 Pengaruh Serbuk Biji Trembesi Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS)

Pengujian parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan tersuspensi yang terdapat dalam air banjir sebelum dan sesudah perlakuan. Berdasarkan hasil pengujian pada kelompok kontrol (dosis 0 g/L), nilai TSS mengalami penurunan yang cukup besar, yaitu dari 139 mg/L pada kondisi awal menjadi 23 mg/L setelah sampel didiamkan selama 1 jam untuk proses sedimentasi.

Efisiensi penyisihan TSS pada kelompok tanpa penambahan koagulan mencapai 84%. Penurunan yang tinggi ini menunjukkan bahwa sebagian besar padatan tersuspensi dalam air sampel terdiri atas partikel berukuran besar, seperti pasir halus dan sedimen kasar. Selain itu, pengadukan yang dilakukan pada awal pengujian membantu menyebarkan partikel secara merata dan meningkatkan peluang terjadinya tumbukan antarpartikel (Adira dkk., 2020). Setelah pengadukan selesai, partikel-partikel yang berukuran lebih besar menjadi lebih mudah mengendap ke dasar wadah akibat pengaruh gaya gravitasi, sehingga nilai TSS menurun meskipun tanpa penambahan koagulan.

Tabel 4.4 Pengujian TSS Menggunakan Biokoagulan

Dosis (gr/L)	TSS Awal	TSS Akhir (mg/L)	Efisiensi Penurunan TSS (%)
0	139	23	84
0,1		15	89
0,2		25	82
0,3		27	80
0,4		31	77
0,5		45	67



Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Variasi Dosis Terhadap Nilai TSS
Sumber: Origin, 2026

Meskipun kelompok kontrol telah mampu menurunkan sebagian besar padatan tersuspensi, penambahan serbuk biji trembesi pada dosis optimum 0,1 g/L memberikan hasil yang lebih baik dengan menurunkan nilai TSS hingga 15 mg/L atau mencapai efisiensi penyisihan sebesar 89%. Hasil ini menunjukkan bahwa biokoagulan biji trembesi mampu mengikat partikel-partikel halus yang belum dapat mengendap secara alami. Menurut Mubarakah dkk. (2022), senyawa polimer alami yang terkandung dalam biji trembesi bekerja dengan menghubungkan partikel-partikel kecil melalui mekanisme jembatan polimer, sehingga terbentuk gumpalan (flok) yang lebih besar dan lebih berat. Flok tersebut kemudian lebih mudah mengendap ke dasar wadah akibat pengaruh gaya gravitasi, sehingga nilai TSS menjadi lebih rendah.

Namun, hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan dosis serbuk biji trembesi di atas dosis optimum, yaitu 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 g/L, justru menyebabkan efisiensi penyisihan TSS menurun. Pada keempat dosis tersebut, nilai TSS meningkat secara berturut-turut. Penurunan kinerja ini diduga terjadi karena jumlah serbuk biji trembesi yang ditambahkan sudah melebihi kebutuhan untuk mengikat partikel tersuspensi di dalam air. Akibatnya, sebagian serbuk yang tidak bereaksi tetap berada di dalam air dan ikut menambah jumlah padatan tersuspensi. Kondisi serupa juga dilaporkan oleh Syerin dkk. (2023), yang menjelaskan bahwa kelebihan dosis biokoagulan dapat meninggalkan residu organik yang tidak berikatan dengan partikel pencemar. Selain itu, menurut Anugrah dkk. (2024), pemberian koagulan yang berlebihan dapat menyebabkan partikel koloid kembali stabil (restabilisasi), sehingga pembentukan flok menjadi kurang optimal dan jumlah partikel yang mengendap semakin berkurang.



Gambar 4.5 Residu Kering Air Sampel
Sumber: Dokumtasi pribadi

Validasi data penurunan kadar padatan tersuspensi ini dibuktikan secara ilmiah melalui uji statistik *One-Way* ANOVA. Hasil pengujian dipaparkan dalam Tabel 4.5. Hasil analisis nilai signifikansi (Sig.) $< 0,01$, maka hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis serbuk biji trembesi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar TSS air sampel. Nilai standar deviasi (SD) pada setiap perlakuan berkisar antara 2 hingga 6 mg/L. Dosis 0,1 g/L memiliki nilai SD paling kecil, yaitu 2 mg/L, yang menunjukkan hasil pengukuran antarulangan relatif lebih seragam. Sementara itu, dosis 0,3 g/L, 0,4 g/L, dan 0,5 g/L memiliki nilai SD sebesar 6 mg/L, yang mengindikasikan adanya variasi hasil antarulangan yang sedikit lebih tinggi. Namun demikian, secara keseluruhan nilai SD tersebut masih menunjukkan bahwa hasil pengukuran pada setiap perlakuan memiliki variasi yang dapat diterima. Hasil uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa dosis 0,1 g/L berada pada kelompok tersendiri (subset 1), sehingga merupakan dosis yang memberikan penyisihan TSS terbaik. Sementara itu, kelompok kontrol (0 g/L), dosis 0,2 g/L, dan dosis 0,3 g/L berada pada kelompok yang sama (subset 1,2), sehingga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik. Dosis 0,4 g/L berada pada kelompok berbeda (subset 2), sedangkan dosis 0,5 g/L berada pada kelompok tersendiri (subset 3), yang menunjukkan bahwa peningkatan dosis di atas dosis optimum memberikan hasil yang berbeda secara signifikan. Kemudian dilakukan lagi pengujian statistik *One-Way* ANOVA terhadap nilai TSS akhir antar variasi perlakuan dan diperoleh hasil signifikansi $< 0,05$. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan efektivitas penurunan nilai TSS yang signifikan secara statistik antar variasi dosis yang diberikan. Hasil ini sejalan dengan pembahasan sebelumnya bahwa penambahan biokoagulan melebihi dosis optimum diduga menyebabkan penurunan efisiensi penyisihan TSS akibat kondisi *overdosing*, sehingga sebagian serbuk yang tidak bereaksi tetap berada di dalam air dan menambah padatan tersuspensi.

