

**EFEKTIVITAS SERBUK BIJI ALPUKAT (*Persea americana Mill.*)
SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN
KEKERUHAN DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA AIR
SUNGAI KRUENG DAROY**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

RENI HAFANI PUTRI

220702067

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi Teknik Lingkungan



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

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS SERBUK BIJI ALPUKAT (*Persea americana Mill.*) SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN KEKERUHAN DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA AIR SUNGAI KRUENG DAROY

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:

RENI HAFANI PUTRI

NIM. 220702067

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 18 Agustus 2026

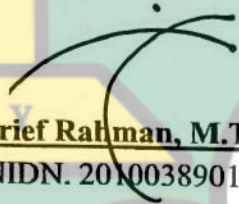
Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II


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

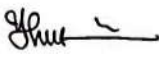
NIDN. 2010048202


Arief Rahman, M.T

NIDN. 2010038901

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 ALPUKAT (*Persea americana* Mill.)
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,

Sekretaris,

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

Arief Rahman, M.T
NIP. 198903102019031012

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Ir. Juliansyah Harahap S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng
NIP. 198207312014031001

Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T.

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 : Reni Hafani Putri
Nim : 220702067
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Efektivitas Serbuk Biji Alpukat (*Persea Americana Mill.*)
Sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Kekeruhan dan
Total Suspended Solid (TSS) Pada Air Sungai Krueng
Daroy

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



Reni Hafani Putri

ABSTRAK

Nama : Reni Hafani Putri
Nim : 220702067
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Serbuk Biji Alpukat (*Persea Americana Mill.*)
Sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Kekeruhan dan *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Air Sungai Krueng Daroy
Tanggal Sidang : 18 Agustus 2026
Tebal Skripsi : 78 Halaman
Pembimbing I : Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.
Kata Kunci : Biokoagulan Biji Alpukat, Air Sungai, Metode Koagulasi Flokulasi, Kekeruhan, TSS.

Pencemaran air sungai akibat tingginya padatan tersuspensi dan kekeruhan memerlukan alternatif koagulan alami yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas serbuk biji alpukat (*Persea americana Mill.*) sebagai biokoagulan alami serta menentukan kondisi optimum dosis dan kecepatan pengadukan cepat dalam menyisihkan kekeruhan, *Total Suspended Solids* (TSS), serta menjaga stabilitas pH air Sungai Krueng Daroy. Pengolahan air menerapkan metode koagulasi-flokulasi (*jar test*) dengan variasi dosis (0–0,8 g/L) dan kecepatan pengadukan (120 dan 150 rpm), dianalisis menggunakan *Two-Way* ANOVA. Kondisi optimum tercapai pada dosis 0,2 g/L dan pengadukan cepat 120 rpm. Perlakuan ini mereduksi TSS sebesar 55% (108 menjadi 49 mg/L) sehingga memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021, menyisihkan kekeruhan 46% (373 menjadi 203 NTU), serta mempertahankan pH netral (7,1–7,7). Uji statistik mengonfirmasi bahwa dosis berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter ($p < 0,05$), sedangkan kecepatan pengadukan signifikan terhadap penyisihan TSS ($p = 0,014$). Serbuk biji alpukat terbukti efektif menyisihkan TSS dan menstabilkan pH, namun memerlukan ekstrak murni.

ABSTRACT

Name : Reni Hafani Putri
Number ID Student : 220702067
Dapertemen : Environmental Engineering
Title : Effectiveness of Avocado Seed Powder (Persea Americana Mill.) as a Biocoagulant in Reducing Turbidity and Total Suspended Solids (TSS) in Krueng Daroy River Water
Date of Session : 18 August 2026
Number of Page : 78 Pages
Advisor I : Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.
Advisor II : Arief Rahman, M.T.
Keyboards : Avocado Seed Biocoagulant, river water, Coagulation-Flocculation Method, turbidity, TSS.

River water pollution resulting from elevated suspended solids and turbidity requires eco-friendly natural coagulant alternatives. This study aims to evaluate the effectiveness of avocado seed powder (Persea americana Mill.) as a natural biocoagulant and determine optimum dosage and rapid mixing speed in removing turbidity, Total Suspended Solids (TSS), and maintaining pH stability of Krueng Daroy River water. Water treatment applied the coagulation-flocculation method (jar test) with dosage variations (0–0.8 g/L) and rapid mixing speeds (120 and 150 rpm), analyzed using Two-Way ANOVA. Optimum conditions were achieved at 0.2 g/L dosage and 120 rpm rapid mixing. This condition reduced TSS by 54.63% (108 to 49 mg/L), meeting PP No. 22 of 2021 standards, decreased turbidity by 45.25% (373 to 203 NTU), and maintained a neutral pH (7.1–7.7). Statistical tests confirmed dosage significantly influenced all parameters ($p < 0.05$), while mixing speed significantly affected TSS ($p = 0.014$). Avocado seed powder effectively removes TSS, though turbidity requires extracts.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat disusun dan diselesaikan. *Shalawat* serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad Saw. beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman. Tugas Akhir ini berjudul “Efektivitas Serbuk Biji Alpukat (*Persea Americana Mill.*) Sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Kekeruhan dan *Total Suspended Solid* (TSS) Pada Air Sungai Krueng Daroy”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral maupun material, yang telah memberikan motivasi sehingga Tugas Akhir ini dapat disusun dan diselesaikan tepat waktu. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ayahanda Masjon Lumban Gaol dan Ibunda Masriani Br Berutu selaku orang tua penulis, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
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 1 Tugas Akhir yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.

5. Bapak Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., IPM., APEC Eng. Selaku Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan dan Dosen Penguji I pada pelaksanaan sidang Tugas Akhir penulis.
6. Ibu Ir. Lisa Ginayatri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II pada pelaksanaan sidang Tugas Akhir penulis.
7. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh atas segala arahan dan bimbingannya.
8. Ibu Firda Elvisa, S.E., selaku Staf Administrasi Program Studi Teknik Lingkungan, yang telah membantu dalam hal administrasi.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku Laboran di Laboratorium Teknik Lingkungan.
10. Sahabat penulis (Anggi Aprianis dan Nanda Astridya) yang selalu memberi dukungan serta membantu dalam penulisan Tugas Akhir penulis.
11. Seluruh rekan seangkatan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang senantiasa memberikan semangat.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini memberikan kontribusi nyata bagi pembaca dan memperdalam pemahaman ilmiah penulis. Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam penyusunan ini, sehingga masukan serta kritik yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan kualitas penelitian ini lebih lanjut.
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Banda Aceh, 18 Agustus 2026

Reni Hafani Putri

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
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 dan Kegunaan	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Air Sungai Sebagai Air Baku	5
2.2 Pengolahan Air	7
2.2.1 Koagulasi dan flokulasi	8
2.2.2 Sedimentasi.....	10
2.3 Parameter kualitas air	10
2.3.1 Kekeruhan (<i>Turbidity</i>).....	11
2.3.2 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	11
2.3.3 <i>Power of Hydrogen</i> (pH)	12
2.4 Standar Baku Mutu Air Bersih.....	12
2.5 Biokoagulan	12
2.6 Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.)	13
2.7 Penelitian Terdahulu.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20

3.1	Metode Penelitian.....	20
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.3	Pengambilan Sampel.....	22
3.3.1	Lokasi pengambilan sampel.....	22
3.3.2	Cara pengambilan sampel.....	23
3.4	Variabel Penelitian.....	23
3.5	Kondisi Pengadukan dan Pengendapan.....	23
3.6	Instrumen dan Alat Penelitian	23
3.7	Prosedur dan Tahap Penelitian	24
3.7.1	Persiapan Koagulan	27
3.7.2	Pengujian Biokoagulan	27
3.8	Penggunaan Alat pH.....	28
3.9	Penggunaan Alat <i>Turbidity Meter</i>	28
3.10	Penggunaan Alat <i>Vacum</i> filtrasi.....	28
3.11	Penggunaan Alat <i>Jar test</i>	30
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1	Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Alpukat terhadap Penurunan Parameter Kualitas Air Sungai	32
4.1.1	Penurunan parameter kekeruhan (<i>turbidity</i>)	32
4.1.2	Penurunan parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	36
4.1.3	Parameter pH	39
4.2	Penentuan Kondisi Optimum Dosis Biokoagulan dan Kecepatan Pengadukan Cepat	42
4.2.1	Penurunan parameter kekeruhan.....	42
4.2.2	Penurunan parameter <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	43
4.2.3	Parameter pH	45
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran.....	47
	DAFTAR PUSTAKA.....	49



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Wajib pada Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	12
Tabel 2.2 Peraturan Air Bersih Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021	12
Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian	21
Tabel 3.2 Variabel Penelitian	23
Tabel 3.3 Hasil pengujian parameter air sungai sebelum dilakukan perlakuan.....	31
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Parameter Air Sungai Sebelum Dilakukan Perlakuan....	32
Tabel 4.2 Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Alpukat terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan.....	33
Tabel 4.3 Uji Statistik Parameter kekeruhan pada pengadukan 120 dan 150 rpm ...	34
Tabel 4.4 Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Alpukat terhadap Penurunan Nilai TSS	36
Tabel 4.5 Uji Statistik Parameter TSS pada pengadukan 120 dan 150 rpm	37
Tabel 4.6 Efektivitas Biokoagulan dan Variasi Kecepatan Terhadap penstabilan konsentrasi pH	40
Tabel 4.7 Uji Statistik pada kestabilan pH pada pengadukan 120 dan 150 rpm ..	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Biji buah alpukat.....	14
Gambar 2.1 Pohon Buah Alpukat	14
Gambar 2.2 Biji Alpukat.....	15
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	22
Gambar 3.2 Diagram Alir	26
Gambar 3.3 Kurva koagulasi	30
Gambar 4.1 Kondisi air sungai Krueng Daroy sebelum perlakuan	32
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan Terhadap penurunan kekeruhan	43
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan Terhadap Penurunan Konsentrasi TSS.....	45
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Variasi Pengadukan Kecepatan Cepat Pada Penstabilan pH	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran air sungai merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin meningkat akibat aktivitas manusia yang tidak terkendali, seperti pembuangan limbah domestik, industri, maupun pertanian. Sungai memiliki peran penting sebagai sumber air baku dan penopang ekosistem, namun kualitasnya terus menurun sehingga menimbulkan ancaman bagi kesehatan masyarakat dan keseimbangan lingkungan (Anwar, 2025). Tingginya kekeruhan dan *Total Suspended Solid* (TSS) menjadi indikator utama pencemaran fisik yang dapat mengganggu ekosistem perairan serta membawa risiko penyakit. Kondisi ini menunjukkan bahwa kualitas air sungai memerlukan perhatian serius agar tetap layak digunakan. Maka dari itu, penelitian mengenai pemanfaatan bahan alami sebagai alternatif solusi menjadi relevan untuk mendukung upaya menjaga keberlanjutan sumber daya air.

Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menilai beban pencemaran organik pada suatu perairan adalah *Total Suspended Solid* (TSS), yaitu partikel padat yang tersuspensi dalam air sungai dan umumnya berasal dari erosi tanah, limbah industri, maupun aktivitas pertanian. Tingginya kadar TSS pada air sungai sering berhubungan dengan meningkatnya kekeruhan, karena partikel tersuspensi membuat air tampak keruh dan mengurangi kualitas visual perairan (Rizal dkk., 2025). Keberadaan TSS juga dapat memengaruhi kestabilan pH air sungai, sebab partikel padat dapat membawa senyawa organik maupun anorganik yang berpotensi mengubah derajat keasaman. Kombinasi tingginya TSS, kekeruhan dan fluktuasi pH menjadi indikator penting penurunan kualitas air sungai yang berdampak pada ekosistem maupun kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, pemantauan ketiga parameter tersebut sangat diperlukan untuk menjaga keberlanjutan fungsi sungai sebagai sumber daya air.

Koagulasi merupakan tahapan penting dalam proses pengolahan air yang mengandung berbagai kontaminan. Proses ini dapat dilakukan dengan penambahan koagulan, baik yang bersifat kimia maupun alami, untuk membantu mengikat dan mengendapkan partikel pencemar sehingga kualitas air meningkat. Saat ini, air diolah oleh instalasi pengolahan air yang menggunakan koagulan kimia, seperti Aluminium Sulfat (Tawas) atau Poli Aluminium Klorida (PAC) dan polimer sintetis untuk koagulasi. Namun, koagulan sintetis ini memiliki kekurangan, termasuk menghasilkan lumpur kimia dalam jumlah besar, efek yang signifikan terhadap pH air murni, relatif mahal untuk digunakan, dan berpotensi menimbulkan efek toksik terhadap lingkungan. Hal ini mendorong pencarian alternatif koagulan yang lebih ramah lingkungan, aman dan berkelanjutan (Diver dkk., 2023).

Alpukat (*Persea americana* Mill.) merupakan salah satu buah yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia, dengan produksi meningkat hingga 865.780 ton pada tahun 2022 atau naik 184% dibandingkan tahun 2016. Dari total bobot buah segar, biji alpukat menyumbang sekitar 18% dan umumnya tidak dimanfaatkan sehingga berakhir sebagai limbah Ayuningdya dkk., (2023). Biji alpukat hingga kini belum dimanfaatkan secara optimal, bahkan lebih sering hanya dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut. Berbagai produk olahan dari daging buah alpukat telah banyak berkembang di pasaran, namun pemanfaatan biji alpukat masih sangat terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan inovasi, di mana biji alpukat yang menyumbang bagian cukup besar dari bobot buah segar justru dianggap tidak bernilai. Padahal, biji alpukat mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Kurangnya pengetahuan dan inovasi membuat masyarakat masih menganggap biji alpukat sebagai limbah, sehingga membuka peluang penelitian untuk mengeksplorasi potensi pemanfaatannya (Lidi dkk., 2020). Biji buah alpukat diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, tanin, dan proantosianidin. Kandungan tersebut menunjukkan bahwa biji alpukat memiliki potensi fungsional yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut, sehingga tidak hanya dianggap sebagai limbah (Safitri dkk., 2024).

Meskipun potensi biji alpukat sebagai biokoagulan telah banyak diteliti pada berbagai jenis air limbah, kajian mengenai aplikasinya pada matriks air permukaan

alami khususnya air sungai dengan beban kekeruhan dan padatan tersuspensi tinggi seperti Sungai Krueng Daroy masih memerlukan evaluasi lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas serbuk biji alpukat (*Persea americana* Mill.) dalam menyisihkan kekeruhan dan Total Suspended Solids (TSS), serta menganalisis pengaruhnya terhadap kestabilan pH air sungai tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan latar belakang mengenai biokoagulan biji alpukat yang sudah dijelaskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas serbuk biji alpukat sebagai biokoagulan dalam menurunkan kekeruhan (*turbidity*), *Total Suspended Solid* (TSS), serta menjaga kestabilan pH pada pengolahan air sungai?
2. Berapakah dosis serbuk biji alpukat dan kecepatan pengadukan cepat optimum yang menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan dan TSS tertinggi serta kestabilan pH pada pengolahan air Sungai Krueng Daroy?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan efektivitas serbuk biji alpukat sebagai biokoagulan dalam menurunkan kekeruhan (*turbidity*), *Total Suspended Solid* (TSS), serta menjaga kestabilan pH pada pengolahan air sungai.
2. Untuk menentukan dosis serbuk biji alpukat dan kecepatan pengadukan cepat optimum yang menghasilkan efisiensi penyisihan kekeruhan dan TSS tertinggi serta kestabilan pH pada pengolahan air Sungai Krueng Daroy.

1.4 Manfaat dan Kegunaan

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Teoritis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan referensi, informasi, serta rekomendasi mengenai penggunaan biokoagulan serbuk biji alpukat (*Persea americana* Mill.) sebagai metode alami dalam proses koagulasi untuk meningkatkan kualitas air sungai.

2. Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pemanfaatan serbuk biji alpukat sebagai koagulan alami untuk meningkatkan kualitas air sungai.

1.5 Batasan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini dibatasi melalui uraian yang disusun secara runtut dan terstruktur.