Tabel 4.5 Uji Statistik Parameter TSS Air Sampel

Dosis (gr/L)	TSS Awal (mg/L)	TSS Akhir (mg/L)	SD TSS	Kelompok Subset (Tukey HSD)	F-Hitung (Anova)	Sig. (Anova)
0	139	23	3	1,2	13,105	0,000
0,1		15	2	1		
0,2		25	5	1,2		
0,3		27	6	1,2		
0,4		31	6	2		
0,5		45	6	3		

Sumber: Hasil uji statistik, 2026

*Signifikan pada level 1%. Dosis dengan nomor subset yang sama (misalnya Dosis 0; 0,2 dan 0,3 pada subset 1,2) menandakan tidak terdapat perbedaan rerata kekeruhan yang signifikan secara statistik.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, batas maksimum kadar TSS yang diperbolehkan untuk baku mutu air sungai Kelas II adalah 50 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perlakuan, termasuk kelompok kontrol, telah memenuhi baku mutu tersebut karena nilai TSS akhir berada pada rentang 15–45 mg/L. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan biokoagulan serbuk biji trembesi dengan metode pengadukan manual menggunakan botol plastik efektif dalam menurunkan kadar padatan tersuspensi pada air sampel. Oleh karena itu, metode ini berpotensi diterapkan sebagai alternatif pengolahan sederhana pada kondisi darurat untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi dalam air sampel.

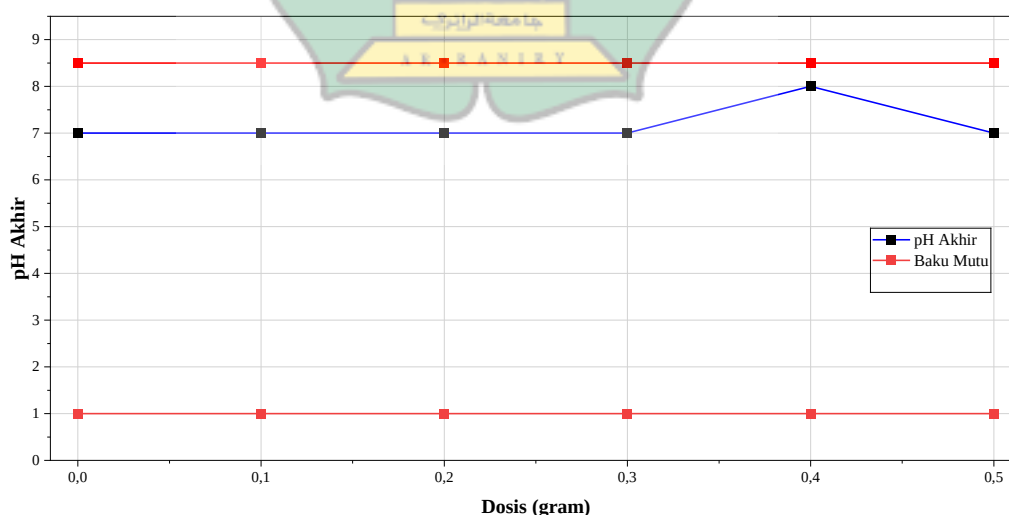
4.1.4 Pengaruh Serbuk Biji Trembesi Terhadap pH

Hasil pengukuran nilai pH air sampel setelah pemberian berbagai dosis serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) disajikan pada Tabel 4.6 sebagai dasar untuk pembahasan pengaruh biokoagulan terhadap perubahan pH.

Tabel 4.6 Pengujian pH Menggunakan Biokoagulan

Dosis (gr/L)	pH Awal	pH Akhir	Kadar Maksimum Permenkes No.2 Tahun 2023	Keterangan
0	7,5	7	6,5 - 8,5	memenuhi baku mutu
0,1		7		memenuhi baku mutu
0,2		7		memenuhi baku mutu
0,3		7		memenuhi baku mutu
0,4		8		memenuhi baku mutu
0,5		7		memenuhi baku mutu

Berdasarkan Tabel 4.6, nilai pH air banjir setelah proses koagulasi-flokulasi cenderung stabil pada seluruh variasi dosis serbuk biji trembesi (*Samanea saman*). Sampel kontrol (0 g/L) memiliki nilai pH sebesar 7,5. Setelah penambahan biokoagulan pada dosis 0,1–0,3 g/L, nilai pH sedikit menurun menjadi 7. Pada dosis 0,4 g/L, nilai pH meningkat menjadi 8, kemudian kembali menjadi 7 pada dosis 0,5 g/L. Meskipun terjadi sedikit perubahan pada beberapa dosis, fluktuasi tersebut masih berada dalam kisaran yang sempit. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk biji trembesi tidak memberikan perubahan yang berarti terhadap pH air, sehingga kondisi air tetap berada pada rentang yang netral. Grafik perubahan nilai pH pada setiap variasi dosis dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.6 Grafik Pengaruh Variasi Dosis Terhadap Nilai pH
 Sumber: Origin, 2026

Kestabilan nilai pH pada penelitian ini diduga dipengaruhi oleh mekanisme kerja senyawa aktif yang terkandung dalam biji trembesi, sebagaimana telah dijelaskan oleh Kristianto dkk. (2019), protein polielektrolit yang terdapat dalam biji trembesi bekerja melalui mekanisme netralisasi muatan (*charge neutralization*) dan *polymer bridging* untuk mengikat partikel koloid, tanpa menyebabkan perubahan pH yang signifikan. Hal ini berbeda dengan koagulan kimia, seperti tawas (aluminium sulfat), yang dapat mengalami reaksi hidrolisis sehingga menurunkan pH air. Adira dkk. (2020) menjelaskan bahwa pada penggunaan koagulan kimia seperti tawas dapat mengurangi alkalinitas air dan menyebabkan pH menjadi lebih asam. Oleh karena itu, pada pengolahan air menggunakan tawas umumnya diperlukan penambahan bahan kimia, seperti kapur atau soda abu, untuk mengembalikan pH ke kisaran netral (Kinanti dkk., 2023). Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan serbuk biji trembesi mampu mempertahankan pH air tetap berada pada kisaran netral, sehingga berpotensi menjadi alternatif biokoagulan yang lebih aman untuk pengolahan air sampel.

Validasi data penurunan kadar padatan tersuspensi ini dibuktikan secara ilmiah melalui uji statistik *One-Way ANOVA*. Hasil pengujian dipaparkan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Uji Statistik Parameter pH Air Sampel

Dosis (gr/L)	pH Awal	pH Akhir	SD pH	Kelompok Subset (Tukey HSD)	F-Hitung (Anova)	Sig. (Anova)
0	7,5	7,3	0	1,2	6,793	0,003
0,1		7,1	0,1	1		
0,2		7,4	0,2	1,2		
0,3		7,2	0,2	1		
0,4		7,6	0,1	2		
0,5		7,2	0,2	1		

Sumber: Hasil uji statistik, 2026

*Signifikan pada level 1%. Dosis dengan nomor subset yang sama (misalnya Dosis 0 dan 0,2 pada subset 1,2) menandakan tidak terdapat perbedaan rerata kekeruhan yang signifikan secara statistik.

Untuk mengetahui pengaruh variasi dosis serbuk biji trembesi terhadap nilai pH air sampel, dilakukan uji statistik *One-Way ANOVA*. Hasil analisis

menunjukkan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,01, maka hipotesis nol (H_0) ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis serbuk biji trembesi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai pH. Nilai standar deviasi (SD) pada setiap perlakuan berkisar antara 0 hingga 0,2, yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran antarulangan memiliki variasi yang sangat rendah. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran pH pada setiap perlakuan relatif seragam. Hasil uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai pH yang signifikan secara statistik ($\alpha < 0,05$) antar beberapa kelompok perlakuan, di mana nilai pH terendah dicapai pada dosis 0,1 g (7,1) dan tertinggi pada dosis 0,4 g (7,6). Meskipun demikian, rerata seluruh nilai pH air sampel setelah pengolahan tetap berada pada kisaran netral (7,1 – 7,6). Kemudian dilakukan lagi pengujian statistik *One-Way ANOVA* terhadap nilai pH air sampel setelah perlakuan. Pengujian ini menghasilkan nilai signifikansi $< 0,05$, artinya terdapat perbedaan nilai pH yang signifikan secara statistik di antara berbagai variasi dosis perlakuan yang diberikan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) No. 2 Tahun 2023, nilai pH yang memenuhi persyaratan untuk air keperluan higiene dan sanitasi berada pada kisaran 6,5–8,5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh variasi dosis serbuk biji trembesi menghasilkan nilai pH antara 7,1 hingga 7,6, sehingga seluruh perlakuan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan serbuk biji trembesi menyebabkan perubahan pH tetapi tetap mampu mempertahankan pH air pada rentang netral. Nilai pH yang berada dalam rentang tersebut juga menunjukkan bahwa air hasil pengolahan memiliki kualitas yang sesuai untuk keperluan higiene dan sanitasi dari aspek derajat keasaman.

4.2 Kelayakan Penerapan Metode Agitasi Manual dalam Pengolahan Air Banjir

Penerapan metode koagulasi-flokulasi dengan agitasi manual menggunakan botol plastik bekas berukuran 1,5 liter dan serbuk biokoagulan biji trembesi (*Samanea saman*) memiliki potensi yang baik untuk digunakan sebagai teknologi tepat guna dalam kondisi tanggap darurat banjir. Metode ini memiliki keunggulan karena dapat dilakukan tanpa menggunakan listrik, alat laboratorium, maupun bahan kimia sintetis. Penggunaan botol plastik bekas juga membuat metode ini

lebih mudah diterapkan karena botol dapat digunakan sebagai wadah pengolahan yang sederhana, mudah ditemukan, dan mudah dibawa. Proses pengadukan dilakukan menggunakan tenaga tangan dengan cara mengguncang botol sehingga partikel kotoran dapat bercampur dengan biokoagulan dan membentuk flok yang kemudian dapat mengendap.

Dari segi penggunaannya, metode ini relatif sederhana karena tidak membutuhkan keterampilan teknis yang tinggi. Namun, keberhasilan proses tetap dipengaruhi oleh cara pengguna melakukan pengocokan. Pada penelitian ini, proses agitasi dilakukan selama 6 menit, yang terdiri atas 1 menit pengocokan cepat dan 5 menit pengocokan lambat. Waktu tersebut membutuhkan tenaga dan konsistensi dari pengguna agar proses pencampuran berlangsung dengan baik. Jika pengocokan terlalu kuat, terlalu lemah, atau tidak dilakukan sesuai waktu yang ditentukan, proses pembentukan flok dapat menjadi kurang optimal.

Selain itu, apabila metode digunakan secara berulang untuk mengolah air dalam jumlah besar di lokasi pengungsian, kelelahan pengguna dapat menjadi salah satu kendala. Pengguna yang sudah lelah mungkin tidak mampu mempertahankan kekuatan dan ritme pengocokan secara konsisten. Kondisi tersebut dapat memengaruhi hasil pengolahan. Untuk mengurangi risiko tersebut, proses pengolahan sebaiknya dilakukan secara bergantian oleh beberapa orang sehingga beban kerja tidak hanya ditanggung oleh satu pengguna. Dengan demikian, pembagian tugas dalam kelompok masyarakat dapat membantu menjaga konsistensi proses sekaligus meningkatkan keberlanjutan penerapan metode di lapangan.