1. Sampel air yang digunakan berasal dari sungai Krueng Daroy, Desa Lamlagang, Kecamatan Baiturrahman, Kota Banda Aceh.
2. Biokoagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk biji alpukat.
3. Standar kualitas air yang dijadikan acuan merujuk pada dua regulasi, di mana Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi status mutu dan beban pencemar air baku pada badan air alami (*influent*), sedangkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 diterapkan sebagai acuan kelayakan kualitas air hasil olahan (*effluent*) untuk pemenuhan standar kebutuhan *higiene* sanitasi. Penelitian ini dibatasi pada pengujian tiga parameter fisik-kimia utama, yaitu kekeruhan (*turbidity*), *Total Suspended Solids* (TSS) dan pH.
4. Pengolahan air dilakukan dengan metode koagulasi-flokulasi untuk menentukan dosis optimum biokoagulan dan seluruh rangkaian penelitian dilaksanakan dalam skala laboratorium menggunakan *Jar Test*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Sungai Sebagai Air Baku

Sungai merupakan salah satu sumber air baku yang banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai kebutuhan. Air yang mengalir dari hulu umumnya memiliki kualitas yang baik, namun karena sifatnya yang terbuka, sungai mudah terpapar berbagai bahan pencemar dari lingkungan sekitarnya. Kondisi ini menjadikan sungai rentan mengalami penurunan kualitas, sehingga penting dilakukan pemantauan agar tetap sesuai dengan peruntukannya (Hardina dkk., 2024). Fungsi sungai tidak hanya terbatas sebagai jalur aliran air, melainkan juga dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat untuk berbagai kebutuhan. Sungai dimanfaatkan sebagai jalur transportasi, sarana irigasi pertanian terutama persawahan, serta tempat budidaya perikanan dan aktivitas perdagangan. Selain itu, bantaran sungai kerap digunakan masyarakat untuk aktivitas domestik sehari-hari seperti mandi, mencuci, dan sanitasi. Namun, tingginya intensitas pemanfaatan tersebut berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas perairan apabila tidak disertai dengan pengelolaan yang baik. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya menurunkan kualitas air, melainkan juga berisiko mengganggu keseimbangan ekosistem akuatik secara keseluruhan (Djarmiko dkk., 2025).

Fenomena degradasi ekosistem perairan akibat tekanan aktivitas manusia tersebut secara nyata terjadi pada Sungai Krueng Daroy. Sungai ini merupakan badan air permukaan strategis yang melintasi Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh, dengan hulu perairan di kawasan pegunungan Mata Ie. Pertumbuhan populasi serta peningkatan intensitas aktivitas antropogenik di sepanjang bantaran sungai memicu eskalasi beban pencemaran perairan, salah satunya pada kawasan padat permukiman di Desa Lamlagang. Berdasarkan data kependudukan tahun 2023, Desa Lamlagang memiliki jumlah penduduk mencapai 4.888 jiwa (terdiri atas 2.459 jiwa laki-laki dan 2.429 jiwa perempuan) yang terbagi ke dalam 1.441 Kepala Keluarga (KK) dan tersebar di empat dusun, yaitu Dusun Raja Jali, Dusun

Raja Reubah, Dusun Panglima Nyak Raja, serta Dusun Panglima Hasan (Pemerintah Gampong Lamlagang, 2023). Tingginya densitas penduduk tersebut berkontribusi langsung terhadap peningkatan timbunan air buangan, di mana sumber kontaminan utama didominasi oleh limbah domestik permukiman, buangan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM), serta limbah industri rumah tangga tanpa sistem pengolahan memadai. Akumulasi polutan tersebut mendegradasi mutu visual dan estetika perairan, mengancam kelangsungan hidup flora dan fauna akuatik, serta meningkatkan risiko penularan penyakit berbasis lingkungan bagi masyarakat sekitar (Akbar dkk., 2020).

Penurunan kualitas air sungai dapat ditinjau melalui tiga kelompok parameter utama, yaitu fisika, kimia, dan biologi. Dari aspek fisika, suhu, kekeruhan (turbiditas), dan *Total Suspended Solids* (TSS) menjadi indikator penting karena berpengaruh terhadap kejernihan air, penetrasi cahaya, serta keseimbangan ekosistem perairan. Pada aspek kimia, parameter seperti pH, oksigen terlarut (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) digunakan untuk menilai tingkat pencemaran akibat masuknya bahan organik maupun anorganik. Sementara itu, dari aspek biologi, keberadaan bakteri *Coliform* menjadi indikator utama pencemaran mikrobiologis yang tidak hanya mencerminkan kualitas sanitasi perairan, melainkan juga berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi masyarakat yang memanfaatkan air sungai tersebut (Wijaya dan Potalangi, 2024).

Air bersih dan sanitasi merupakan salah satu aspek penting dalam pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) nomor 6, yaitu menjamin ketersediaan serta pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan bagi semua orang. Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam mewujudkan akses air bersih yang layak, terutama di daerah pedesaan dan permukiman kumuh. Rendahnya cakupan sanitasi, kebiasaan buang air besar sembarangan, serta perilaku hidup bersih dan sehat yang belum optimal menjadi hambatan serius. Kondisi ini diperburuk oleh keterbatasan layanan Perusahaan Air Minum (PAM), sehingga masyarakat banyak bergantung pada air sumur gali yang kualitasnya sering tidak memenuhi standar kesehatan. Selain air sumur, masyarakat di sejumlah wilayah

juga masih memanfaatkan air sungai sebagai sumber utama kebutuhan sehari-hari. Hal ini menjadikan kualitas sungai sangat penting dalam mendukung pencapaian SDGs 6 (Junaedi, 2022).

2.2 Pengolahan Air

Untuk memperbaiki parameter-parameter di atas agar sesuai standar Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 dan Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021, diperlukan metode pengolahan air yang efektif, salah satunya adalah koagulasi-flokulasi. Pengolahan air adalah serangkaian langkah yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas air sehingga memenuhi standar yang ditetapkan sesuai penggunaannya, baik untuk kebutuhan sanitasi higiene, air bersih, maupun untuk keperluan lainnya. Secara umum, proses pengolahan air terdiri atas beberapa tahapan, yaitu pra-sedimentasi, koagulasi dan flokulasi, sedimentasi, filtrasi, serta desinfeksi.

1. Prasedimentasi: Prasedimentasi adalah tahap awal dalam pengolahan air bersih yang berfungsi mengurangi pencemar fisik. Proses ini memisahkan partikel besar seperti pasir, lanau dan padatan tersuspensi melalui pengendapan alami (plain sedimentation) yang hanya memanfaatkan gravitasi, tanpa bahan kimia (Ananda dkk., 2021).
2. Koagulasi: Koagulasi merupakan proses pengolahan air dengan menambahkan bahan kimia koagulan yang berfungsi mengikat partikel pengotor, baik tersuspensi maupun terlarut, sehingga membentuk gumpalan (flok) yang lebih mudah dipisahkan (Dwidewitra dkk., 2024).
3. Flokulasi: Flokulasi adalah penyisihan kekeruhan air dengan cara pengumpulan partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Gaya antar molekul yang diperoleh dari agitasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap laju terbentuknya partikel flok (Hendrasarie dkk., 2021).
4. Sedimentasi: Sedimentasi didefinisikan sebagai salah satu proses pemisahan campuran padatan dan cairan (*slurry*) menjadi cairan bening dan sludge.
5. Filtrasi: Filtrasi air adalah tahapan pengolahan yang bertujuan menghilangkan berbagai jenis kontaminan melalui mekanisme fisik, kimia

dan biologis. Proses ini dilakukan dengan mengalirkan air melalui media penyaring untuk menahan partikel-partikel halus yang belum tereliminasi pada proses sebelumnya (Solikhah, 2024).

6. Desinfeksi: Desinfeksi merupakan tahap pengolahan yang bertujuan membunuh mikroorganisme patogen, seperti bakteri dan virus, melalui penerapan metode fisik maupun kimia (Marsha, 2020).

Dalam penelitian ini, fokus kajian dibatasi pada tahapan koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Ketiga proses tersebut dipilih karena dianggap paling relevan untuk dianalisis dalam upaya meningkatkan kualitas air, sehingga penelitian diarahkan untuk menilai sejauh mana efektivitasnya dalam mengurangi kekeruhan dan kandungan zat pencemar.

2.2.1 Koagulasi dan flokulasi

Koagulasi merupakan tahap penting dalam pengolahan air dengan tujuan untuk menghilangkan stabilitas partikel koloid melalui penambahan zat koagulan, baik yang berasal dari bahan kimia maupun alami. Dalam tahapan ini, muatan partikel halus dinetralkan sehingga dapat saling berinteraksi dan membentuk flok dalam ukuran yang lebih kecil. Keberhasilan dari koagulasi sangat bergantung pada akurasi dalam penggunaan dosis koagulan, karena dosis yang tidak tepat dapat mengganggu pembentukan flok serta mengurangi kualitas air yang telah diolah (Dwidewitra dkk., 2024).

Menurut Li dkk. (2024), karakteristik dan kinerja bahan koagulan sangat dipengaruhi oleh komposisi penyusunnya yang berbeda-beda tergantung pada jenis koagulan yang digunakan. Koagulan kimia, contohnya *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan *Aluminium Sulfat* (tawas), bekerja dengan melepaskan senyawa aktif yang dapat berikatan dengan partikel pencemar, sehingga membentuk gumpalan yang lebih besar dan mudah mengendap. Sementara itu, koagulan alami yang terbuat dari bahan organik yang berasal dari tumbuhan seperti biji, buah dan daun, memanfaatkan kandungan polimer alami serta senyawa organik untuk membantu proses penggumpalan partikel yang tersuspensi. Walaupun kedua jenis koagulan ini terbukti efektif dalam memperbaiki kualitas air, pemilihannya harus

disesuaikan dengan karakteristik air baku dan kebutuhan operasional agar hasil pengolahan yang diperoleh bisa optimal.

Proses koagulasi meliputi tahap penyebaran dan tahap kontak. Pada tahap penyebaran, koagulan ditambahkan ke dalam air dan diaduk agar tersebar merata serta dapat bereaksi dengan partikel tersuspensi. Selanjutnya, pada tahap kontak, partikel-partikel yang telah bereaksi akan saling berikatan membentuk flok atau gumpalan, sehingga lebih mudah dipisahkan melalui proses pengendapan atau penyaringan. Menurut Heryadi dkk. (2025), Keberhasilan proses koagulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis koagulan yang digunakan, kandungan ion terlarut, serta tingkat alkalinitas air. Pemberian dosis koagulan yang sesuai akan menghasilkan pembentukan flok yang optimal, sedangkan dosis yang terlalu sedikit atau berlebihan dapat menurunkan efektivitas proses. Selain itu, kecepatan pengadukan juga berperan penting, karena pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak flok yang telah terbentuk, sementara pengadukan yang terlalu lambat menyebabkan koagulan tidak tercampur secara merata.

Flokulasi merupakan kelanjutan dari proses koagulasi dimana dalam proses penurunan kekeruhan air dengan cara menggabungkan partikel-partikel berukuran kecil menjadi flok yang lebih besar, padat, dan mudah mengendap. Pembentukan flok dipengaruhi oleh energi pengadukan yang memungkinkan terjadinya interaksi dan tumbukan antarpartikel yang telah kehilangan kestabilannya. Proses ini dilakukan melalui pengadukan lambat yang terkontrol untuk menciptakan kondisi aliran yang tenang, sehingga partikel memiliki waktu yang cukup untuk saling berikatan membentuk struktur yang kuat. Namun demikian, kecepatan pengadukan harus diatur secara hati-hati karena pengadukan yang terlalu kuat dapat menyebabkan flok yang telah terbentuk pecah kembali menjadi partikel-partikel kecil yang sulit dipisahkan (Hendrasarie dkk., 2021).

Menurut Rizqullah dkk. (2025), dosis koagulan dan flokulan yang tepat sangat berpengaruh terhadap efektivitas penurunan kekeruhan air. Peningkatan dosis koagulan dapat menyebabkan penurunan pH, namun penggunaan dosis yang berlebihan dapat menghasilkan flok yang tidak stabil. Flokulan berperan dalam memperbesar flok agar mudah mengendap, di mana dosis yang sesuai dapat

meningkatkan efisiensi pengendapan, sedangkan dosis berlebih justru menurunkan kestabilan flok. Selain itu, pH memengaruhi proses pembentukan dan kestabilan flok, sehingga variasi dosis koagulan dan flokulan perlu disesuaikan dengan kondisi pH selama proses koagulasi-flokulasi.

2.2.2 Sedimentasi

Sedimentasi didefinisikan sebagai salah satu proses pemisahan campuran padatan dan cairan (*slurry*) menjadi cairan bening dan *sludge*. Keberhasilan proses pengendapan sangat dipengaruhi oleh faktor fisik seperti konsentrasi partikel, berat jenis, dan variasi ukuran butir. Faktor-faktor tersebut menentukan apakah partikel dapat mengendap secara bebas atau mengalami pengendapan terhambat, yaitu kondisi ketika partikel saling berinteraksi sehingga kecepatan pengendapan menurun. Untuk memperoleh kinerja yang optimal, penentuan waktu pengendapan yang tepat menjadi hal penting, yang dapat ditentukan pada saat terjadi perubahan perilaku pengendapan dari kondisi bebas menuju kondisi terhambat (Fahni dkk., 2023).

Setelah flok terbentuk, air akan dialirkan ke dalam tangki sedimentasi di mana waktu tinggal air yang cukup memungkinkan flok-flok tersebut mengendap ke dasar karena pengaruh gaya gravitasi, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian tentang desain unit pengendapan primer pada pengolahan air lindi yang mempertimbangkan karakteristik kecepatan pengendapan partikel untuk desain bak sedimentasi yang efektif (Notonugroho dkk., 2022). Kecepatan pengendapan partikel sendiri dipengaruhi oleh karakteristik fisik partikel seperti ukuran partikel dan berat jenisnya, di mana partikel yang lebih besar dan lebih padat akan mengendap lebih cepat dibanding partikel halus (Li dkk., 2024).

2.3 Parameter kualitas air

Parameter kualitas air merupakan indikator untuk menilai kondisi dan kelayakan air bagi berbagai keperluan, seperti air minum, sanitasi, perikanan, dan industri. Penilaian ini penting untuk menjamin keamanan air bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Secara umum, parameter kualitas air terdiri atas parameter fisika, kimia dan biologi, yang penetapannya mengacu pada Peraturan Menteri

Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Kesehatan Lingkungan dan Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 (tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup) untuk klasifikasi mutu air sungai. Namun, dalam penelitian ini hanya menggunakan tiga parameter, yaitu kekeruhan (turbiditas), *Total Suspended Solid* (TSS) dan pH karena air hasil pengolahan diperuntukkan bagi pemenuhan kebutuhan higiene sanitasi.

2.3.1 Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan adalah kondisi air yang ditentukan oleh kemampuan cahaya menembus kolom air. Tingkat kekeruhan dipengaruhi oleh adanya partikel tersuspensi, baik berupa bahan anorganik seperti pasir dan lumpur maupun bahan organik lain yang terdapat di dalam air. Kekeruhan yang tinggi pada air sumur dapat menurunkan kualitas air karena mengurangi kejernihan, memengaruhi rasa, serta menjadi indikator adanya kontaminan yang berpotensi membahayakan kesehatan. Semakin tinggi tingkat kekeruhan, semakin besar hambatan terhadap masuknya cahaya, sehingga kejernihan air berkurang dan kualitasnya tidak memenuhi standar air bersih sesuai ketentuan kesehatan lingkungan (Rahmat dkk., 2018).

2.3.2 *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan material padatan yang melayang di dalam kolom perairan tanpa langsung mengendap ke dasar. Keberadaannya dipengaruhi oleh masukan dari daratan, aliran sungai, maupun faktor oseanografi yang menyebabkan partikel tetap tersuspensi. TSS juga dapat dipahami sebagai residu padatan hasil berbagai reaksi heterogen yang berperan dalam pembentukan endapan awal, sehingga keberadaannya sering menghambat proses produksi zat organik di perairan. Dalam proses sedimentasi, TSS termasuk ke dalam jenis sedimentasi tersuspensi, yaitu partikel padatan yang masih melayang di air. Hal ini berbeda dengan sedimentasi deposit, di mana partikel sudah mengendap di dasar perairan. Proses terbentuknya biasanya diawali oleh masuknya aliran sungai atau limpasan permukaan (*run-off*) yang membawa partikel sedimen. Partikel tersebut kemudian terbawa arus (transportasi) dan menyebar di kolom air (distribusi), hingga akhirnya mengendap menjadi sedimen (Yonar dkk., 2021).

2.3.3 Power of Hydrogen (pH)

Derajat keasaman atau pH merupakan standar yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. pH adalah satuan ukur yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen, dengan nilai 7 sebagai kondisi netral. Nilai pH lebih dari 7 menunjukkan sifat basa, sedangkan nilai kurang dari 7 menunjukkan sifat asam. Skala pH berkisar antara 0 hingga 14, di mana pH 0 menunjukkan tingkat keasaman tertinggi dan pH 14 menunjukkan tingkat kebasaan tertinggi (Harvyandha dkk., 2019). Pengukuran pH umumnya dilakukan menggunakan pH meter, yaitu alat yang terdiri dari elektroda atau probe yang terhubung dengan perangkat elektronik untuk menampilkan nilai pH. Sebagai instrumen laboratorium, pH meter memerlukan pemeliharaan dan kalibrasi rutin agar data yang diperoleh tetap akurat (Ismaini dkk, 2024).