Meskipun memiliki beberapa keunggulan, metode ini tetap memiliki keterbatasan. Agitasi manual tidak dapat menghasilkan kondisi pengadukan yang sehomogen dan seterkontrol seperti penggunaan *jar test* atau alat pengaduk mekanis. Selain itu, hasil pengolahan pada penelitian ini menunjukkan bahwa metode koagulasi-flokulasi dengan serbuk biji trembesi belum mampu menurunkan kekeruhan hingga memenuhi baku mutu air untuk keperluan higiene dan sanitasi. Oleh karena itu, metode ini lebih tepat digunakan sebagai tahap awal pengolahan air banjir, terutama untuk membantu menurunkan partikel tersuspensi, bukan sebagai satu-satunya tahap pengolahan. Untuk memperoleh kualitas air yang lebih

baik, terutama dari segi kekeruhan, diperlukan pengolahan lanjutan seperti filtrasi sebelum air digunakan untuk kebutuhan masyarakat.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data eksperimen dan uji statistik mengenai efektivitas serbuk biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai biokoagulan dalam mengolah air banjir menggunakan metode agitasi manual, diperoleh kesimpulan bahwa:

- 1) Serbuk biji trembesi terbukti berpengaruh terhadap parameter kualitas air (H1 diterima), dengan dosis optimum diperoleh pada konsentrasi 0,1 g/L. Pada dosis tersebut, terjadi penurunan nilai kekeruhan dari 418 NTU menjadi 131 NTU (efisiensi 69%) dan penurunan *Total Suspended Solids* (TSS) dari 139 mg/L menjadi 15 mg/L (efisiensi 89%), serta mempertahankan stabilitas pH pada angka netral yaitu 7,1. Penambahan dosis di atas 0,1 g/L memicu penurunan efektivitas koagulasi akibat fenomena *overdosing* dan restabilisasi partikel koloid. Hasil uji One-Way ANOVA mengonfirmasi bahwa variasi dosis berpengaruh signifikan secara statistik terhadap seluruh parameter yang diuji ($p < 0,01$).
- 2) Metode agitasi manual menggunakan botol plastik bekas berukuran 1,5 L dinilai mudah dan praktis diterapkan oleh masyarakat dalam kondisi darurat banjir. Metode ini tidak memerlukan listrik, biaya besar, atau peralatan khusus karena menggunakan bahan yang mudah diperoleh. Namun, metode ini lebih tepat digunakan sebagai tahap awal pengolahan air. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa nilai TSS sebesar 15 mg/L dan pH sebesar 7,1 telah memenuhi standar yang ditetapkan, sedangkan kekeruhan sebesar 131 NTU masih belum memenuhi standar air untuk keperluan higiene dan sanitasi, yaitu <3 NTU. Oleh karena itu, air hasil pengolahan perlu melalui proses penyaringan sederhana, seperti menggunakan kain atau pasir, sebelum digunakan..

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi masukan bagi penerapan metode maupun pengembangan penelitian selanjutnya.

- 1) Disarankan untuk melakukan pengendapan dengan waktu yang lebih lama setelah proses koagulasi-flokulasi untuk mengetahui apakah penambahan waktu pengendapan dapat meningkatkan penurunan turbiditas dan TSS pada air banjir.
- 2) Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan metode pengolahan yang dapat diterapkan pada volume air yang lebih besar. Hal ini diperlukan agar metode agitasi manual berbasis serbuk biji trembesi dapat lebih mudah diterapkan dalam kondisi darurat banjir, terutama untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat dalam jumlah yang lebih banyak.
- 3) Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan variasi tanpa perlakuan sebagai kontrol alami, yaitu air banjir yang hanya didiamkan tanpa penambahan biokoagulan maupun proses pengadukan. Variasi ini dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar penurunan turbiditas dan TSS yang terjadi secara alami melalui proses pengendapan, sehingga dapat dibandingkan dengan penurunan yang dihasilkan oleh penggunaan biokoagulan biji trembesi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adira, R., Ashari, T. M., dan Rahmi, R. (2020). Pemanfaatan Biji Trembesi (Samanea Saman) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik. *Amina*, 2(3), 126–132.
- Adjovu, G. E., Stephen, H., James, D., dan Ahmad, S. (2023). Measurement of Total Dissolved Solids and Total Suspended Solids in Water Systems: A Review of the Issues, Conventional, and Remote Sensing Techniques. *Remote Sensing*, 15(14), 1–43.
- Ajeng, T. (2025). *Miris! Belum Dapat Bantuan, Warga Aceh Terpaksa Saring dan Minum Air Banjir*. Kompas TV.
- Anugrah, M. S. E., Wijayanti, A., dan Hadisoebroto, R. (2024). Pengaruh Variasi Dosis Dan Durasi Flokulasi Terhadap Penyisihan Parameter Organik Pada Air Limbah Tahu Menggunakan Biokoagulan Biji Trembesi (Samanea saman) Effect Of Dosage And Duration Of Flocculation Using Trembesi Seed (Samanea saman) Seed Biocoagulan. *Jurnal Bhuwana*, 4(2), 227–237.
- Ariebowo, S., Arifin, H. S., dan Riani, E. (2020). Analisis Kandungan Padatan Tersuspensi Total Berdasarkan Karakteristik Hujan Di Daerah Aliran Sungai Ciliwung Analysis Of Total Suspended Solid Content Based On Rain Characteristics In The Ciliwung River Basin. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 10(3), 352–363.
- Djundy, M. S., Jl, M., No, M., Kartasura, K., dan Sukoharjo, K. (2025). *Kajian Pengaruh Ukuran Bahan Biofil Trasi Terhadap Nilai Ph dan Kadar BOD Dalam Pengolahan Limbah Cair Domestik*. 6(2), 7–14.
- Ekoputri, S. F., Rahmatunnissa, A., Nulfaidah, F., Ratnasari, Y., Djaeni, M., dan Sari, D. A. (2023). Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), 7781–7787.
- Fakhrizal, A. B., Romdania, Y., Wahono, E. P., dan Herison, A. (2022). Kalibrasi Alat Ukur Sedimen Tersuspensi Berbasis Turbidity Sensor. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 10(4), 591–604.
- Falco, S., Brunetti, G., Grossi, G., Maiolo, M., Turco, M., dan Piro, P. (2020). Solids Removal Efficiency of a Sedimentation Tank in a Peri-Urban Catchment. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17), 1–14.
- Fitria, D., Fadila, M., Mustain, A., dan Dandel, B. F. (2024). Penyisihan Parameter Nilai TSS Dan Turbidity Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Krimer. *Jurnal Teknologi Separasi*, 10(9), 734–742.
- Frisilla, M. C., Pramadita, S., Nugraheni, P. W., Lingkungan, T., Teknik, F., dan Tanjungpura, U. (2026). *Pengolahan Air Sumur Menggunakan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Biokoagulan Dalam Penurunan Logam Besi (Fe) dan Kekeruhan*. 14(1), 302–322.

- Ismaini, Naomi Tosani, D. S. (2023). Jurnal Penelitian Sains. *Jurnal Penelitian Sains*, 27(1), 1–4.
- Kementerian Kesehatan. (2023). Permenkes No. 2 Tahun 2023. *Kemenkes Republik Indonesia*, 55, 1–175.
- Kinanti, U., Rahman, A., dan Harahap, J. (2023). Koagulan Alami Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Potong Hewan (Rph). *Jurnal AMINA*, 5(2), 63–71.
- Konkobo, F. A., Savadogo, P. W., Diao, M., Dakuyo, R., dan Dicko, M. H. (2023). Evaluation Of The Effectiveness Of Some Local Plant Extracts In Improving The Quality Of Unsafe Water Consumed In Developing Countries. *Frontiers in Environmental Science*, 11(February), 1–13.
- Kristianto, H., Prasetyo, S., Sugih, A. K., Kimia, J. T., Industri, F. T., Parahyangan, U. K., dan Ciumbuleuit, J. (2019). Pemanfaatan Ekstrak Protein dari Kacangkacangan sebagai Koagulan Alami : Review. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(2), 65–80.
- Lestari, E., Sumardi, S., dan Silviana, S. (2025). Pengaruh Teknologi Filtrasi Air terhadap Perbaikan Kualitas Air sesuai Parameter Permenkes No. 32/2017. *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 3(1), 50–60.
- Manyoundou, J. R. (2025). Global Assessment of Energy Consumption in Conventional Drinking Water Treatment Plants. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 3(3), 129–140.
- Maulana, I. (2025). Simple Peat Water Coagulation Innovation Using Reused Bottles : An Environmentally Friendly Solution for Clean Water Inovasi Sederhana Koagulasi Air Gambut Menggunakan Botol Bekas : Solusi Ramah Lingkungan untuk Air Bersih. *Jurnal Riset Multidisiplin (JRM)*, 1, 17–21.
- Mubarokah, A., Jayadi, H., Suyanto, B., dan Handoyo. (2022). Efektifitas Biji Trembesi (Samanea saman) Terhadap Penurunan Kadar COD dan TSS Air Limbah Laundry. *Journal of the Japan Welding Society*, 91(5), 328–341.
- Nugroho, D. A., dan Handayani, W. (2021). Kajian Faktor Penyebab Banjir dalam Perspektif Wilayah Sungai: Pembelajaran Dari Sub Sistem Drainase Sungai Beringin. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 17(2), 119–136.
- Nyabadza, A., McCarthy, É., Makhesana, M., Heidarinassab, S., Plouze, A., Vazquez, M., dan Brabazon, D. (2023). A review of physical, chemical and biological synthesis methods of bimetallic nanoparticles and applications in sensing, water treatment, biomedicine, catalysis and hydrogen storage. *Advances in Colloid and Interface Science*, 321.
- P.G. Kudryavtsev, N. P. K. (2016). New Composite Flocculants - Coagulants As An Alternative To The Known Water Treatment Agents. *Scientific Israel-Technological Advantages*, 18.
- Putri W, O., Rustanti, I., dan Marlik. (2020). Pemanfaatan Ekstrak Biji Trembesi (Samanea Saman) sebagai Koagulan dalam Menurunkan Kandungan Padatan Tersuspensi, dan Zat Organik Air Buangan Produksi Tahu. *Jurnal Envirotek*,

12(2), 38–43.

Ridwan, R., Afrianita, R., Anggika, R., dan Arya, F. D. (2024). Potensi Hilirisasi Instalasi Pengolahan Air dengan Unit Sedimentasi Metode Continuous Discharges Flow. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(6), 1537–1544.

Safa, E. M., dan Sulistyorini, L. (2024). Gambaran Proses Pengolahan dan Kualitas Air Minum pada Sumber Karangan Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang Description of the Treatment Process and Quality of Drinking Water at Sumber Karangan Perumda Air Minum Tugu Tirta Kota Malang. *Media Gizi Kesmas*, 13(2), 621–632.

Setiyano, A. (2024). Rancang Bangun Penambahan Agitasi Pada Alat. *Jurnal Ismetek*, 18(02), 204–211.

Sukirman, Atikah, W. S., Djamaludin, O., Oktariani, E., Wijaya, N. F., Anionik, F., dan Dosis, O. (2026). *Optimasi Dosis Pac Dan Flokulan Anionik Pada Proses Koagulasi-Flokulasi Limbah Tekstil Di Ipal Politeknik Sttt Bandung Optimization Of Pac And Anionic Flocculant Dosage In The Coagulation – Flocculation Process Of Textile Wastewater At The Sttt Bandung Po.* 24(01).

Syakilah, A. F., Simanjuntak, H. A. D., Maylani, R., Fadillah, T. dan, dan Wulandari, S. (2025). Kajian Faktor Penyebab Terjadinya Banjir di Kelurahan Aur Kecamatan Medan Maimun. *OPTIMAL Jurnal Ekonomi Dan Manajemen*, 5(3), 42–53.