2.4 Standar Baku Mutu Air Bersih

Berikut merupakan standar baku mutu air bersih yang ditetapkan pada (Tabel 2.1) berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 dan Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021.

Tabel 2.1 Parameter Wajib pada Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023.

No	Jenis parameter	Kadar maksimum	Satuan
Fisik			
1.	Kekeruhan	<3	NTU
Kimia			
2.	pH	6.5 – 8.5	

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

Tabel 2.2 Peraturan Air Bersih Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

No.	Jenis Parameter	Kadar Maksimum	Satuan
1.	Total Suspended solid (TSS)	50	Mg\L

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, Lampiran VI Kelas II, Halaman 1.

2.5 Biokoagulan

Biokoagulan berperan dalam meningkatkan proses pengolahan air dengan menetralkan muatan listrik partikel di dalam air, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung membentuk flok yang lebih besar dan mengendap lebih cepat.

Dibandingkan koagulan anorganik, koagulan alami memiliki keunggulan karena tidak bersifat toksik dan lebih ramah lingkungan. Berbagai bahan organik seperti kulit pisang, biji alpukat, biji kelor, kulit udang sebagai sumber kitosan, kulit jeruk, dan daun pepaya telah diteliti sebagai bahan biokoagulan karena mengandung senyawa aktif berupa protein, polisakarida, dan tanin. Penggunaan koagulan alami, seperti kitosan dan serbuk biji alpukat, dapat mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia, menghasilkan limbah yang lebih sedikit, serta lebih mudah terurai secara alami. Selain itu, pemanfaatan koagulan alami juga dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya seperti aluminium sulfat yang banyak digunakan dalam proses pengolahan air (Fitrah dkk., 2025).

2.6 Alpukat (*Persea americana* Mill.)

Tanaman alpukat (*Persea americana* Mill.) merupakan salah satu tanaman yang mudah tumbuh di wilayah tropis dan subtropis, termasuk Indonesia. Tanaman alpukat tumbuh tegak dengan ketinggian mencapai 9–18 m dan diameter batang sekitar 30–60 cm. Daunnya bervariasi dalam bentuk, seperti lanset, elips, lonjong, atau bulat telur, dengan permukaan atas hijau tua mengkilap dan bagian bawah keputihan. Panjang daun berkisar 7,5–40 cm. Buah alpukat berbentuk pir, lonjong, atau hampir bulat dengan ukuran 7,5–33 cm dan lebar hingga 15 cm. Kulit buah berwarna hijau kekuningan, hijau tua, ungu kemerahan, hingga ungu tua mendekati hitam, dengan ketebalan sekitar 6 mm. Daging buah umumnya berwarna pucat hingga kuning pekat. Biji tunggalnya keras, berwarna gading, berbentuk pipih hingga bulat telur, berukuran 5–6,4 cm, dan dilapisi kulit tipis berwarna coklat yang sering melekat pada rongga daging (Sebayang dkk., 2024).



Gambar 2.1 Pohon Buah Alpukat

(Sumber: Antasari. 2026)

Tanaman ini berasal dari famili *Lauraceae* dan telah lama dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan pengobatan herbal karena mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti alkaloid, saponin, flavonoid, dan polisakarida (Kirana dkk., 2023). Meskipun bukan tanaman asli Indonesia, alpukat telah dikenal luas dan banyak digunakan oleh masyarakat. Berdasarkan penelitian sebelumnya, biji buah alpukat diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder, terutama alkaloid dan flavonoid. Namun, faktor lingkungan seperti letak geografis, iklim, suhu, dan kesuburan tanah dapat memengaruhi kandungan kimia suatu tanaman. Pada jenis tanaman yang sama, komposisi senyawa kimia bisa berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya. Dengan demikian, skrining fitokimia terhadap biji alpukat menjadi langkah penting untuk memastikan keberadaan senyawa aktif yang relevan dalam proses koagulasi, sehingga dapat mendukung pemanfaatannya sebagai biokoagulan alami pada pengolahan air (Kaempe dkk., 2023). Adapun klasifikasi biji buah alpukat menurut (Hartati dkk., 2022) sebagai berikut:

- Kingdom* : *Plantae* (Tumbuhan)
- Division* : *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)
- Subkingdom* : *Tracheobionta* (Tumbuhan berpembuluh)
- Class* : *Magnoliopsida* (Berkeping dua/dikotil)
- Subclass* : *Magnoliidae*
- Ordo* : *Lurales*

Famili : Lauraceae
Genus : Persea Mill.
Spesies : Persea americana Mill.



Gambar 2.2 Biji Alpukat

Alpukat dikenal luas sebagai buah yang bermanfaat bagi kesehatan, kecantikan, dan diet karena kandungan nutrisinya. Namun, bagian biji buah alpukat yang sering dianggap limbah ternyata memiliki potensi pemanfaatan. biji alpukat mengandung senyawa kimia penting, terutama flavonoid, yang termasuk golongan fenol alami terbesar pada tumbuhan hijau. Senyawa polifenol ini diketahui memiliki sifat antimikroba sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber bioaktif dalam berbagai aplikasi (sarmila dkk., 2021).

2.7 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pemanfaatan biokoagulan ekstrak kulit alpukat dalam pengolahan air dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Penulis, Tahun, Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
1.	(Assha, dkk., 2025) Judul: Efektivitas Gabungan Biji Asam Jawa dan Biji Alpukat sebagai	Bahan: Limbah cair tahu, serbuk biji asam jawa, serbuk biji alpukat, dan aquades. Cara kerja: Metode <i>jar test</i> dengan pengadukan cepat 200	Penurunan COD tertinggi pada rasio 70:30 (69%) dan TSS pada rasio 50:50 (88%).

	Biokoagulan dalam Menurunkan Parameter Limbah Cair Tahu.	rpm (3 menit), pengadukan lambat 50 rpm (15 menit), dan sedimentasi 60 menit. Metode : Eksperimen kuantitatif Parameter: COD, TSS, pH.	
2.	(Umayyah, 2024) Judul: Pemanfaatan Biji Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.) Melalui Proses Koagulasi-Flokulasi Untuk Menurunkan Parameter Cod Dan Tss Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (Rph).	Bahan: Air limbah RPH, serbuk biji alpukat. Cara Kerja: Biji alpukat dikeringkan, dioven 105°C, lalu diblender hingga 100 mesh. <i>Jar test</i> dilakukan pada 120 rpm (1 menit) dan 30 rpm (30 menit) Metode: Koagulasi-flokulasi. Parameter: COD, TSS.	Penurunan COD terbaik pada dosis 2 gram (44%) dan TSS pada dosis 1,5 gram (48,2%).
3.	(Risnawati, 2024) Judul: Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu.	Bahan: Air limbah industri tahu, ekstrak biji alpukat mentega. Cara Kerja: Ekstraksi air (60-80°C), <i>jar test</i> variasi kecepatan. Metode: Eksperimental (Optimasi proses). Parameter: TSS, COD.	Kondisi optimum pada rasio 4:300 yang menyisihkan TSS sebesar 94,06% dan COD 71,43%.
4.	(Mansauda dkk., 2023) Judul: Stabilitas Fisik Krim Ekstrak Kulit	Bahan: Ekstrak kulit alpukat, asam stearat, TEA.	Sampel kulit buah alpukat menghasilkan rendemen

	Buah Alpukat Dengan Variasi Perbandingan Asam Stearat dan Trietanolamin.	Cara Kerja: Maserasi (aseton 70%), formulasi krim tipe M/A. Metode: Eksperimental laboratorium. Parameter: Uji organoleptik, pH, viskositas, stabilitas.	ekstrak kental sebanyak 12,82 %b/b, Ekstraksi bertujuan untuk menarik senyawa fenol
5.	(Rahman, 2022) Judul: Pemanfaatan Biji Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Domestik (<i>Grey Water</i>) di Gampong Ateuk Pahlawan Kota Banda Aceh.	Bahan: Limbah cair domestik (<i>grey water</i>), serbuk biji alpukat. Cara kerja: <i>Jar test</i> dengan variasi dosis (0,2–1,0 g/L) dan variasi kecepatan pengadukan. Metode: Koagulasi-flokulasi. Parameter: pH, TSS, COD.	Dosis optimum 0,6 g/L menghasilkan pH 6,3; TSS 22 mg/L; COD 160 mg/L. TSS dan pH memenuhi baku mutu, COD menurun tetapi belum memenuhi standar.
6.	Robiah dkk., 2026). Judul: Pembuatan Koagulan Alami dengan Proses Maserasi untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Jurnal Teknologi Kimia Mineral.	Bahan: Limbah cair domestik (<i>grey water</i>), serbuk biji alpukat. Cara kerja: <i>Jar test</i> dengan variasi dosis (0,2–1,0 g/L) dan variasi kecepatan pengadukan. Metode: Koagulasi-flokulasi Parameter: pH, Kekeruhan, COD, TSS.	Maserasi 84 jam menghasilkan kadar tanin tertinggi (6,373 mg/L). Dosis 6 mL menurunkan COD hingga 221 mg/L dan TSS hingga 166 mg/L. Penurunan kekeruhan paling efektif pada dosis 3 mL (17,2 NTU). pH meningkat setelah koagulasi, namun

			belum memenuhi baku mutu (6–9).
7.	(Adinda dan Raden., 2025). Judul: Efektivitas Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Bioadsorben Biji Alpukat dan Kulit Durian dalam Menyisihkan Kromium Limbah Pencucian Sablon. Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan.	Bahan: Limbah cair pencucian sablon, PAC (koagulan), bioadsorben biji alpukat dan kulit durian (diaktivasi H_3PO_4/KOH). Cara kerja: <i>Jar test</i> koagulasi dengan PAC (150 rpm 1 menit), flokulasi (30 rpm 10 menit), sedimentasi 75 menit. Dilanjutkan adsorpsi menggunakan bioadsorben teraktivasi. Metode: koagulasi-flokulasi + Adsorpsi Parameter: pH, Kekeruhan, COD, TSS.	Proses koagulasi-flokulasi + sedimentasi menurunkan Cr dari 1,02 mg/L menjadi 0,052 mg/L (94,9%). Adsorpsi dengan bioadsorben teraktivasi KOH (A1B2, A2B2) menurunkan lagi hingga 0,0186 mg/L. Total penyisihan mencapai 98,18%, di bawah baku mutu 0,5 mg/L.
8.	(Ainindia dkk., 2022) Judul: Efektivitas Penggunaan Biokoagulan Biji Alpukat (<i>Persea americana</i> Mill.) dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Air Limbah Industri Tahu.	Bahan: Air limbah industri tahu, ekstrak tanin biji alpukat, etanol 96% (pelarut). Cara kerja: Pencucian, pengeringan, penghalusan biji alpukat (80 mesh) - Maserasi 3×24 jam dengan etanol - Filtrasi vakum - Jar test: 200 rpm (2 menit), 30 rpm (30 menit), sedimentasi 30 menit.	Dosis optimum 16,32 mg/L. COD: turun dari 987 mg/L → 982 mg/L (efisiensi 0,5%). TSS: turun dari 824 mg/L → 91 mg/L (efisiensi 88,96%, di bawah baku mutu 100 mg/L).

		Metode: Koagulasi-flokulasi	
		Parameter: COD dan TSS.	



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen, untuk mengetahui efektivitas biokoagulan serbuk biji alpukat dalam proses penjernihan air sungai krueng daroy. Proses koagulasi dilakukan dengan variasi dosis biokoagulan biokoagulan dan variasi kecepatan pengadukan, kemudian dianalisis pengaruhnya terhadap parameter kualitas air (kekeruhan, *Total Suspended Solid* (TSS) dan pH) sebelum dan sesudah perlakuan.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengujian laboratorium terhadap kualitas air sungai sebelum dan sesudah proses koagulasi menggunakan biokoagulan serbuk biji alpukat. Parameter yang dianalisis meliputi tingkat kekeruhan (turbiditas), *Total Suspended Solid* (TSS) dan pH. Data sekunder diperoleh dari studi literatur berupa buku, jurnal ilmiah serta peraturan terkait baku mutu kualitas air yang digunakan sebagai bahan pendukung dalam analisis dan pembahasan penelitian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih tujuh bulan, yaitu dari Februari 2026 hingga Agustus 2026. Tahapan penelitian meliputi pengambilan sampel air, pengukuran parameter, serta analisis data. Pengujian kekeruhan, pH dan *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan di Laboratorium Multifungsi, UIN Ar-Raniry, Kota Banda Aceh. Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

3.3.2 Cara pengambilan sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara langsung dengan metode *grab sampling*, yaitu mengambil air sungai di lokasi menggunakan ember bertali, kemudian memindahkannya ke dalam jerigen sesuai dengan standar SNI 6989.57:2008.

3.4 Variabel Penelitian

Adapun pada penelitian ini menggunakan dua macam variabel yaitu variabel bebas dan terikat, dapat di lihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel Penelitian

No	Variabel Bebas	Variabel Terikat
1	Variasi dosis serbuk biji alpukat (0 g/L, 0,2 g/L, 0,4 g/L, 0,6 g/L dan 0,8 g/L).	Kekeruhan, <i>Total Suspended Solid</i> (TSS) dan pH.
2	Kondisi kecepatan pengadukan cepat: 120 rpm dan 150 rpm.	

3.5 Kondisi Pengadukan dan Pengendapan

Penelitian ini menggunakan beberapa variasi pengadukan yaitu:

1. Dosis optimum ditambahkan ke dalam 1 liter air sungai sesuai variasi yang ditentukan.
2. Dilakukan pengadukan cepat 120 rpm dan 150 rpm selama 5 menit dan pengadukan lambat 30 rpm selama 15 menit.
3. Diendapkan selama 30 menit.

3.6 Instrumen dan Alat Penelitian

Instrumen dan peralatan penelitian berperan sebagai fasilitas pendukung dalam kelancaran penelitian dan merupakan kunci kesuksesan dalam menjalankannya. Instrumen dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Lembar observasi merupakan lembar yang akan digunakan untuk mencatat hasil dari keseluruhan pelaksanaan penelitian atau yang sedang dilaksanakan.
2. Timbangan analitik digunakan untuk mengukur takaran sediaan koagulan.
3. *Turbidity* meter digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air.

4. pH meter digunakan untuk mengukur derajat keasaman dan basa air.
5. Jam sukat digunakan untuk menghitung waktu kerja pengadukan.
6. Beaker glass digunakan sebagai wadah sampel yang telah dilakukan uji coba modifikasi koagulan.
7. Oven digunakan untuk mengeringkan biji alpukat sebelum dihaluskan.
8. Blender digunakan untuk menghaluskan biji alpukat.
9. Ayakan 100 mesh digunakan untuk menyaring dan memilah serbuk biji alpukat.
10. Desikator digunakan untuk menyimpan dan menjaga stabilitas senyawa aktif protein sebelum digunakan dalam pengujian.
11. Vakum filtrasi digunakan untuk memisahkan padatan dari cairan secara cepat dan efisien.
12. Gayung tangkai digunakan untuk pengambilan air sungai.
13. Jerigen sebagai wadah penampungan air sungai
14. *Jar test* digunakan untuk mengevaluasi proses flokulasi dan koagulasi pada saat penambahan koagulan/flokulan pada sampel air.
15. Cawan petri digunakan sebagai wadah untuk menimbang koagulan serbuk biji alpukat.
16. Kertas aluminium digunakan untuk memisahkan dan mengelompokkan racikan yang telah di timbang.
17. Pipet volume digunakan untuk mengambil sampel.
18. Aquades digunakan untuk mensterilkan alat.
19. serbuk biji alpukat digunakan sebagai biokoagulan.
20. Sampel air sungai (1000 ml\perlakuan).