Syerin, L. A., Aphirta, S., dan Astono, W. (2023). Performance of trembesi seed (*Samanea saman*) on tempeh wastewater treatment (a case study in Semanan Tempeh Industry), West Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1263(1).

Syifa, A. D. M., Susilawati, S., Nadia, N. A. A., Tria, T. S. M., Dinda, D. A. T., Hairum, H. N. P., dan Boangmanalu, L. K. (2025). Hygiene and Clean Water Sanitation Problems Post Flood Disaster in Medan Selayang District. *Promotor*, 8(3), 402–407.

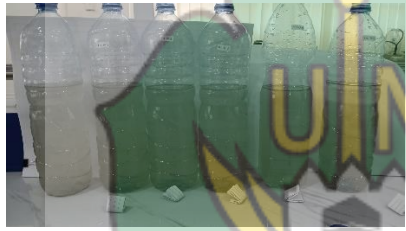
Triwanto, J., Arisandi, D., dan Syarifuddin, A. (2021). Pengaruh Komposisi Media Tanam dan Dosis Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Semai Trembesi (*Samanea saman*. Jacq). *Journal of Forest Science Avicennia*, 4 (1)(1), 34–41.

Xu, B., Chi, Y., Chi, Y., Zhao, J., Fu, C., Wang, X., Tian, S., dan Ding, Y. (2023). Response Surface Optimization and Floc Structure Analysis of Magnetic Flocculation Technology for Anaerobic Digestion Reject Water. *Water (Switzerland)*, 15(4).

LAMPIRAN GAMBAR

No.	Gambar	Keterangan
1.		Pengambilan sampel air sungai yang berlokasi di sungai Krueng Daroy, Kecamatan Baiturrahman, Kota Banda Aceh
2.		Pengeringan biji trembesi menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 1 jam.
3.		Dipisahkan kulit dari biji trembesi menggunakan alu.
4.		Dihaluskan biji trembesi menggunakan <i>blender</i> .

5.		Dilakukan pengayakan menggunakan ayak dengan ukuran <i>mesh</i> 80.
6.		Penimbangan serbuk biji trembesi sesuai dosis yang digunakan.
7.		Dosis koagulan serbuk biji trembesi yang digunakan.
8.		Pembersihan botol 46lastic bekas yang akan digunakan.
9.		Melakukan pembasahan kertas saring dengan aquades 20 ml.

10.		Setelah dibasahi dengan aquades dan di oven, ditimbang massa kertas saring sebagai nilai massa awal kertas saring.
11.		Dilakukan pencatatan hasil pengukuan massa kertas saring.
12.		Sampel air awal sebelum perlakuan.
13.		Nilai kekeruhan awal sampel
14.		Pembubuhan koagulan serbuk biji trembesi.

15.		Dilakukan pengadukan manual.
16.		Sampel setelah dilakukan proses sedimentasi selama 1 jam.
17.		Hasil penyaringan sampel setelah ditambahkan biokoagulan.



LAMPIRAN PERHITUNGAN

Berikut adalah data mentah penelitian:

Kode Sampel	Dosis (gram)	Ulangan	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	TSS Awal mg/L	TSS Akhir mg/L	pH Awal	pH Akhir
K(0)-1	0	1	418	151	139	22	7,5	7,3
K(0)-2	0	2		142		20		7,3
K(0)-3	0	3		156		26		7,3
K(0,1)-1	0,1	1		133		17		7,2
K(0,1)-2	0,1	2		129		13		7
K(0,1)-3	0,1	3		131		15		7,1
K(0,2)-1	0,2	1		157		21		7,6
K(0,2)-2	0,2	2		155		30		7,4
K(0,2)-3	0,2	3		153		24		7,3
K(0,3)-1	0,3	1		192		28		7,2
K(0,3)-2	0,3	2		178		21		7,3
K(0,3)-3	0,3	3		177		33		7
K(0,4)-1	0,4	1		207		31		7,7
K(0,4)-2	0,4	2		194		26		7,6
K(0,4)-3	0,4	3		198		37		7,5
K(0,5)-1	0,5	1		219		38		7,4
K(0,5)-2	0,5	2		214		48		7,2
K(0,5)-3	0,5	3		210		50		7,1

Berikut adalah persentase penurunan setiap sampel:

Kode Sampel	Dosis (gr/L)	Ulangan	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	Penurunan Kekeruhan (%)	TSS Awal (mg/L)	TSS Akhir (mg/L)	Penurunan TSS (%)
K(0)-1	0	1	418	151	54,65	139	22	84,17
K(0)-2	0	2		142	57,36		20	88,64
K(0)-3	0	3		156	53,15		26	85,23
K(0,1)-1	0,1	1		133	60,06		17	90,34
K(0,1)-2	0,1	2		129	61,26		13	92,61
K(0,1)-3	0,1	3		131	60,66		15	91,48
K(0,2)-1	0,2	1		157	52,85		21	88,07
K(0,2)-2	0,2	2		157	52,85		30	82,95
K(0,2)-3	0,2	3		153	54,05		24	86,36
K(0,3)-1	0,3	1		192	42,34		28	84,09
K(0,3)-2	0,3	2		178	46,55		21	88,07
K(0,3)-3	0,3	3		177	46,85		33	81,25
K(0,4)-1	0,4	1		207	37,84		31	82,39
K(0,4)-2	0,4	2		194	41,74		26	85,23
K(0,4)-3	0,4	3		198	40,54		37	78,98
K(0,5)-1	0,5	1		219	34,23		38	78,41
K(0,5)-2	0,5	2		214	35,74		48	72,73
K(0,5)-3	0,5	3		210	36,94		50	71,59

A. Kadar TSS (*Total Suspended Solid*) Awal

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(268,4 \text{ mg} - 254,5 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\ &= 139 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

B. Kadar TSS (*Total Suspended Solid*) Setelah Perlakuan

- Dosis 0 gram (pengulangan 1)

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(257,1 \text{ mg} - 254,9 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\ &= \frac{2.200}{100 \text{ ml}} \\ &= 22 \text{ mg/Liter}\end{aligned}$$