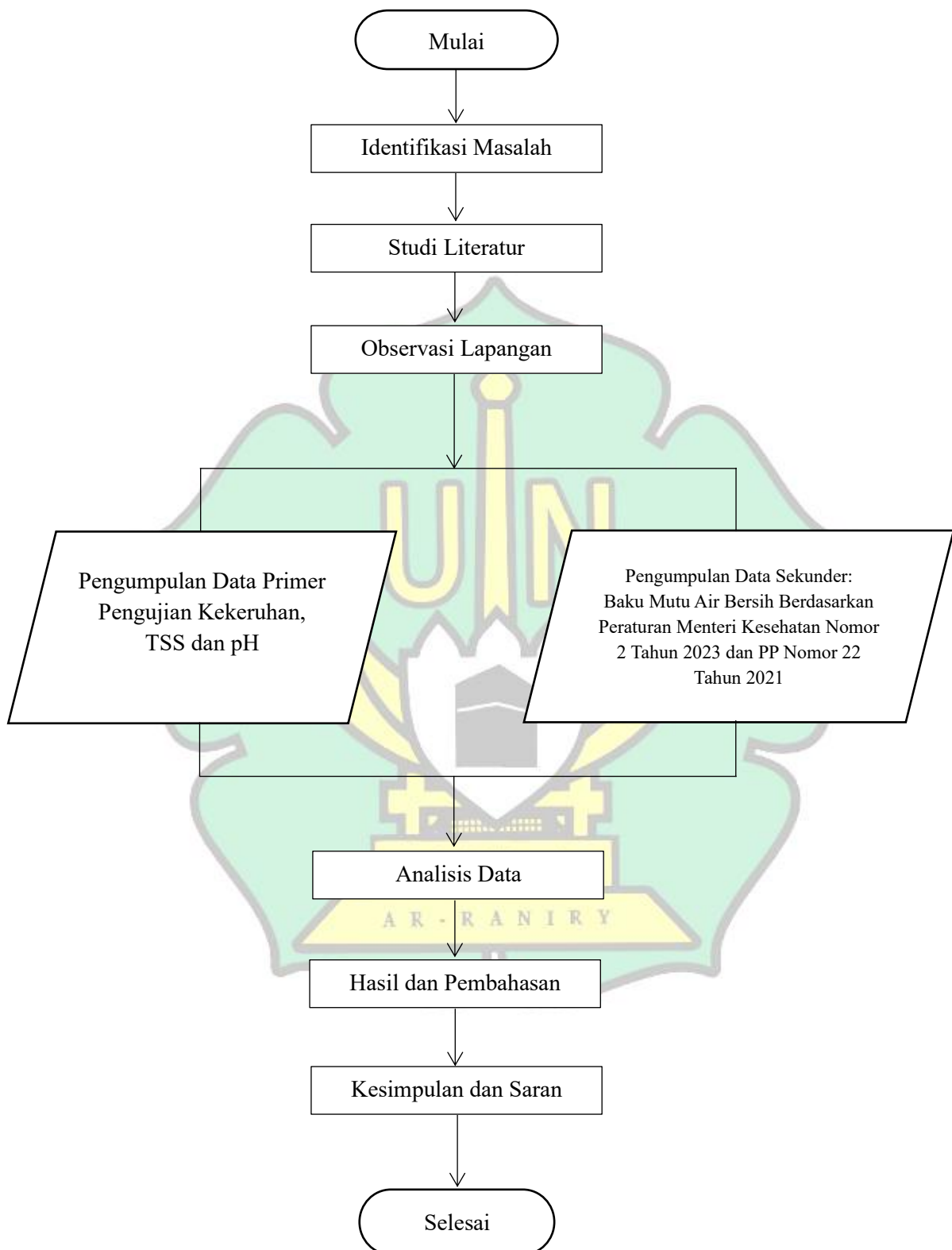
3.7 Prosedur dan Tahap Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Permohonan izin penelitian
2. Pengambilan sampel air sungai yang akan digunakan dalam uji coba modifikasi koagulan. Pengambilan sampel sebelum dan setelah uji coba modifikasi koagulan berupa pengukuran Kekeruhan, pH, TSS dan waktu kontak yang dibutuhkan dalam pelarutan Koagulan.

3. Tahap analisis data dan penarikan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah yang telah diidentifikasi.





Gambar 3.2 Diagram Alir

3.7.1 Persiapan Koagulan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam persiapan biokoagulan merupakan modifikasi dari Rahman. (2022), yang terdiri dari 5 perlakuan dengan tiga kali pengulangan (Triplo) dan terdapat pada lampiran gambar di halaman 52:

1. Biji alpukat diperoleh dari penjual jus di wilayah Rukoh, Kecamatan Syiah Kuala, Kabupaten Banda Aceh.
2. Biji alpukat dibersihkan dari kotoran, kemudian dipotong menjadi bagian kecil.
3. Biji alpukat dijemur selama satu minggu hingga kering dan mudah dihancurkan.
4. Biji alpukat yang telah kering selanjutnya di oven pada suhu 105°C selama 1 jam.
5. Kemudian, biji alpukat tersebut diblender menjadi serbuk dan diayak menggunakan saringan berukuran 100 mesh dan kemudian disimpan dalam wadah tertutup.

3.7.2 Pengujian Biokoagulan

Pengujian biokoagulan pada penelitian ini merujuk pada penelitian Rahman. (2022), dengan langkah-langkah sebagai berikut dan dilampirkan pada lampiran di halaman 52:

1. Sampel air sungai dimasukkan ke dalam lima gelas beaker, masing-masing berisi 1000 ml.
2. Biokoagulan biji alpukat ditambahkan kedalam gelas beaker sebanyak 0 gram, 0,2 gram, 0,4 gram, 0,6 gram dan 0,8 gram.
3. Diatur kecepatan pengadukan dengan putaran 120 rpm selama 5 menit untuk pengadukan cepat dan dilanjutkan dengan kecepatan lambat dengan putaran 30 rpm selama 15 menit, kemudian dilakukan proses pengendapan selama 30 menit.
4. Dilakukan pengukuran nilai kekeruhan, TSS dan kestabilan pH pada setiap masing-masing gelas beaker dan dicatat hasil pengukurannya.

3.8 Penggunaan Alat pH

Berikut ini adalah penjelasan rinci untuk setiap langkah prosedur pengujian pH meter berdasarkan prinsip umum yang sesuai dengan SNI 6989.11:2019 yaitu:

1. Alat pH meter disiapkan dengan memastikan dalam kondisi bersih dan diperiksa kalibrasinya.
2. Kalibrasi dilakukan jika diperlukan menggunakan larutan standar.
3. pH meter dibilas dengan aquades dan dikeringkan.
4. pH meter dicelupkan ke sampel air hingga pembacaan stabil, lalu nilai pH dan suhu dicatat.
5. Pengukuran dilakukan segera setelah sampel diambil.

3.9 Penggunaan Alat *Turbidity Meter*

Berikut ini adalah penjelasan rinci untuk setiap langkah prosedur pengujian *Turbidity Meter* berdasarkan prinsip umum yang sesuai dengan SNI 06-6989.25:2005 yaitu:

1. *Turbidity Meter* dipastikan dalam keadaan bersih, lalu dinyalakan dan dibiarkan beberapa menit agar stabil.
2. Sampel dituangkan ke tabung pengukuran tanpa gelembung udara, kemudian tabung dimasukkan ke alat. Tombol pengukuran ditekan dan nilai kekeruhan ditunggu hingga tampil stabil.
3. Nilai kekeruhan dicatat dalam satuan NTU, bersama informasi waktu dan lokasi pengambilan sampel.
4. Tabung dan alat dibersihkan kembali dengan air aquades setelah digunakan, lalu alat disimpan dengan benar.

3.10 Penggunaan Alat *Vacum* filtrasi

Pengujian TSS merujuk pada SNI 6989.3:2019 dan dilakukan melalui dua tahap.

1. Persiapan Kertas Saring

- a. Tahap pertama adalah persiapan kertas saring, di mana kertas saring Whatman No. 42 dipotong menjadi diameter 48 mm dan ditimbang menggunakan timbangan analitik

- b. Selanjutnya, 80 mL aquades bersama kertas saring ditempatkan dalam alat penyaring vakum.
- c. Setelah proses vakum, kertas saring kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C selama satu jam. Setelah satu jam di dalam oven, kertas saring didinginkan selama lima belas menit dalam pengering yang berisi silika gel.
- d. Setelah kertas saring benar-benar dingin, beratnya ditimbang dan dicatat.

2. Pengujian Sampel

- a. Tempatkan kertas saring Whatman No. 42 (diameter 48 mm) yang telah ditimbang ke dalam alat vakum filtrasi.
- b. Masukkan 100 mL sampel air sungai yang telah dihomogenkan ke dalam vakum filtrasi.
- c. Setelah proses penyaringan selesai, kertas saring yang telah menampung residu dipindahkan dengan hati-hati ke dalam cawan Petri menggunakan bantuan pinset.
- d. Kertas saring yang mengandung residu dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam.
- e. Selanjutnya, setelah kertas saring selesai di oven dinginkan dalam desikator yang berisi silika gel.
- f. Kertas saring yang telah mengandung residu kering kemudian ditimbang kembali dan dicatat sebagai berat akhir (W1).

3. Perhitungan TSS

Nilai Total Suspended Solid (TSS) dihitung menggunakan rumus berikut dan perwakilan data perhitungan dapat dilihat pada lampiran 2 halaman 53:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1.000}{V}$$

Keterangan:

W_0 = berat awal kertas saring (mg)

W_1 = berat kertas saring + residu kering (mg)

v = volume sampel (mL)

4. Analisis Data

Persentase penurunan kekeruhan dan Total Suspended Solid (TSS) ditentukan dengan membandingkan konsentrasi sebelum dan sesudah proses koagulasi, flokulasi, serta sedimentasi menggunakan rumus berikut dan data perwakilan dapat dilihat pada lampiran 3 halaman 55.

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

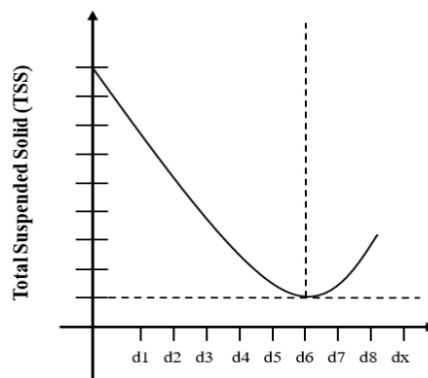
Keterangan:

P = Persentase penurunan (%)

C_0 = Konsentrasi awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir (mg/L)

Pada penelitian ini digunakan variasi dosis biokoagulan serbuk biji alpukat, yaitu 0 g, 0,2 g, 0,4 g, 0,6 g, dan 0,8 g. Jika dosis optimum belum diperoleh dari hasil pengujian, maka dosis biokoagulan akan ditambah secara bertahap. Penentuan dosis optimum dilakukan dengan menguji parameter kualitas air sungai setelah ditambahkan biokoagulan dan dilakukan proses *jar test*. Selain itu, dosis optimum juga ditentukan berdasarkan grafik penurunan kurva koagulasi. Grafik kurva koagulasi yang diharapkan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kurva koagulasi

3.11 Penggunaan Alat *Jar test*

Berikut ini adalah penjelasan rinci untuk setiap langkah prosedur pengujian Jartest berdasarkan prinsip umum yang sesuai dengan SNI 19-6449-2000 yaitu:

1. Sampel yang akan di uji dimasukkan ke dalam gelas kimia (1000 mL) lalu disesuaikan posisinya terhadap pengaduk pada unit *jar test*. Temperatur diatur dan dicatat sebelum pengujian.
2. Larutan biokoagulan ditambahkan sesuai konsentrasi yang telah diatur.
3. Pengadukan cepat dilakukan (120 rpm, 5 menit) untuk mencampur koagulan, kemudian pengadukan lambat dilanjutkan (30 rpm, 15 menit) untuk pembentukan flok.
4. Setelah pengadukan lambat selesai, baling-baling diangkat dan flok dibiarkan mengendap selama 30 menit.
5. Setelah dilakukan pengendapan, cairan supernatan diambil untuk analisis lanjutan (kekeruhan, TSS dan pH).

3.12 Hasil Uji Pendahuluan

Air sungai yang dijadikan sampel dalam penelitian ini terlebih dahulu diuji kualitasnya untuk memastikan kesesuaiannya sebagai objek penelitian. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil analisis kualitas air terhadap standar yang ditetapkan dalam peraturan yang berlaku. Hasil uji pendahuluan dapat di lihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil pengujian parameter air sungai sebelum dilakukan perlakuan.

No	Parameter	Hasil Uji	Buku Mutu	Keterangan
1	pH	7,2	6.5 – 8.5	Memenuhi syarat
2	Kekeruhan	373	<3 NTU	Tidak memenuhi syarat
3	TSS	108	50 mg/L	Tidak memenuhi syarat

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 halaman 29-30 dan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, Lampiran VI Kelas II, Halaman 1.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan pada Tabel 3.3, dapat disimpulkan bahwa air Sungai Krueng Daroy di Kecamatan Baiturrahman, Kota Banda Aceh layak dijadikan objek penelitian karena kualitasnya tidak memenuhi standar yang berlaku.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Alpukat terhadap Penurunan Parameter Kualitas Air Sungai

Penelitian ini menerapkan metode koagulasi-flokulasi dengan memanfaatkan serbuk biji alpukat sebagai biokoagulan untuk menurunkan parameter kekeruhan dan *Total Suspended Solids* (TSS) pada air sungai. Sebelum diberi perlakuan, kualitas awal air sungai diuji terlebih dahulu sebagai data kontrol untuk melihat karakteristik fisika dan kimianya. Data kondisi awal sampel air sungai sebelum perlakuan disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Parameter Air Sungai Sebelum Dilakukan Perlakuan

No	Parameter	Hasil Pengujian Awal	Buku Mutu	Keterangan
1.	pH	7,2	6.5 – 8.5	Memenuhi syarat
2.	Kekeruhan	373	<3 NTU	Tidak memenuhi syarat
3.	TSS	108	50 mg/L	Tidak memenuhi syarat

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 halaman 29-30 dan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, Lampiran VI Kelas II, Halaman 1.

Kondisi fisik air baku Sungai Krueng Daroy sebelum perlakuan disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kondisi air sungai Krueng Daroy sebelum perlakuan

4.1.1 Penurunan parameter kekeruhan (*turbidity*)

Kekeruhan atau *turbidity* adalah ukuran dari tingkat kejernihan atau kekotoran air, yang disebabkan oleh partikel-partikel tersuspensi yang ada di

dalamnya (Sabillah dkk., 2025). Berdasarkan Tabel 4.1, kekeruhan air sungai sebelum perlakuan mencapai 373 NTU, melebihi baku mutu. Untuk mengatasi hal ini, diterapkan proses koagulasi-flokulasi dengan biokoagulan serbuk biji alpukat. Hasil pengujian pascaproses, termasuk tingkat penurunan kekeruhan, disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Alpukat terhadap Penurunan Nilai Kekeruhan.

No.	Dosis	Kecepatan pengadukan	Nilai kekeruhan awal (NTU)	Mean $\pm$ SD	Efisiensi penurunan (%)	Standar Baku mutu (NTU)
1	0	120 rpm/30 rpm	373	243 $\pm$ 38,4	35	<3
2	0,2			203 $\pm$ 12,5	46	
3	0,4			229 $\pm$ 11,2	39	
4	0,6			234 $\pm$ 16,7	37	
5	0,8			241 $\pm$ 30,8	35	
1	0	150 rpm/30 rpm		269 $\pm$ 19,5	31	
2	0,2			207 $\pm$ 11,7	44	
3	0,4			228 $\pm$ 18,0	39	
4	0,6			236 $\pm$ 10,1	37	
5	0,8			256 $\pm$ 20,0	28	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium, 2026.

Berdasarkan pada Tabel 4.2, perlakuan kontrol (0 g/L) dengan kombinasi pengadukan cepat 120 rpm dan pengadukan lambat 30 rpm mampu menurunkan nilai kekeruhan menjadi 243 NTU, atau setara dengan efisiensi penyisihan sebesar 35%. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengadukan secara mekanis turut berkontribusi terhadap destabilisasi partikel koloid, meskipun pada tahapan ini belum ada penambahan biokoagulan.

Pada penambahan dosis 0,2 g/L dengan pengadukan cepat 120 rpm, penurunan kekeruhan tertinggi yaitu menjadi 203 NTU dengan persentase efisiensi penurunan mencapai 46%. Meskipun variasi ini menghasilkan reduksi tertinggi, kadar akhir tersebut masih berada jauh di atas baku mutu air bersih yang mensyaratkan tingkat kekeruhan di bawah 3 NTU. Air yang melampaui ambang batas ini dianggap tidak memenuhi syarat karena tingginya nilai kekeruhan

mengindikasikan kelimpahan partikel tersuspensi, yang dapat mencakup sedimen, kontaminan lain, atau bahan organik terurai (Munggaran dkk., 2024).

Untuk mengetahui pengaruh variasi dosis biokoagulan terhadap kekeruhan pada kecepatan pengadukan yang berbeda, dilakukan analisis uji statistik menggunakan uji *Two-Way* ANOVA. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Uji Statistik Parameter kekeruhan pada pengadukan 120 dan 150 rpm

Dosis	Kecepatan Pengadukan	Nilai Kekeruhan Awal (NTU)	Nilai Kekeruhan Akhir (NTU)	F-Hitung (Anova)	Sig. (Anova)
0	120 rpm/30 rpm	373	243	4,762	< 0,007*
0,2			203		
0,4			229		
0,6			234		
0,8			241		
0	150 rpm/30 rpm		269		
0,2			207		
0,4			228		
0,6			236		
0,8			256		

Sumber: Hasil Analisis Data SPSS, 2026.

*signifikan pada level 5% atau $<0,05$.

Untuk mengetahui pengaruh variasi dosis biokoagulan biji alpukat terhadap tingkat kekeruhan air, dilakukan analisis statistik menggunakan uji *Two-Way* ANOVA. Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.3, diperoleh bahwa variasi dosis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekeruhan air, yang ditunjukkan oleh nilai F sebesar 4,762 dan nilai signifikansi (p) sebesar 0,007 ($p < 0,05$). Hasil ini menunjukkan bahwa efektivitas penurunan kekeruhan dipengaruhi oleh dosis biokoagulan yang digunakan, sehingga setiap variasi dosis menghasilkan tingkat kekeruhan akhir yang berbeda. Dari seluruh perlakuan, dosis 0,2 g/L menghasilkan nilai kekeruhan akhir paling rendah, sehingga dapat dianggap sebagai dosis yang paling efektif dalam menurunkan kekeruhan air.

Penurunan pada dosis ini diduga berkaitan dengan aktivitas komponen polimer alami dalam serbuk biji alpukat selama proses koagulasi-flokulasi. Ketika

polimer kationik berinteraksi dengan partikel koloid bermuatan negatif (seperti suspensi tanah atau lumpur) yang menjadi polutan utama kekeruhan air sungai, terjadi netralisasi muatan yang mengeliminasi gaya tolak-menolak elektrostatis antar-koloid (Ambarwati dan Rustiani, 2022). Proses ini didukung oleh keberadaan senyawa metabolit sekunder seperti tanin yang kaya akan gugus hidroksil ($-OH$). Gugus fungsional ini bertindak sebagai polielektrolit alami yang memicu mekanisme penjembatanan antar-partikel (*interparticle bridging*), saling menjalin jembatan molekuler hingga membentuk makroflok yang padat. Agregat flok yang terus membesar tersebut meningkatkan massa jenis partikel secara keseluruhan, sehingga bahan organik dan anorganik tersuspensi dapat mengendap secara cepat akibat gaya gravitasi.

Meskipun demikian, pembentukan flok sangat bergantung pada ketepatan dosis biokoagulan yang digunakan. Jika dosis serbuk biokoagulan terlalu rendah, peluang partikel koloid di dalam air sungai untuk saling bertumbukan menjadi lebih kecil, sehingga proses terbentuknya inti flok menjadi kurang optimal. Sebaliknya, pemberian dosis biokoagulan yang melebihi dosis optimum tidak meningkatkan efektivitas proses koagulasi. Kelebihan dosis dapat menyebabkan pembentukan flok menjadi kurang stabil sehingga kemampuan koagulan dalam menurunkan kekeruhan berkurang. Pada pengadukan 120 rpm, penambahan dosis dari 0,4 g/L ke 0,8 g/L ternyata tidak membuat air semakin jernih. Nilai kekeruhan akhir justru meningkat dari 229 NTU menjadi 241 NTU, dengan efisiensi yang turun dari 39% ke 35%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan dosis di atas 0,2 g/L tidak meningkatkan efektivitas proses koagulasi, bahkan cenderung menurunkan kemampuan biokoagulan dalam menjernihkan air.

Secara kimia lingkungan, kenaikan nilai kekeruhan pada dosis tinggi dipengaruhi oleh pelepasan polielektrolit alami (tanin dan fenolik) yang melampaui kapasitas stoikiometri sistem. Kondisi pemberian dosis berlebih ini menyebabkan permukaan partikel koloid yang semula netral mengalami pembalikan muatan menjadi positif. Hal tersebut memicu gaya tolak-menolak elektrostatis baru yang menyebabkan flok yang tadinya terbentuk malah pecah kembali dan menjadi tidak stabil. Dinamika fluktuatif ini menegaskan adanya batas dosis optimum dalam

aplikasi koagulan alami. Setelah titik optimum terlampaui, sisa serbuk biji alpukat yang tersusun atas serat organik tidak dapat larut sempurna di dalam air. Akibatnya, kelebihan partikel tersebut melayang bebas sebagai padatan organik tersuspensi yang bertindak sebagai pengotor baru, sehingga menaikkan kembali tingkat kekeruhan air pasca-sedimentasi (Khairati dan Sutri, 2025).

Hasil nilai kekeruhan pada penelitian ini belum memenuhi standar baku mutu (< 3 NTU) akibat ampas serat dari serbuk biji alpukat yang melayang di dalam air. Penggunaan ekstrak murni lebih disarankan agar senyawa aktif terpisah dari seratnya. Selain itu, meskipun dosis 0,2 gr/L menjadi yang paling efisien dalam penelitian ini, dosis yang lebih kecil seperti 0,05 – 0,3 g/L tetap perlu diuji untuk memastikan titik paling optimum pada penelitian ini.

4.1.2 Penurunan parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solids (TSS) adalah padatan organik dan anorganik berdiameter $>1 \mu\text{m}$ yang melayang di kolom air karena memiliki ukuran dan berat jenis yang lebih kecil daripada sedimen dasar. Parameter ini mencakup fraksi lempung, lumpur, pasir halus, zat organik, serta mikroorganisme (Tangeb dkk., 2023). Pada air sungai Krueng Daroy Kecamatan Baiturrahman konsentrasi TSS melebihi batas baku mutu yang ditetapkan. Konsentrasi TSS yang terlalu tinggi menghambat penetrasi cahaya ke dalam air sehingga menurunkan aktivitas fotosintesis fitoplankton dan produksi oksigen terlarut. Kondisi ini dapat menurunkan kualitas habitat perairan serta produktivitasnya (Na'imah dkk., 2023).

Hasil pengolahan air sungai dengan penambahan biokoagulan dari serbuk biji alpukat dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Efektivitas Biokoagulan Serbuk Biji Alpukat terhadap Penurunan Nilai TSS.

No.	Dosis	Kecepatan pengadukan	Nilai TSS awal (mg/L)	Mean $\pm$ SD	Efisiensi penurunan (%)	Standar Baku mutu (mg/L)
1	0	120 rpm/30 rpm	108	90 $\pm$ 3,5	17	50
2	0,2			49 $\pm$ 9,0	55	
3	0,4			63 $\pm$ 10,5	42	
4	0,6			65 $\pm$ 9,6	40	
5	0,8			72 $\pm$ 15,4	33	

No	dosis	Kecepatan pengadukan	Nilai TSS awal (mg/L)	Mean $\pm$ SD	Efisiensi penurunan (%)	Standar Baku mutu (mg/L)
1	0	150 rpm/30 rpm	108	94 $\pm$ 2,9	13	50
2	0,2			55 $\pm$ 13,0	49	
3	0,4			82 $\pm$ 9,8	24	
4	0,6			83 $\pm$ 24,3	23	
5	0,8			85 $\pm$ 11,2	22	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium, 2026.

Berdasarkan Tabel 4.4, konsentrasi awal TSS air sungai tercatat sebesar 108 mg/L. Pada kondisi Tanpa penambahan biokoagulan, pengadukan 120/30 rpm menurunkan TSS menjadi 90 mg/L (17%) dan pengadukan 150/30 rpm menjadi 94 mg/L (13%). Penurunan ini disebabkan efek mekanis pengadukan yang membantu penggabungan dan pengendapan partikel tersuspensi.

Untuk mengetahui validitas pengaruh dosis koagulan terhadap kadar TSS pada variasi kecepatan pengadukan yang berbeda, dilakukan analisis uji statistik menggunakan uji *Two-Way* ANOVA yang tertera pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Uji Statistik Parameter TSS pada pengadukan 120 dan 150 rpm.

Dosis	Kecepatan pengadukan	Nilai TSS awal (mg/L)	Nilai TSS akhir (mg/L)	f-hitung (anova)	Sig. (Anova)
0	120 rpm/30 rpm	108	90	8,009	< 0,001
0,2			49		
0,4			63		
0,6			65		
0,8			72		
0	150 rpm/30 rpm	108	94		
0,2			55		
0,4			82		
0,6			83		
0,8			85		

Sumber: Hasil Analisis Data SPSS, 2026

*signifikan pada level 5% atau $< 0,05$

Berdasarkan hasil uji ANOVA pada Tabel 4.5, variasi dosis berpengaruh signifikan terhadap penurunan TSS ($F = 8,099; p < 0,001$). Data penelitian

menunjukkan bahwa dosis 0,2 g/L merupakan dosis yang paling efektif dalam menyisihkan TSS dibandingkan kontrol.

Pembubuhan biokoagulan serbuk biji alpukat dosis 0,2 g/L pada pengadukan 120/30 rpm menghasilkan penurunan TSS terbesar yaitu 49 mg/L dan efisiensi sebesar 55%. Kadar akhir ini memenuhi baku mutu air nasional (50 mg/L) sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI Halaman 1. Destabilisasi dicapai melalui mekanisme netralisasi muatan oleh gugus kationik polimer alami biji alpukat terhadap koloid negatif suspensi. Sebaliknya, perlakuan pada pengadukan 150/30 rpm dengan dosis 0,2 g/L menghasilkan kadar TSS akhir sebesar 55 mg/L dengan efisiensi penyisihan yang lebih rendah (49%), sehingga konsentrasi tersebut belum memenuhi standar baku mutu. Kegagalan ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi awal sampel serta fenomena pemecahan flok akibat gaya geser mekanis yang berlebihan pada kecepatan 150 rpm. Temuan ini sejalan dengan penelitian Rahman (2022), yang juga menggunakan biokoagulan biji alpukat untuk menyisihkan parameter TSS pada air limbah domestik dengan efisiensi mencapai 87,06%. Efektivitas reduksi polutan ini erat kaitannya dengan ukuran partikel biokoagulan yang digunakan. Dimensi partikel yang lebih kecil meningkatkan luas permukaan spesifik dan intensitas kontak antarpartikel koloid, sehingga mengoptimalkan proses destabilisasi dan pembentukan flok.

Peningkatan dosis ke 0,4 g/L sampai 0,8 g/L justru menurunkan efisiensi penyisihan. Pada pengadukan 120 rpm, kadar TSS akhir tercatat 63 mg/L (efisiensi 42%) pada dosis 0,4 g/L, 65 mg/L (40%) pada dosis 0,6 g/L, dan 72 mg/L (33%) pada dosis 0,8 g/L. Sementara itu, pada pengadukan 150 rpm, kadar TSS meningkat menjadi 82 mg/L (24%) pada dosis 0,4 g/L, 83 mg/L (23%) pada dosis 0,6 g/L, dan 85 mg/L (22%) pada dosis 0,8 g/L. Seluruh nilai ini melampaui baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 (50 mg/L). Lonjakan TSS dipicu oleh restabilisasi koloid akibat pembalikan muatan serta kontribusi padatan organik dari sisa serbuk biokoagulan yang tidak berikatan. Menurut Khusnani dkk (2024), kenaikan nilai TSS pada konsentrasi yang melebihi dosis optimum terjadi karena seluruh koloid pengotor telah dinetralkan secara sempurna dan mengendap pada tingkat pembubuhan tertentu. Hal ini menunjukkan, mekanisme serupa juga berlaku

pada penelitian ini, di mana dosis optimum secara signifikan berpengaruh tercapai pada 0,2 g/L pada pengadukan 120/30 rpm. Pada dosis tersebut, koloid pengotor telah dinetralkan secara efektif sehingga pembubuhan di atas nilai ini tidak lagi meningkatkan efisiensi, melainkan menambah akumulasi padatan tersuspensi dari sisa biokoagulan. Ketika dosis ditingkatkan menjadi 0,4–0,8 g/L, kelebihan partikel biokoagulan tidak lagi berinteraksi dengan koloid bermuatan berlawanan karena sebagian besar koloid pengotor telah dinetralkan pada dosis optimum. Sisa serbuk biokoagulan yang tidak berikatan kemudian melayang sebagai padatan tersuspensi baru, sehingga meningkatkan kembali kadar TSS pada hasil akhir pengukuran.

Menurut Fitrah dkk (2025), reduksi kembali kadar TSS pada dosis tinggi terjadi melalui mekanisme koagulasi sapuan, di mana jaringan polimer organik yang padat menjaring koloid secara fisik selama proses pengendapan. Fluktuasi TSS ini mencerminkan adanya interaksi simultan antara mekanisme sapuan dan akumulasi padatan residu, yang pada akhirnya membatasi pencapaian standar regulasi. Hal ini menegaskan bahwa peningkatan dosis biokoagulan tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan efisiensi penyisihan.

Keberhasilan dosis 0,2 g/L dalam menekan kadar TSS hingga memenuhi baku mutu (49 mg/L) membuktikan efektivitas biokoagulan ini. Namun, karena 0,2 g/L merupakan dosis perlakuan terkecil yang diuji, pengujian pada rentang dosis di bawah 0,2 g/L tetap perlu dilakukan untuk mengetahui batas dosis minimal yang paling ekonomis dan efisien dalam memenuhi baku mutu.

4.1.3 Parameter pH

Hasil pengolahan air sungai setelah penambahan biokoagulan serbuk biji alpukat dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Efektivitas Biokoagulan dan Variasi Kecepatan Terhadap penstabilan konsentrasi pH

No.	Dosis	Kecepatan pengadukan	Nilai pH awal	Mean $\pm$ SD	Standar Baku mutu
1	0	120 rpm/30 rpm	7,2	7,4 $\pm$ 0,3	6.5 – 8.5
2	0,2			7,5 $\pm$ 0,3	
3	0,4			7,6 $\pm$ 0,2	
4	0,6			7,6 $\pm$ 0,1	
5	0,8			7,6 $\pm$ 0,2	
1	0	150 rpm/30 rpm	7,2	7,1 $\pm$ 0,2	6.5 – 8.5
2	0,2			7,7 $\pm$ 0,2	
3	0,4			7,5 $\pm$ 0,1	
4	0,6			7,7 $\pm$ 0,2	
5	0,8			7,7 $\pm$ 0,3	

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium, 2026

Untuk mengetahui validitas pengaruh pembubuhan dosis terhadap nilai derajat keasaman air secara matematis, dilakukan analisis uji statistik menggunakan uji *Two-Way ANOVA* yang disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Uji Statistik pada kestabilan pH pada pengadukan 120 dan 150 rpm

Dosis	Kecepatan pengadukan	Nilai pH awal	Nilai pH akhir (mg/L)	f-hitung (anova)	Sig. (Anova)
0	120 rpm/30 rpm	7,2	7,4	3,281	< 0,032*
0,2			7,5		
0,4			7,6		
0,6			7,6		
0,8			7,6		
0	150 rpm/30 rpm	7,2	7,1	3,281	< 0,032*
0,2			7,7		
0,4			7,5		
0,6			7,7		
0,8			7,7		

Sumber: Hasil Analisis Data SPSS, 2026

*signifikan pada level 5% atau <0,05

Berdasarkan hasil uji analisis statistik pada Tabel 4.7, variasi dosis berpengaruh signifikan terhadap nilai pH ($F = 3,281$; $p = 0,032$). Meskipun berpengaruh secara statistik, fluktuasi angka pH yang terjadi antarperlakuan tergolong sangat kecil, sehingga pH air setelah proses pengolahan berada dalam rentang yang aman dan stabil.

Jika ditinjau dari fluktuasi nilainya, pH akhir pada seluruh variasi perlakuan terpantau sangat stabil dalam kisaran angka 7,1–7,7. Kondisi ini membuktikan bahwa variasi kecepatan pengadukan tidak merusak ikatan kimia larutan ataupun memicu perubahan drastis pada sifat asam-basa air sungai. Kestabilan ini sangat menguntungkan karena mampu mendukung terjadinya interaksi stoikiometri yang seimbang antara gugus fungsi aktif serbuk biji alpukat dengan ion air sungai. Namun, khusus pada skema pengadukan cepat 150 rpm, tingginya gaya geser mekanis akibat agitasi kecepatan tinggi sedikit mengacaukan kesetimbangan asam-basa di dalam sistem larutan. Dampaknya, pelepasan maupun pengikatan ion hidrogen (H^+) menjadi tidak konstan, yang pada akhirnya memicu sedikit fluktuasi nilai pH akhir.