- Dosis 0 gram (pengulangan 2)

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(259,9 \text{ mg} - 257,9 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\ &= \frac{2.000}{100 \text{ ml}} \\ &= 20 \text{ mg/Liter}\end{aligned}$$

- Dosis 0 gram (pengulangan 3)

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(256,9 \text{ mg} - 254,3 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\ &= \frac{2.600}{100 \text{ ml}} \\ &= 26 \text{ mg/Liter}\end{aligned}$$

- Dosis 0,1 gram (pengulangan 1)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(261,8 \text{ mg} - 260,1 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{1.700}{100 \text{ ml}} \\
 &= 17 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,1 gram (pengulangan 2)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(263,1 \text{ mg} - 261,8 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{1.300}{100 \text{ ml}} \\
 &= 13 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,1 gram (pengulangan 3)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(257,8 \text{ mg} - 256,3 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{1.500}{100 \text{ ml}} \\
 &= 15 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,2 gram (pengulangan 1)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(262,3 \text{ mg} - 260,2 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{2.100}{100 \text{ ml}} \\
 &= 21 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,2 gram (pengulangan 2)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(273 \text{ mg} - 270 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{3.000}{100 \text{ ml}} \\
 &= 30 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,2 gram (pengulangan 3)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(268 \text{ mg} - 265,6 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{2.400}{100 \text{ ml}} \\
 &= 24 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,3 gram (pengulangan 1)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(275,3 \text{ mg} - 272,5 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{2.800}{100 \text{ mg}} \\
 &= 28 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,3 gram (pengulangan 2)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(265,8 \text{ mg} - 263,7 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{2.100}{100 \text{ mg}} \\
 &= 21 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,3 gram (pengulangan 3)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(268,1 \text{ mg} - 264,8 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{3.300}{100 \text{ ml}} \\
 &= 33 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,4 gram (pengulangan 1)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(269,9 \text{ mg} - 266,8 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{3.100}{100 \text{ ml}} \\
 &= 31 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,4 gram (pengulangan 2)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(298,8 \text{ mg} - 296,2 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{2.600}{100 \text{ ml}} \\
 &= 26 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,4 gram (pengulangan 3)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(268,9 \text{ mg} - 265,2 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{3.700}{100 \text{ ml}} \\
 &= 37 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,5 gram (pengulangan 1)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(273,9 \text{ mg} - 270,1 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{3.800}{100 \text{ ml}} \\
 &= 38 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,5 gram (pengulangan 2)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(259,1 \text{ mg} - 254,3 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{4.800}{100 \text{ ml}} \\
 &= 48 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

- Dosis 0,5 gram (pengulangan 3)

$$\begin{aligned}
 \text{Mg TSS/Liter} &= \frac{(W_2 - W_1) \times 1000}{V} \\
 &= \frac{(267,8 \text{ mg} - 262,8 \text{ mg}) \times 1000}{100 \text{ ml}} \\
 &= \frac{5.000}{100 \text{ ml}} \\
 &= 50 \text{ mg/Liter}
 \end{aligned}$$

Nilai TSS Akhir Rata-Rata:

- Dosis 0 gram = $\frac{22 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 20 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 26 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{3} = 23 \text{ mg/Liter}$
- Dosis 0,1 gram = $\frac{17 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 13 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 15 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{3} = 15 \text{ mg/Liter}$
- Dosis 0,2 gram = $\frac{21 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 30 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 24 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{3} = 25 \text{ mg/Liter}$
- Dosis 0,3 gram = $\frac{28 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 21 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 33 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{3} = 27 \text{ mg/Liter}$
- Dosis 0,4 gram = $\frac{31 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 26 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 37 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{3} = 31 \text{ mg/Liter}$

- Dosis 0,5 gram = $\frac{38 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 48 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} + 50 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{3} = 45 \text{ mg/Liter}$

Efisiensi Penurunan TSS:

- Dosis 0 gram = $\frac{(\text{nilai TSS awal} - \text{nilai TSS akhir rata}^2)}{\text{nilai TSS awal}} \times 100\%$
 $= \frac{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} - 23 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}} \times 100\%$
 $= 84 \%$

- Dosis 0,1 gram = $\frac{(\text{nilai TSS awal} - \text{nilai TSS akhir rata}^2)}{\text{nilai TSS awal}} \times 100\%$
 $= \frac{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} - 15 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}} \times 100\%$
 $= 89 \%$

- Dosis 0,2 gram = $\frac{(\text{nilai TSS awal} - \text{nilai TSS akhir rata}^2)}{\text{nilai TSS awal}} \times 100\%$
 $= \frac{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} - 25 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}} \times 100\%$
 $= 82 \%$

- Dosis 0,3 gram = $\frac{(\text{nilai TSS awal} - \text{nilai TSS akhir rata}^2)}{\text{nilai TSS awal}} \times 100\%$
 $= \frac{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} - 27 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}} \times 100\%$
 $= 80 \%$

- Dosis 0,4 gram = $\frac{(\text{nilai TSS awal} - \text{nilai TSS akhir rata}^2)}{\text{nilai TSS awal}} \times 100\%$
 $= \frac{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} - 31 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}} \times 100\%$
 $= 77 \%$

- Dosis 0,5 gram = $\frac{(\text{nilai TSS awal} - \text{nilai TSS akhir rata}^2)}{\text{nilai TSS awal}} \times 100\%$
 $= \frac{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}} - 45 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}}{139 \frac{\text{mg}}{\text{liter}}} \times 100\%$
 $= 67 \%$