Nilai pH meningkat setelah koagulasi, namun belum melebihi batas minimum baku mutu (Robiah dkk., 2026). Hal ini terjadi karena kondisi sistem yang telah jenuh, sehingga tidak semua partikel biokoagulan dapat membentuk ikatan elektrostatik dengan ion air baku. Akibatnya, terdapat tumpukan sisa partikel biokoagulan yang melayang bebas di dalam air. Keberadaan gugus fungsi aktif kationik (seperti gugus amina) yang berlebih dan tidak berikatan ini memberikan pengaruh terhadap kesetimbangan ionik larutan, yang pada akhirnya memicu kenaikan nilai pH pada pembubuhan dosis tinggi. Meskipun terjadi kecenderungan kenaikan nilai pH akhir pada dosis tinggi (mencapai 7,6 pada pengadukan 120 rpm dan 7,7 pada pengadukan 150 rpm), seluruh nilai parameter tersebut ditegaskan masih sangat aman. Akumulasi nilai pH akhir pengujian tersebut secara keseluruhan masih berada dalam rentang ambang batas baku mutu air nasional yang dipersyaratkan, yaitu 6,5 – 8,5 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Pada dasarnya, pemenuhan ambang batas pH ini sangat krusial karena jika air sungai terlalu asam atau terlalu basa, proses pemulihan alami secara biologis di

dalamnya akan terhambat. Hal ini sejalan dengan prinsip Metcalf dan Eddy (2003), yang menegaskan bahwa stabilitas pH adalah faktor kunci. Fluktuasi pH yang ekstrem tidak hanya mengganggu aktivitas biologis mikroorganisme akuatik, tetapi juga dapat merusak keseimbangan ekosistem dan menurunkan daya dukung lingkungan perairan tersebut.

Meskipun pH akhir tergolong stabil pada rentang netral (7,1- 7,7), pengujian variasi pH awal air sungai (pH 5-9) tetap perlu dilakukan. Hal ini penting untuk mengetahui tingkat keasaman yang paling pas agar zat aktif biji alpukat dapat bekerja secara maksimal.

4.2 Penentuan Kondisi Optimum Dosis Biokoagulan dan Kecepatan Pengadukan Cepat

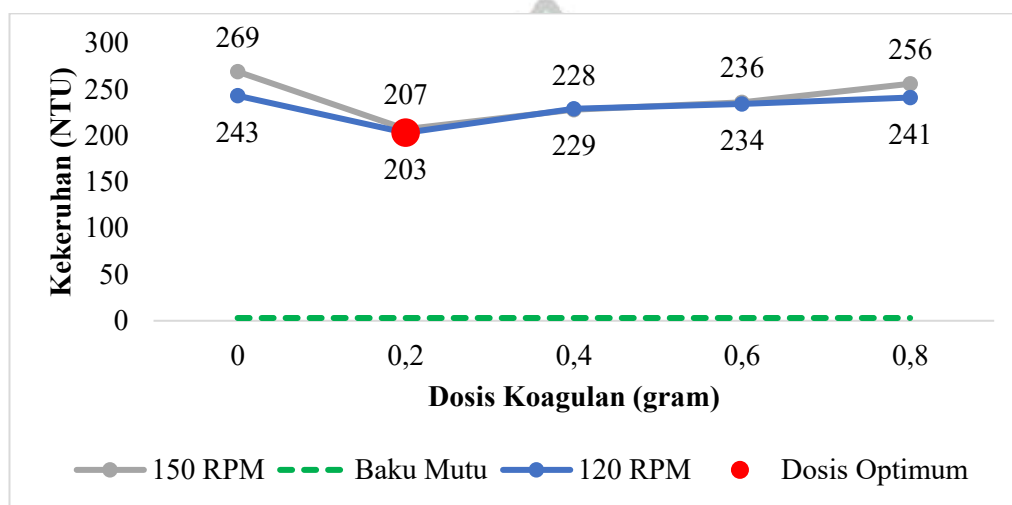
Penentuan kondisi operasional optimum pada proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan mengevaluasi perpaduan antara dosis serbuk biji alpukat (0–0,8 g/L) dan kondisi kecepatan pengadukan cepat (120 rpm serta 150 rpm). Evaluasi ini bertujuan untuk menetapkan titik kerja terbaik yang mampu menghasilkan efisiensi penyisihan polutan secara maksimal, mencegah pemecahan flok (*floc breakage*) akibat gaya geser mekanis, serta menjaga stabilitas pH air Sungai Krueng Daroy agar memenuhi baku mutu lingkungan yang berlaku. Pembahasan mengenai penentuan kondisi optimum pada masing-masing parameter kualitas air diuraikan sebagai berikut:

4.2.1 Penurunan parameter kekeruhan

Hasil uji ANOVA pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa variasi dosis biokoagulan berpengaruh signifikan terhadap penurunan kekeruhan ($F = 4,762$; $p = 0,007$), sedangkan variasi kecepatan pengadukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($F = 1,390$; $p = 0,252$). Penurunan kekeruhan paling optimal dicapai pada dosis 0,2 g/L dengan pengadukan 120 rpm, yang mampu menurunkan kekeruhan dari 373 NTU menjadi 203 NTU (efisiensi 46%). Secara deskriptif, peningkatan kecepatan ke 150 rpm menunjukkan sedikit kenaikan nilai kekeruhan menjadi 207 NTU (efisiensi 44%). Meskipun kenaikan ini secara statistik tidak berbeda nyata ($p > 0,05$), kecenderungan tersebut mengindikasikan bahwa

pengadukan 120 rpm sudah cukup optimal dan pengadukan yang lebih cepat tidak memberikan peningkatan kinerja. Sementara itu, penambahan dosis melebihi titik optimum (0,2 g/L) menaikkan nilai kekeruhan secara signifikan akibat fenomena penstabilan kembali koloid, dengan kekeruhan tertinggi terjadi pada dosis 0,8 g/L (256 NTU dengan efisiensi 28%).

Gambar grafik perbandingan variasi pengadukan terhadap penurunan parameter kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan Terhadap penurunan kekeruhan

4.2.2 Penurunan parameter *Total Suspended Solid* (TSS)

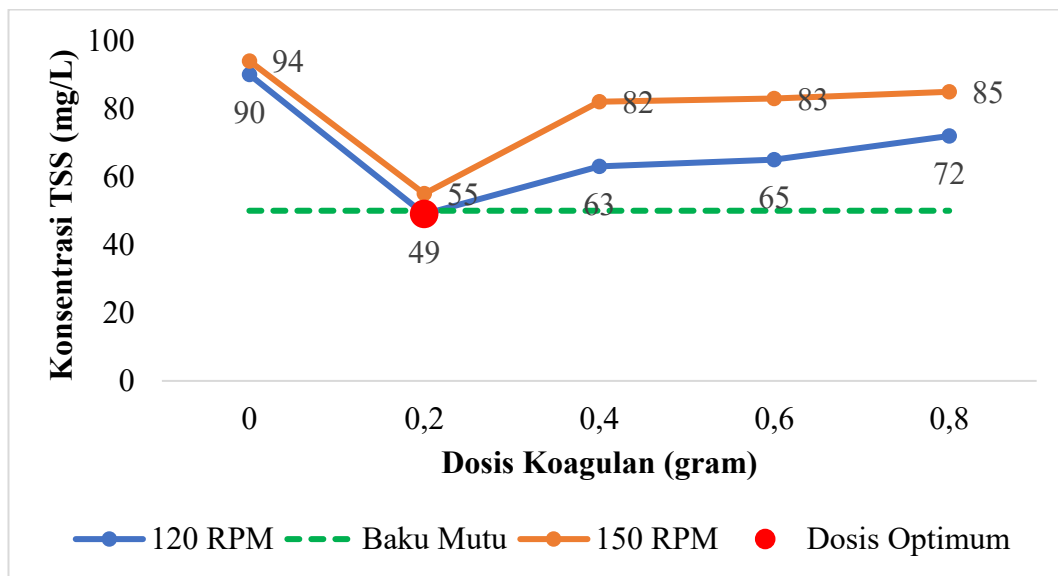
Konsentrasi awal TSS pada air Sungai Krueng Daroy tercatat sebesar 108 mg/L, nilai ini melampaui baku mutu yang berlaku. Sehingga diperlukan pengolahan menggunakan biokoagulan serbuk biji alpukat. Selain itu, dilakukan variasi kecepatan pengadukan untuk menilai adanya perbedaan pada hasil pengolahan.

Waktu dan kecepatan pengadukan terbukti memengaruhi efektivitas penyisihan TSS. Efisiensi optimal dicapai ketika pengadukan dilakukan pada durasi yang sesuai, yaitu saat flock mencapai ukuran maksimum. Jika pengadukan berlangsung terlalu lama, flock yang terbentuk akan rusak sehingga menurunkan efisiensi. Demikian pula, kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat memecah flock, sedangkan kecepatan yang terlalu rendah tidak mampu memicu tumbukan

antarpartikel secara memadai, sehingga pembentukan flok menjadi kurang sempurna (Azizah dkk., 2021).

Merujuk pada Tabel 4.3, variasi kecepatan pengadukan cepat memengaruhi penurunan TSS. Tanpa biokoagulan (0 g/L), pengadukan 120/30 rpm menyisakan TSS 90 mg/L (17%), sedangkan 150/30 rpm menyisakan 94 mg/L (13%). Hasil optimum dicapai pada dosis 0,2 g/L dengan pengadukan 120/30 rpm, di mana kadar TSS turun drastis menjadi 49 mg/L (55%). Capaian ini menjadi satu-satunya variasi yang memenuhi standar baku mutu (< 50 mg/L). Sebaliknya, pada 150/30 rpm dengan dosis yang sama, TSS hanya turun menjadi 55 mg/L (49%) akibat gaya geser mekanis yang terlalu kuat memecah flok. Peningkatan dosis ke 0,4 g/L sampai 0,8 g/L justru menaikkan kembali kadar sisa TSS. Pada kecepatan 120 rpm, TSS naik menjadi 63 mg/L dengan efisiensi 42% pada dosis 0,4, pada dosis 0,6 meningkat menjadi 65 mg/L dengan efisiensi 40% dan pada dosis 0,8 meningkat menjadi 72 mg/L (efisiensi 33%), sedangkan pada 150 rpm melonjak ke 82 mg/L (24%) pada dosis 0,4 hingga 85 mg/L (22%) pada dosis 0,8. Fenomena pembalikan muatan akibat kelebihan dosis ini memicu gaya tolak-menolak antarpartikel, ditambah sisa serbuk yang tidak larut melayang sebagai padatan baru.

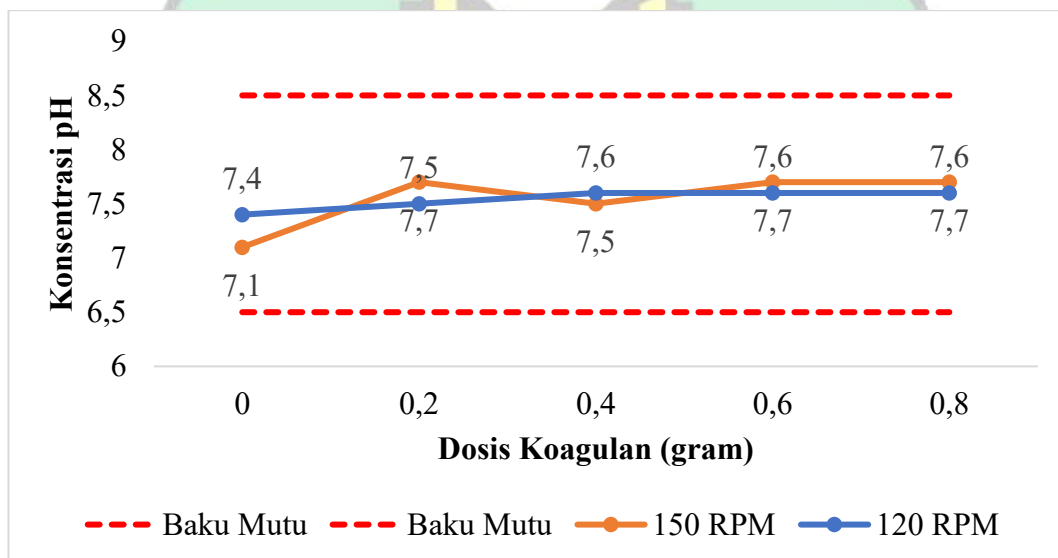
Berdasarkan hasil pengujian, kondisi optimum secara signifikan dicapai pada pembubuhan dosis serbuk biji alpukat sebesar 0,2 g/L dengan kecepatan pengadukan 120/30 rpm. Data menunjukkan bahwa hanya variasi perlakuan tunggal ini yang berhasil menekan nilai TSS hingga memenuhi standar baku mutu lingkungan (< 50 mg/L), sedangkan seluruh variasi dosis dan kecepatan lainnya menghasilkan nilai akhir TSS yang masih melampaui ambang batas regulasi. Menurut Badawi dkk. (2024), fenomena ini membuktikan bahwa dosis biokoagulan dan kecepatan pengadukan merupakan faktor krusial yang saling memengaruhi efisiensi penyisihan parameter TSS. Struktur flok yang ideal dan mudah mengendap hanya dapat terbentuk jika kombinasi agitasi mekanis dan dosis koagulan berada pada titik yang presisi. Pergeseran kecil dari kondisi optimum tersebut akan langsung menurunkan efisiensi penyisihan, sekaligus memicu fluktuasi nilai sisa TSS di akhir pengolahan. Grafik perbandingan variasi kecepatan pengadukan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Variasi Kecepatan Terhadap Penurunan Konsentrasi TSS

4.2.3 Parameter pH

Berdasarkan pengujian awal, nilai pH air Sungai Krueng Daroy tercatat sebesar 7,2. Sampel air sungai tersebut kemudian diolah menggunakan metode koagulasi-flokulasi melalui pembubuhan biokoagulan serbuk biji alpukat yang dikombinasikan dengan variasi kecepatan pengadukan. Hasil akhir dari proses pengolahan ini secara detail disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Variasi Pengadukan Kecepatan Cepat Pada Penstabilan pH

Berdasarkan gambar tersebut, skema pengadukan 120/30 rpm dan 150/30 rpm menghasilkan nilai pH yang berbeda. Walaupun dilakukan pembubuhan biokoagulan serbuk biji alpukat, kondisi pH air sungai pasca-pengolahan terpantau stabil dan tetap memenuhi standar baku mutu yang berlaku. Karakteristik pH air sungai yang berada pada rentang netral ini sangat krusial guna menjaga efektivitas dan kelancaran proses koagulasi-flokulasi. Air dengan kesadahan tinggi dan pH tidak netral dapat menimbulkan kerusakan pada sistem perairan, seperti terbentuknya endapan atau kerak, yang mengganggu efisiensi proses pengolahan. (Husaini dkk., 2020).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Efektivitas serbuk biji alpukat sebagai biokoagulan terbukti baik dalam menurunkan kandungan TSS dan menjaga stabilitas pH air sungai hingga memenuhi standar baku mutu, meskipun penurunan kekeruhan belum optimal memenuhi regulasi. Penambahan biokoagulan mampu mereduksi konsentrasi TSS sebesar 55% (dari 108 mg/L menjadi 49 mg/L) sehingga memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021, menyisihkan kekeruhan sebesar 46% (dari 373 NTU menjadi 203 NTU), serta mempertahankan derajat keasaman pada rentang netral yang stabil (pH 7,1–7,7). Analisis statistik *Two-Way* ANOVA mengonfirmasi bahwa variasi dosis berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter kualitas air, yaitu kekeruhan ($p = 0,007$), TSS ($p < 0,001$), dan pH ($p = 0,032$).
2. Kondisi operasional optimum koagulasi-flokulasi tercapai pada pembubuhan dosis 0,2 g/L dengan kecepatan pengadukan cepat 120 rpm. Kecepatan pengadukan 120 rpm terbukti lebih optimum dibanding 150 rpm karena mampu mencegah pemecahan flok (*floc breakage*) dan berpengaruh signifikan terhadap penurunan TSS ($p < 0,05$), sehingga menghasilkan efisiensi penyisihan tertinggi untuk parameter TSS (55%) dan kekeruhan (46%).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dan keterbatasan dalam penelitian ini, beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan ke depan adalah:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menguji rentang dosis yang lebih kecil seperti 0,05 g/L; 0,10 g/L; 0,15 g/L; 0,20 g/L; 0,25 g/L; dan 0,30 g/L,

untuk mengetahui ambang batas minimum efektivitas serta menentukan titik dosis optimum biokoagulan secara lebih presisi.