C. Efisiensi Penurunan Kekeruhan

- Dosis 0 gram = $\frac{(\text{nilai kekeruhan awal} - \text{nilai kekeruhan akhir rata}^2)}{\text{nilai kekeruhan awal}} \times 100\%$
 $= \frac{418 \text{ NTU} - 150 \text{ NTU}}{418 \text{ NTU}} \times 100\%$

$$= 64 \%$$

- Dosis 0,1 gram $= \frac{(\text{nilai kekeruhan awal} - \text{nilai kekeruhan akhir rata}^2)}{\text{nilai kekeruhan awal}} \times 100\%$

$$= \frac{418 \text{ NTU} - 131 \text{ NTU}}{418 \text{ NTU}} \times 100\%$$

$$= 69 \%$$

- Dosis 0,2 gram $= \frac{(\text{nilai kekeruhan awal} - \text{nilai kekeruhan akhir rata}^2)}{\text{nilai kekeruhan awal}} \times 100\%$

$$= \frac{418 \text{ NTU} - 156 \text{ NTU}}{418 \text{ NTU}} \times 100\%$$

$$= 63 \%$$

- Dosis 0,3 gram $= \frac{(\text{nilai kekeruhan awal} - \text{nilai kekeruhan akhir rata}^2)}{\text{nilai kekeruhan awal}} \times 100\%$

$$= \frac{418 \text{ NTU} - 182 \text{ NTU}}{418 \text{ NTU}} \times 100\%$$

$$= 56 \%$$

- Dosis 0,4 gram $= \frac{(\text{nilai kekeruhan awal} - \text{nilai kekeruhan akhir rata}^2)}{\text{nilai kekeruhan awal}} \times 100\%$

$$= \frac{418 \text{ NTU} - 200 \text{ NTU}}{418 \text{ NTU}} \times 100\%$$

$$= 52 \%$$

- Dosis 0,5 gram $= \frac{(\text{nilai kekeruhan awal} - \text{nilai kekeruhan akhir rata}^2)}{\text{nilai kekeruhan awal}} \times 100\%$

$$= \frac{418 \text{ NTU} - 214 \text{ NTU}}{418 \text{ NTU}} \times 100\%$$

$$= 49 \%$$

LAMPIRAN PENGUJIAN STATISTIK

A. Parameter Kekeruhan

- Uji Normalitas

Tests of Normality							
	dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Kekeruhan	.0	.241	3	.	.974	3	.688
	.1	.175	3	.	1.000	3	1.000
	.2	.175	3	.	1.000	3	1.000
	.3	.364	3	.	.800	3	.114
	.4	.265	3	.	.953	3	.583
	.5	.196	3	.	.996	3	.878

a. Lilliefors Significance Correction

- Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances						
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
Kekeruhan	Based on Mean	2.239	5	12	.117	
	Based on Median	.441	5	12	.812	
	Based on Median and with adjusted df	.441	5	5.389	.805	
	Based on trimmed mean	2.039	5	12	.145	

- Uji *One-Way* ANOVA

ANOVA					
Kekeruhan					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15399.333	5	3079.867	95.582	.000
Within Groups	386.667	12	32.222		
Total	15786.000	17			

- Uji *One-Way* ANOVA (antar hasil pengujian keekruhan)

ANOVA

kekeruhan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15332.444	5	3066.489	94.515	.000
Within Groups	389.333	12	32.444		
Total	15721.778	17			

- Uji Tukey HSD

Kekeruhan

Tukey HSD^a

		Subset for alpha = 0.05			
dosis	N	1	2	3	4
.1	3	131.00			
.0	3		149.67		
.2	3		155.00		
.3	3			182.33	
.4	3				199.67
.5	3				214.33
Sig.		1.000	.851	1.000	.069

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

B. Parameteter Total Suspended Solid (TSS)

- Uji Normalitas

Tests of Normality

		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	dosis	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TSS	.0	.253	3	.	.964	3	.637
	.1	.175	3	.	1.000	3	1.000
	.2	.253	3	.	.964	3	.637
	.3	.211	3	.	.991	3	.817
	.4	.191	3	.	.997	3	.900
	.5	.328	3	.	.871	3	.298

a. Lilliefors Significance Correction

- Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
TSS	Based on Mean	.984	5	12	.467
	Based on Median	.341	5	12	.878
	Based on Median and with adjusted df	.341	5	7.444	.874
	Based on trimmed mean	.929	5	12	.496

- Uji One-Way ANOVA

ANOVA

TSS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1554.444	5	310.889	13.105	.000
Within Groups	284.667	12	23.722		
Total	1839.111	17			

- Uji One-Way ANOVA (antar hasil pengujian TSS)

ANOVA

TSS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1554.444	5	310.889	13.105	.000
Within Groups	284.667	12	23.722		
Total	1839.111	17			

- Uji Tukey HSD

TSS

Tukey HSD^a

dosis	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
.1	3	15.00		
.0	3	22.67	22.67	
.2	3	25.00	25.00	
.3	3	27.33	27.33	
.4	3		31.33	
.5	3			45.33
Sig.		.077	.313	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

C. Parameter pH

- Uji Normalitas

Tests of Normality						
pH	dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk	
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df
pH	.0		3			3
	.1	.175	3	1.000		3
	.2	.253	3	.964		3
	.3	.253	3	.964		3
	.4	.175	3	1.000		3
	.5	.253	3	.964		3

a. Lilliefors Significance Correction

- Uji Homogenitas

Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
pH	Based on Mean	1.642	5	12	.223
	Based on Median	.745	5	12	.605
	Based on Median and with adjusted df	.745	5	8.345	.611
	Based on trimmed mean	1.574	5	12	.240

- Uji *One-Way* ANOVA

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.509	5	.102	6.793	.003
Within Groups	.180	12	.015		
Total	.689	17			

- Uji *One-Way* ANOVA (antar hasil pengujian pH)

ANOVA

pH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.509	5	.102	6.793	.003
Within Groups	.180	12	.015		
Total	.689	17			

- Uji Tukey HSD

Tukey HSD^a

Subset for alpha = 0.05

dosis	N	1	2
.1	3	7.100	
.3	3	7.167	
.5	3	7.233	
.0	3	7.300	7.300
.2	3	7.433	7.433
.4	3		7.600
Sig.		.052	.091

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.