2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan ekstrak biji alpukat dibanding serbuk mentah, agar senyawa aktif lebih mudah larut dan menurunkan kekeruhan serta padatan tersuspensi.
3. Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penelitian untuk menentukan pH optimum. Hal ini penting untuk mengetahui tingkat keasaman yang paling efektif bagi serbuk biji alpukat dalam menurunkan kekeruhan dan TSS.



DAFTAR PUSTAKA

- Adinda, R dan Raden, K. H. P. (2025). Efektivitas Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Bioadsorben Biji Alpukat dan Kulit Durian dalam Menyisihkan Kromium Limbah Pencucian Sablon. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkunga*, 16 (2), 60-66.
- Ainindia, N. B., Dewi, T. U dan Astuti, U. P. (2025). Efektivitas Penggunaan Biokoagulan Biji Alpukat (*Persea americana m.*) dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Air Limbah Industri Tahu. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 8 (1).
- Akbar, A., Bahagia., Irhamni., dan Zulkifli. (2020). Pengolahan Air Sungai Krueng Daroy Banda Aceh Menggunakan Biofilter Sarang Tawon. *urnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, 3 (2).
- Ambarwati, R., dan Rustiani, E. (2022). Formulasi dan Evaluasi Nanopartikel Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) Dengan Polimer Plga. *Majalah Farmasetika*, 7(4), 305–313.
- Ananda, G., Pratama, P., Dewi, E., Meidinariasty, A., dan Sriwijaya, P. N. (2021). Proses Pengolahan Air Pada Prasedimentasi Ditinjau dari Laju Alir dan Waktu Pengendapan Di PLTG Borang. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 1(8), 339–343.
- Anwar, Y. W. (2025). Pengaruh Pencemaran Air Sungai Terhadap Kesehatan Lingkungan Dan Masyarakat : *Literature Review*. 6, 5061–5073.
- Assha, S. H., Adzillah, W. L dan Amanah, N. (2025). Efektivitas Gabungan Biji Asam Jawa dan Biji Alpukat sebagai Biokoagulan dalam Menurunkan Parameter Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 13 (2), 108-118.
- Ayuningdya, M. G., Putri, S. H., dan Mardawati, E. (2023). Formulasi Krim Body Scrub berbasis Ekstrak Kulit Buah Alpukat (*Persea americana M.*). *Biomass, Biorefinery and Bioeconomy*, 1(2), 99–108.
- Azizah, N., Masrulita., Suryati., Meriatna., dan Bahri, S. (2021). Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Dosis Penambahan Koagulan Alami Dari Selulosa Kulit Biji Bunga Matahari (*Helianthus Annus L*) Terhadap

- Penurunan Kadar Tss Dan Tds. *Chemical Engineering Journal Storage*, 1(2), 11–23.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). Metode pengujian koagulasi flokulasi dengan cara jar (SNI 19-6449-2000). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2005). Air dan air limbah – Bagian 25: Cara uji kekeruhan dengan nefelometer (SNI 06-6989.25-2005). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter (SNI 6989.11:2019). Jakarta: BSN.
- Badawi, A. K., Hassan, R., Farouk, M., Bakhoun, E. S., dan Salama, R. S. (2024). Optimizing the coagulation / flocculation process for the treatment of slaughterhouse and meat processing wastewater : experimental studies and pilot-scale proposal. *International Journal of Environmental Science and Technology*.
- Diver, D., Nhapi, N., dan Ruziwa, W. R. (2023). The potential and constraints of replacing conventional chemical coagulants with natural plant extracts in water and wastewater treatment. *Environmental Advances*, 13, 100421.
- Djarmiko, A., Dermawan, V., dan Yuliani, E. (2025). Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator Penilaian Kualitas Air Dengan Pendekatan Berbasis Ekohidrolik Pada Segmen Hulu Dari Sub DAS Konto Hulu Kabupaten Malang
Macroinvertebrates as Bioindicators of Water Quality Assessment with an Ecohydraulic-Based Appro. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 05(02), 924–933.
- Dwidewitra, R. P., Huda, M. M., dan Rachmanto, T. A. (2024). Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Proses Pengolahan Air Di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, 2(2), 145–153.
- Fahni, Y., Sufra, R., Ahmad, I. M., dan Fadhila, S. (2023). Pengaruh penambahan koagulan terhadap laju sedimentasi pada proses sedimentasi larutan tepung maizena. *Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(1), 17–22.
- Fitrah, M. A., Kasim, S., Saleh, M., dan Thohira, M. C. (2025). Biokoagulan

- Sebagai Teknologi Koagulasi Untuk Pengendalian Kekeruhan Pada Pengolahan Air : Sebuah Tinjauan Sistematis. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 25(2), 195–210.
- Hardina, E., dan Wahyuni, D. (2024). Study on Water Quality of Sekadau River Using Pollution Index Method. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(2), 66–74.
- Hartati, S., Yunus, A., Yuniastuti, E., dan Pujiasmanto, B. (2022). Diversifikasi Tanaman Pekarangan Dengan Tanaman Alpukat untuk Meningkatkan Gizi Keluarga. *Jurnal SEMAR (Jurnal Ilmu Pengetahuan, Teknologi, Dan Seni Bagi Masyarakat)*, 11(2), 161–166.
- Hendrasarie, N., R, F., Kokoh, R. H., dan Andika, A. (2021). Kombinasi Proses Koagulasi-Flokulasi Dengan Sequencing Batch Reactor Untuk Menurunkan Kandungan Organik Pada Limbah Batik. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 7 (2), 131–139.
- Heryadi, E., Asriani, M., Arfyani, A. N., Dan Fathoni, R. (2025). Optimalisasi Koagulan Untuk Penurunan Kadar Fe Dan Cu Pada Air Sumur Bor Fakultas Teknik Universitas Mulawarman. *Seminar Nasional Rekayasa Tropis*, 5(1), 114.
- Husaini, A., Yenni, M., dan Wuni, C. (2020). Efektivitas Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur di Kecamatan Kota Baru Kota Jambi. *Jurnal Formil (Forum Ilmiah) KesMas Respati*, 5(2), 91–102.
- Ismaini, Tosani, N dan Sutanto, D.(2024). Perbandingan unjuk kinerja berbagai tipe pH-meter digital pada pengujian sampel tanah dan air berdasarkan ISO 17025:2017 Ismaini1). *Jurnal Penelitian Sains*, 26 (1), 30–39.
- Junaedi, M. (2022). Sanitasi, Pengelolaan dan Akses Air Bersih Untuk Peningkatan Kesehatan di Indonesia. *Jurnal Tampiasih*, 1(1), 6–10.
- Kaempe, H., S., Komansilan, S., Rumondor, H. P. M. (2023). Phytochemical Screening Of Avocado (Persea Americana Mill) Peel Extract As Traditional Medicine. *Pharmacon-Program Studi Farmasi, Fmipa, Universitas Sam Ratulangi*, 12 (2), 223-228.
- Khairati, M., dan Sutri, R. (2025). Analisis Penentuan Koagulan Dan Dosis Optimum Pada Proses Koagulasi – Flokulasi Dalam Pengolahan Air. *Analysis*

Of Coagulant Type And Optimum Dosage In The Coagulation – Flocculation Process For Water. 22(1), 27–36.

- Khusnani, E. S., Marsum, dan Ma'ruf, F. (2024). Efektivitas Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Biokoagulan dalam Penurunan Kadar Fosfat pada Air Limbah Laundry. *Buletin Kesehatan Lingkungan Masyarakat*, 43 (4), 202–210.
- Kirana, B. C., Imawati, M. F., dan Aprilia, A. E. (2023). Perbandingan Kadar Flavonoid Ekstrak Etanol Daun dan Kulit Buah Alpukat (*Persea Americana* Mill). *JUKEJ: Jurnal Kesehatan Jompa* 2(2).
- Lidi, I. M., Mulyanto, M. M., Kusumaningtyas, F. T., dan Lewerissa, K. (2020). Penambahan Tepung Biji Alpukat sebagai Sumber Antioksidan pada Makanan Sereal. Skripsi: Jawa Tengah, Indonesia.
- Li, Y., Xu, Z., Zhan, X., dan Zhang, T. (2024). Summary of Experiments and Influencing Factors of Sediment Settling Velocity in Still Water. *Water (Switzerland)*, 16(7),
- Mansuada, K. L. R., Abdullah, S. S dan Tunggal, R. I. (2023). Stabilitas Fisik Krim Ekstrak Kulit Buah Alpukat Dengan Variasi Perbandingan Asam Stearat dan Trietanolamin. *Jurnal MIPA* 12 (1) 16 - 21.
- Marsha, A. (2020). Evaluation of the disinfection system at LCW Sleman Nogotirto Unit [Evaluasi sistem disinfeksi pada PDAM Sleman Unit Nogotirto]. *Repository Universitas Islam Indonesia*.
- Metcalf, dan Eddy. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. New York.
- Munggaran, G. A., Sg, H., Zen, A., Latifah, N., dan Romdhona, N. (2024). Identifikasi Pencemaran Air berdasarkan Parameter Kekeruhan , pH , dan Warna di Situ Pamulang Identification of Water Pollution Based on Turbidity, pH , and Color Parameters in. *Health Safety and Environment Journal*, 3(1), 43–49.
- Na'imah, N., Taryana, D., dan Purwanto. (2023). Pemetaan distribusi Total Suspended Solid (TSS) di Waduk Gondang Lamongan menggunakan citra landsat multi temporal. *Jurnal Integrasi Dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu*

- Sosial (JIHI3S)*, 3(11), 1207–1228.
- Notonugroho, O. J., Kahendran, M. F., Wiwiyanti, A. B., Nauval, D., Arif, C. A., dan Kurniawan, A. (2022). Efek Kecepatan Pengendapan terhadap Perencanaan Unit Sedimentasi Primer pada Pengolahan Air Lindi. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(2), 3.
- Rahman, I. (2022). Pemanfaatan Biji Alpukat (Persea Americana Mill) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik (Grey Water) Di Gampong Ateuk Pahlawan Kota Banda Aceh. Skripsi.
- Rahmat, F. Al, Sunarya, U., dan Tulloh, R. (2018). Prototipe Robot Kapal Pengukur Tingkat PH dan Turbiditas Air Berbasis Metode Modified Fuzzy. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14(1), 43–50.
- Risnawati, J. (2024). *Pemanfaatan Ekstrak Biji Alpukat (Persea americana Mill.) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Air Limbah Industri Tahu*. Skripsi: Makassar.
- Robiah, Melani, A., dan Pratama, P. (2023). Limbah Cangkang Kepiting sebagai Biokoagulan pada Sistem Water Treatment (Kajian Pengaruh Variasi Jenis dan Konsentrasi Koagulan, Kecepatan Pengadukan). *Jurnal Inovator*, 6(2), 50–55.
- Rizal, Z., Abida, I. W., Dan Putri, R. R. (2025). Kandungan Biological Oxygen Demand (Bod) Dan Total Suspended Solid (Tss) Pada Aliran Sungai Desa Klampar Kecamatan Proppo Kabupaten Pamekasan. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Seri Iii Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Terbuka*. 2(1), 755–761.
- Rizqullah, T. A., Budiono, A., dan Yulianto, E. (2025). Penentuan Dosis Optimal Koagulan Dan Flokulan Dengan Mengontrol Ph Pada Unit Waste Water Treatmen Plant Pt Paiton Operation dan Maintenance Indonesia. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 11(1), 201–207.
- Sabillah, I., Adiono, M., Suaebah, E., dan Rohmawati, L. (2025). Efektivitas Alumunium Sulfat Dalam Mengurangi Kekeruhan Air Pada Uji Jar Test Pt. Hanarida Tirta Birawa Sidoarjo. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 14(492), 21–26.
- Safitri, S., Jubaidah, S., dan Nurhasnawati, H. (2024). Penetapan Kadar

- Proantosianidin Ekstrak Etanol Biji Alpukat (*Persea americana* Mill .) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Acta Holistica Pharmaciana*, 6 (1), 24–38.
- Sarmila, Tanggapili, H. P., Melini, A., dan Isrul, M. (2021). Review : Potensi Ekstrak Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill) Sebagai Bahan Aktif Formulasi Masker Peel-Off. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 7 (1).
- Sebayang, S., Rayendra, R., Wientarsih, I., dan Priosoeryanto, B. P. (2024). Potensi Tanaman Alpukat (*Persea americana* Mill) dalam Bidang Dermatologi. *Jurnal Veteriner dan Biomedis*, 2(2), 79–85.
- Solikhah, S., Nurhidayah, S., K., dan Solikhatin, W. L. A. (2024). Analysis of the Thickness of Simple Water Filtration Components on Water Clarity as a Science Learning Media Saskiyatun. *SHEs: Conference Series*, 7(3), 1–23.
- Tangeb, I Gede, Y. S., Supriatna, Dan Pranowo, W. S. (2023). Dinamika Total Suspended Solid (Tss) Berdasarkan Citra Landsat 8 Oli Pada Alur Pelayaran Pelabuhan Patimban, Subang, Jawa Barat. *Jurnal Kelautan Nasional*, 18(2), 79–88.
- Umayyah. (2024). *Pemanfaatan Biji Alpukat (Persea Americana Mill) Melalui Proses Koagulasi-Flokulasi Untuk Menurunkan Parameter Cod Dan Tss Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan (Rph)*. Skripsi: Banda Aceh.
- Wijayaa, Y. N., Potalangi, J. G. (2024). Kualitas Air Sungai Di Sulawesi Utara : Systematic Literature Review. *TEKNO*, 22(90).
- Yonar, M dan Luthfi, O., M. (2021). Dinamika Total Suspended Solid (TSS) Di Sekitar Terumbu Karang Pantai Damas, Trenggalek Dynamics Of Total Suspended Solid (TSS) Around Coral Reef Beach Damas, Trenggalek. 10 (February).

LAMPIRAN

Lampiran 1: Tabel Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Jadwal Penelitian																											
		Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	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																												

Lampiran 2: Hasil Perhitungan TSS

Rumus Perhitungan TSS

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1.000}{V}$$

Keterangan:

W_0 = berat awal kertas saring (mg)

W_1 = berat kertas saring + residu kering (mg)

v = volume contoh uji (mL)

Kadar Awal TSS Air Sungai Sebelum Penambahan Biokoagulan

$$\begin{aligned}\text{TSS (mg/L)} &= \frac{(W_1 - W_0) \times 1.000}{V} \\ &= \frac{(0,2904 - 0,2796) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 108 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

1. Kadar Akhir TSS Air Sungai Setelah Penambahan Biokoagulan

• Pengadukan 120 rpm/30 rpm

a. Perlakuan dengan dosis 0 gr/L

$$\begin{aligned}\text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2771 - 0,2678) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 93 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

b. Perlakuan dengan dosis 0,2 gr/L

$$\begin{aligned}\text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2761 - 0,2721) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 40 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

c. Perlakuan dengan dosis 0,4 gr/L

$$\begin{aligned}\text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2772 - 0,2719) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 53 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

d. Perlakuan dengan dosis 0,6 gr/L

$$\begin{aligned}\text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2798 - 0,2731) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 67 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- e. Perlakuan dengan dosis 0,8 gr/L

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2715 - 0,2630) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 85 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

• **Pengadukan 150 rpm/30 rpm**

- a. Perlakuan dengan dosis 0 gr/L

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2762 - 0,2671) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 91 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- b. Perlakuan dengan dosis 0,2 gr/L

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2802 - 0,2760) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 42 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- c. Perlakuan dengan dosis 0,4 gr/L

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2825 - 0,2754) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 71 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- d. Perlakuan dengan dosis 0,6 gr/L

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2789 - 0,2738) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 55 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- e. Perlakuan dengan dosis 0,8 gr/L

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,2765 - 0,2676) \times 1000}{0,1 \text{ L}} \\ &= 89 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Lampiran 3: Perhitungan Efektivitas Penurunan Parameter kekeruhan dan TSS

1. Menghitung Persentase Penurunan Kekeruhan Pada Dosis Optimum 0,2 gr/L dengan Kecepatan 120 Rpm dan 150 Rpm

$$P\% = \frac{(C_0 - c_e)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase penurunan (%)

C₀ = Konsentrasi awal (mg/L)

C_e = Konsentrasi akhir (mg/L)

- Persentase Perlakuan dengan Dosis 0,2 Pada 120 Rpm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas} &= \frac{(C_0 - c_e)}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(373 \text{ (NTU)} - 193 \text{ (NTU)})}{373 \text{ (NTU)}} \times 100\% \\ &= 48,26\% \end{aligned}$$

- Persentase Perlakuan dengan Dosis 0,2 Pada 150 Rpm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas} &= \frac{(C_0 - c_e)}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(373 \text{ (NTU)} - 197 \text{ (NTU)})}{373 \text{ (NTU)}} \times 100\% \\ &= 47,18\% \end{aligned}$$

2. Menghitung Persentase Penurunan TSS Pada Dosis Optimum 0,2 gr/L dengan Kecepatan 120 Rpm dan 150 Rpm

- Persentase Perlakuan dengan Dosis 0,2 Pada 120 Rpm

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas} &= \frac{(C_0 - c_e)}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(108 \text{ (mg/L)} - 40 \text{ (mg/L)})}{108 \text{ (mg/L)}} \times 100\% \\ &= 62,96\% \end{aligned}$$

- Persentase perlakuan dengan dosis 0,2 pada 150 rpm

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas} &= \frac{(C_0 - c_e)}{C_0} \times 100\% \\ &= \frac{(108 \text{ (mg/L)} - 42 \text{ (mg/L)})}{108 \text{ (mg/L)}} \times 100\% \\ &= 61,11\%\end{aligned}$$



Lampiran 4: Dokumentasi Perlakuan Terhadap Pengolahan Air sungai

4.1 Tahap Pembuatan Serbuk Biji Alpukat

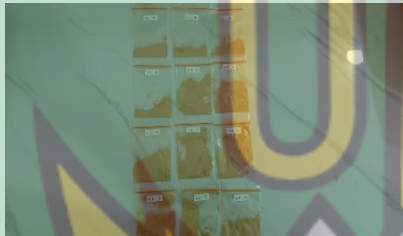
	
Setelah proses pencucian, kulit alpukat dikeringkan melalui penjemuran di bawah sinar matahari hingga mencapai kondisi kering.	Kulit alpukat yang sudah kering kemudian dioven pada suhu 105 °C selama 1 jam.
	
Biji alpukat sesudah dikeringkan dalam oven	Biji alpukat kemudian ditimbang.
	
Biji alpukat di hancurkan sebelum di blender.	Biji alpukat dihaluskan menggunakan belender.



Penyaringan kulit alpukat dengan ayakan 100 mesh.



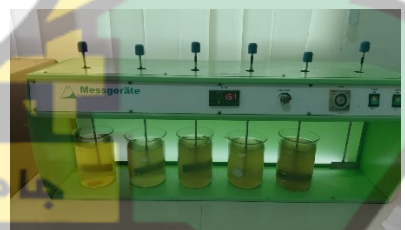
Penimbangan serbuk biji alpukat.

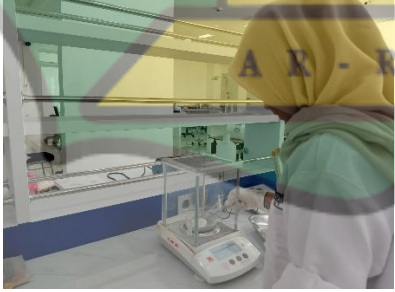


Serbuk biji alpukat setelah ditimbang per dosis



4.2 Tahap Perlakuan Biokoagulan Pada Air Sungai

	
Penyaringan kertas saring menggunakan aquades sebelum penambahan sampel	Kertas saring aquades dioven pada suhu 105 °C selama 1 jam.
	
Pengambilan sampel air sungai krueng daroy	Sampel dimasukkan kedalam beaker glass
	
Beaker glass ditempatkan secara berurutan pada perangkat <i>jar test</i>.	Proses pengadukan dilakukan menggunakan perangkat <i>jar test</i> sesuai kecepatan yang ditentukan.

	
Proses sedimentasi atau pengendapan selama 30 menit.	Hasil pengendapan selama 30 menit.
	
Pengecekan nilai kekeruhan pada sampel air sungai setelah pengendapan.	Salah satu hasil pengukuran nilai kekeruhan air sungai.
	
Proses penyaringan sampel setelah pengendapan.	Kertas saring keseluruhan setelah penyaringan dan dioven selama 1 jam dengan suhu 150°C
	
Kertas saring ditimbang dengan timbangan analitik untuk memperoleh massa residu tersuspensi, sehingga nilai TSS dapat dihitung secara akurat.	Pengecekan nilai pH setelah pengendapan

Lampiran 5: Hasil Analisis Statistik

5.1 Analisis Statistik Pada Parameter Kekeruhan

Tests of Normality								Hasil Uji Normalitas Data Kekeruhan Berdasarkan Variasi Dosis
	Dosis	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Kekeruhan	.00	.262	6	.200 [*]	.837	6	.123	
	.20	.211	6	.200 [*]	.901	6	.383	
	.40	.199	6	.200 [*]	.974	6	.917	
	.60	.267	6	.200 [*]	.898	6	.363	
	.80	.201	6	.200 [*]	.899	6	.370	
*. This is a lower bound of the true significance. a. Lilliefors Significance Correction								
Kekeruhan Tukey HSD ^{a, b}								Hasil Uji Lanjut (Post Hoc Test) Tukey HSD Parameter Kekeruhan
	Dosis	N	Subset					
			1	2				
	.20	6	205.1667					
	.40	6	228.3333		228.3333			
	.60	6	234.8333		234.8333			
	.80	6			248.5000			
	.00	6			256.0000			
	Sig.		.180		.233			
Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 490,367. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6,000. b. Alpha = ,05.								
Tests of Between-Subjects Effects								Hasil Uji ANOVA Dua Arah (Two-Way ANOVA) Parameter Kekeruhan.
Dependent Variable: Kekeruhan								
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared		
Corrected Model	10782.033 ^a	9	1198.004	2.443	.046	.524		
Intercept	1650645.633	1	1650645.633	3366.146	.000	.994		
Dosis	9340.867	4	2335.217	4.762	.007	.488		
RPM	681.633	1	681.633	1.390	.252	.065		
Dosis * RPM	759.533	4	189.883	.387	.815	.072		
Error	9807.333	20	490.367					
Total	1671235.000	30						
Corrected Total	20589.367	29						
a. R Squared = ,524 (Adjusted R Squared = ,309)								

5.2 Analisis Statistik Pada Parameter TSS

Tests of Normality <table><thead><tr><th rowspan="2">Dosis</th><th colspan="3">Kolmogorov-Smirnov^a</th><th colspan="3">Shapiro-Wilk</th></tr><tr><th>Statistic</th><th>df</th><th>Sig.</th><th>Statistic</th><th>df</th><th>Sig.</th></tr></thead><tbody><tr><td>TSS .00</td><td>.184</td><td>6</td><td>.200[*]</td><td>.929</td><td>6</td><td>.571</td></tr><tr><td>.20</td><td>.165</td><td>6</td><td>.200[*]</td><td>.952</td><td>6</td><td>.760</td></tr><tr><td>.40</td><td>.197</td><td>6</td><td>.200[*]</td><td>.927</td><td>6</td><td>.556</td></tr><tr><td>.60</td><td>.206</td><td>6</td><td>.200[*]</td><td>.864</td><td>6</td><td>.204</td></tr><tr><td>.80</td><td>.184</td><td>6</td><td>.200[*]</td><td>.934</td><td>6</td><td>.613</td></tr></tbody></table> *. This is a lower bound of the true significance. a. Lilliefors Significance Correction							Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	TSS .00	.184	6	.200 [*]	.929	6	.571	.20	.165	6	.200 [*]	.952	6	.760	.40	.197	6	.200 [*]	.927	6	.556	.60	.206	6	.200 [*]	.864	6	.204	.80	.184	6	.200 [*]	.934	6	.613	Hasil Uji Normalitas Data TSS Berdasarkan Variasi Dosis															
Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk																																																																		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.																																																																
TSS .00	.184	6	.200 [*]	.929	6	.571																																																																
.20	.165	6	.200 [*]	.952	6	.760																																																																
.40	.197	6	.200 [*]	.927	6	.556																																																																
.60	.206	6	.200 [*]	.864	6	.204																																																																
.80	.184	6	.200 [*]	.934	6	.613																																																																
TSS Tukey HSD^{a,b} <table><thead><tr><th rowspan="2">Dosis</th><th rowspan="2">N</th><th colspan="2">Subset</th></tr><tr><th>1</th><th>2</th></tr></thead><tbody><tr><td>.20</td><td>6</td><td>52.1667</td><td></td></tr><tr><td>.40</td><td>6</td><td>72.6667</td><td>72.6667</td></tr><tr><td>.60</td><td>6</td><td></td><td>74.1667</td></tr><tr><td>.80</td><td>6</td><td></td><td>78.3333</td></tr><tr><td>.00</td><td>6</td><td></td><td>92.0000</td></tr><tr><td>Sig.</td><td></td><td>.063</td><td>.087</td></tr></tbody></table> Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = 152.100. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000. b. Alpha = .05.							Dosis	N	Subset		1	2	.20	6	52.1667		.40	6	72.6667	72.6667	.60	6		74.1667	.80	6		78.3333	.00	6		92.0000	Sig.		.063	.087	Hasil Uji Lanjut (Post Hoc Test) Tukey HSD Parameter TSS																																	
Dosis	N	Subset																																																																				
		1	2																																																																			
.20	6	52.1667																																																																				
.40	6	72.6667	72.6667																																																																			
.60	6		74.1667																																																																			
.80	6		78.3333																																																																			
.00	6		92.0000																																																																			
Sig.		.063	.087																																																																			
Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: TSS <table><thead><tr><th>Source</th><th>Type III Sum of Squares</th><th>df</th><th>Mean Square</th><th>F</th><th>Sig.</th><th>Partial Eta Squared</th></tr></thead><tbody><tr><td>Corrected Model</td><td>6289.467^a</td><td>9</td><td>698.830</td><td>4.595</td><td>.002</td><td>.674</td></tr><tr><td>Intercept</td><td>163688.533</td><td>1</td><td>163688.533</td><td>1076.190</td><td>.000</td><td>.982</td></tr><tr><td>Dosis</td><td>4927.133</td><td>4</td><td>1231.783</td><td>8.099</td><td>.000</td><td>.618</td></tr><tr><td>RPM</td><td>1104.133</td><td>1</td><td>1104.133</td><td>7.259</td><td>.014</td><td>.266</td></tr><tr><td>Dosis * RPM</td><td>258.200</td><td>4</td><td>64.550</td><td>.424</td><td>.789</td><td>.078</td></tr><tr><td>Error</td><td>3042.000</td><td>20</td><td>152.100</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Total</td><td>173020.000</td><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Corrected Total</td><td>9331.467</td><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> a. R Squared = .674 (Adjusted R Squared = .527)							Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Corrected Model	6289.467 ^a	9	698.830	4.595	.002	.674	Intercept	163688.533	1	163688.533	1076.190	.000	.982	Dosis	4927.133	4	1231.783	8.099	.000	.618	RPM	1104.133	1	1104.133	7.259	.014	.266	Dosis * RPM	258.200	4	64.550	.424	.789	.078	Error	3042.000	20	152.100				Total	173020.000	30					Corrected Total	9331.467	29					Hasil Uji ANOVA Dua Arah (Two-Way ANOVA) Parameter TSS.
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared																																																																
Corrected Model	6289.467 ^a	9	698.830	4.595	.002	.674																																																																
Intercept	163688.533	1	163688.533	1076.190	.000	.982																																																																
Dosis	4927.133	4	1231.783	8.099	.000	.618																																																																
RPM	1104.133	1	1104.133	7.259	.014	.266																																																																
Dosis * RPM	258.200	4	64.550	.424	.789	.078																																																																
Error	3042.000	20	152.100																																																																			
Total	173020.000	30																																																																				
Corrected Total	9331.467	29																																																																				

5.3 Analisis Statistik Pada Parameter Ph

Tests of Normality <table><thead><tr><th rowspan="2">Dosis</th><th colspan="3">Kolmogorov-Smirnov^a</th><th colspan="3">Shapiro-Wilk</th></tr><tr><th>Statistic</th><th>df</th><th>Sig.</th><th>Statistic</th><th>df</th><th>Sig.</th></tr></thead><tbody><tr><td>pH .00</td><td>.302</td><td>6</td><td>.094</td><td>.775</td><td>6</td><td>.035</td></tr><tr><td>.20</td><td>.302</td><td>6</td><td>.092</td><td>.889</td><td>6</td><td>.312</td></tr><tr><td>.40</td><td>.325</td><td>6</td><td>.047</td><td>.827</td><td>6</td><td>.101</td></tr><tr><td>.60</td><td>.223</td><td>6</td><td>.200[*]</td><td>.908</td><td>6</td><td>.421</td></tr><tr><td>.80</td><td>.159</td><td>6</td><td>.200[*]</td><td>.958</td><td>6</td><td>.801</td></tr></tbody></table> *. This is a lower bound of the true significance. a. Lilliefors Significance Correction							Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	pH .00	.302	6	.094	.775	6	.035	.20	.302	6	.092	.889	6	.312	.40	.325	6	.047	.827	6	.101	.60	.223	6	.200 [*]	.908	6	.421	.80	.159	6	.200 [*]	.958	6	.801	Hasil Uji Normalitas Data pH Berdasarkan Variasi Dosis															
Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk																																																																		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.																																																																
pH .00	.302	6	.094	.775	6	.035																																																																
.20	.302	6	.092	.889	6	.312																																																																
.40	.325	6	.047	.827	6	.101																																																																
.60	.223	6	.200 [*]	.908	6	.421																																																																
.80	.159	6	.200 [*]	.958	6	.801																																																																
pH Tukey HSD^{a, b} <table><thead><tr><th>Dosis</th><th>N</th><th>Subset 1</th></tr></thead><tbody><tr><td>.00</td><td>6</td><td>7.2500</td></tr><tr><td>.40</td><td>6</td><td>7.5500</td></tr><tr><td>.60</td><td>6</td><td>7.6167</td></tr><tr><td>.80</td><td>6</td><td>7.6167</td></tr><tr><td>.20</td><td>6</td><td>7.6167</td></tr><tr><td>Sig.</td><td></td><td>.054</td></tr></tbody></table> Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on observed means. The error term is Mean Square(Error) = .046. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000. b. Alpha = .05.							Dosis	N	Subset 1	.00	6	7.2500	.40	6	7.5500	.60	6	7.6167	.80	6	7.6167	.20	6	7.6167	Sig.		.054	Hasil Uji Lanjut (Post Hoc Test) Tukey HSD Parameter pH.																																										
Dosis	N	Subset 1																																																																				
.00	6	7.2500																																																																				
.40	6	7.5500																																																																				
.60	6	7.6167																																																																				
.80	6	7.6167																																																																				
.20	6	7.6167																																																																				
Sig.		.054																																																																				
Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: pH <table><thead><tr><th>Source</th><th>Type III Sum of Squares</th><th>df</th><th>Mean Square</th><th>F</th><th>Sig.</th><th>Partial Eta Squared</th></tr></thead><tbody><tr><td>Corrected Model</td><td>.816^a</td><td>9</td><td>.091</td><td>1.958</td><td>.101</td><td>.468</td></tr><tr><td>Intercept</td><td>1701.027</td><td>1</td><td>1701.027</td><td>36712.813</td><td>.000</td><td>.999</td></tr><tr><td>Dosis</td><td>.608</td><td>4</td><td>.152</td><td>3.281</td><td>.032</td><td>.396</td></tr><tr><td>RPM</td><td>.000</td><td>1</td><td>.000</td><td>.007</td><td>.933</td><td>.000</td></tr><tr><td>Dosis * RPM</td><td>.208</td><td>4</td><td>.052</td><td>1.122</td><td>.374</td><td>.183</td></tr><tr><td>Error</td><td>.927</td><td>20</td><td>.046</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Total</td><td>1702.770</td><td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Corrected Total</td><td>1.743</td><td>29</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table> a. R Squared = .468 (Adjusted R Squared = .229)							Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Corrected Model	.816 ^a	9	.091	1.958	.101	.468	Intercept	1701.027	1	1701.027	36712.813	.000	.999	Dosis	.608	4	.152	3.281	.032	.396	RPM	.000	1	.000	.007	.933	.000	Dosis * RPM	.208	4	.052	1.122	.374	.183	Error	.927	20	.046				Total	1702.770	30					Corrected Total	1.743	29					Hasil Uji ANOVA Dua Arah (Two-Way ANOVA) Parameter pH.
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared																																																																
Corrected Model	.816 ^a	9	.091	1.958	.101	.468																																																																
Intercept	1701.027	1	1701.027	36712.813	.000	.999																																																																
Dosis	.608	4	.152	3.281	.032	.396																																																																
RPM	.000	1	.000	.007	.933	.000																																																																
Dosis * RPM	.208	4	.052	1.122	.374	.183																																																																
Error	.927	20	.046																																																																			
Total	1702.770	30																																																																				
Corrected Total	1.743	29																																																																				