



**PENENTUAN pH DAN DOSIS OPTIMUM BIOKOAGULAN
BIJI BUAH TREMBESI (*Samanea Saman*) DALAM
MENGOLAH KEKERUHAN AIR**

Oleh

**RICHAD RAHIM
181910601002**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK LINGKUNGAN
JEMBER
2023**



**PENENTUAN pH DAN DOSIS OPTIMUM BIOKOAGULAN
BIJI BUAH TREMBESI (*Samanea Saman*) DALAM
MENGOLAH KEKERUHAN AIR**

Diajukan untuk memenuhi sebagai persyaratan memperoleh gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Lingkungan

SKRIPSI

Oleh

**Richad Rahim
181910601002**

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK LINGKUNGAN
JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Orang tua saya Bapak Mochammad Lukman Rahim, Almarhumah Ibu Lilis Suciati dan Ibu Eva Nurmala Sari yang telah mendoakan dan mendukung saya hingga saat ini
2. Dosen Pembimbing Akademik Ibu Dr. Ir. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T
3. Dosen Pembimbing Utama Ibu Ir. Ririn Endah Badriani, S.T.,M.T dan Dosen Pembimbing Anggota Noven Pramitasari, S.T., M.T
4. Kakak saya Rani dan adik-adik saya Manda, Ina, Ana dan Galang yang selalu menghibur saya di masa-masa sulit
5. Tante saya Wulan Nur Aini yang selalu memberikan nasihat dan motivasi untuk maju
6. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember
7. Perumdam Tirta Pandalungan Kabupaten Jember yang telah memberikan izin dan fasilitas pengambilan dan pengujian sampel guna menunjang penyelesaian skripsi saya
8. Teman sekaligus saudara saya Grsyta Bryan yang selalu memberikan dukungan dan membantu saya di masa perkuliahan.
9. Rekan penelitian skripsi saya, Ivana Puspita Dewi
10. Teman-teman Prodi S1 Teknik Lingkungan Universitas Jember angkatan 2018, khususnya Ekki, Bayu, Helfa, Achmad, Iqbal, Mayoung dan Khomza yang telah menjadi rekan sekaligus sahabat yang bisa diandalkan.

MOTTO

*“Orang yang tidak bisa mengorbankan suatu bagian penting dalam hidupnya,
tidak akan ada harapan baginya untuk melakukan perubahan apapun”*

(Armin Arlert in Attack On Titan Anime Series)



PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Richad Rahim
NIM : 18910601002
Program Studi : S1 Teknik Lingkungan
Jurusan/Prodi : Teknik Sipil/ S1 Teknik Lingkungan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang berjudul **“Penentuan pH dan Dosis Optimum Biokoagulan Biji Buah Trembesi (Samanea Saman) dalam Mengolah Kekeruhan Air ”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Juli 2023

Yang menyatakan



Richad Rahim

NIM. 181910601002

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul **“Penentuan pH dan Dosis Optimum Biokoagulan Biji Buah Trembesi (Samanea Saman) dalam Mengolah Kekeruhan Air ”** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada :

Hari : Kamis
Tanggal : 20 Juli 2023
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Ir. Ririn Endah Badriani, S.T.,M.T (.....)
NIP : 19720528199802201

2. Pembimbing Anggota :

Nama : Noven Pramitasari, S.T., M.T (.....)
NIP : 199211062019032017

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. Ir. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T (.....)
NIP : 197301271999032002

2. Penguji Anggota

Nama : Ir. Audiananti Meganandi Kartini, S.Si., M.T (.....)
NIP : 198807272022032006

ABSTRACT

Determination of pH and Optimum Dosage of Biocoagulants Made From Trembesi Seeds (*Samanea Saman*) in Water Turbidity Treatment; Richad Rahim 181910601002; 2023: 114 pages; Environmental Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of Jember.

Synthetic coagulants that used for coagulation of raw water will have negative impact on health because it will accumulate in the body, so it is important to carry out further research to find alternative coagulants from natural ingredients. This research attempts to utilize trembesi seeds as a coagulant in clean water treatment and also to determine the optimum pH and dosage for the use of trembesi seed coagulants. The optimum pH and dose of trembesi seed coagulant were determined by looking at the final turbidity value of the sample water after being processed using a jar test. The planned raw water has pH range between 4-9 and the water samples used are raw water with initial turbidity levels of 50, 75 and 100 NTU. Variations in the dose of trembesi seed coagulant used were 80, 90, 100, 110, 120 and 130 ppm.

The research data obtained showed that the optimum dose of sample water with a turbidity level of 50.75 and 100 NTU was 100 ppm. The results of this study also showed that trembesi seed coagulants were effective in reducing turbidity to 0.10 NTU at acidic specifically at pH 4. Statistical test results using the second-order polynomial regression method and hypothesis testing showed that coagulant dose and water pH had a significant influence to final turbidity value.

RINGKASAN

Penentuan pH dan Dosis Optimum Biokoagulan Biji Buah Trembesi (*Samanea Saman*) dalam Mengolah Kekeruhan Air; Richad Rahim, 181910601002; 2023; 118 halaman; Program studi S-1 Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penggunaan koagulan sintetik untuk proses koagulasi air baku yang berlebihan atau terus-menerus akan menimbulkan dampak negatif pada kesehatan karena akan terakumulasi dalam tubuh, sehingga perlu untuk dilakukan studi lebih lanjut untuk mencari alternatif koagulan dari bahan alami. Penelitian ini mencoba memanfaatkan biji trembesi sebagai koagulan pada pengolahan air bersih dan juga untuk menentukan pH dan dosis optimum penggunaan koagulan biji trembesi. pH dan dosis optimum koagulan biji trembesi ditentukan dengan melihat nilai kekeruhan akhir air sampel setelah diproses menggunakan alat jar test. Air baku olahan yang direncanakan memiliki rentang pH 4-9 dan sampel air yang digunakan yaitu air baku buatan dengan tingkat kekeruhan awal 50, 75, dan 100 NTU. Variasi dosis koagulan biji trembesi yang digunakan yaitu 80, 90, 100, 110, 120 dan 130 ppm.

Data penelitian yang didapatkan menunjukkan bahwa dosis optimum air sampel dengan tingkat kekeruhan 50,75 dan 100 NTU adalah 100 ppm. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa koagulan biji trembesi efektif menurunkan kekeruhan hingga 0,10 NTU pada pH air yang cenderung asam yaitu pada pH 4. Hasil uji statistik menggunakan metode regresi polinomial orde-2 dan uji hipotesis menunjukkan dosis koagulan dan pH air berpengaruh signifikan terhadap nilai kekeruhan akhir.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena telah memberi rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "**Penentuan pH dan Dosis Optimum Biokoagulan Biji Buah Trembesi (*Samanea Saman*) dalam Mengolah Kekeruhan Air**". Penyusunan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Dengan ketulusan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Yeny Dhokhikah, S.T., M.T selaku dosen pembimbing akademik ,Kepala Prodi S1 Teknik Lingkungan Universitas Jember dan dosen penguji utama
2. Ibu Ir. Audiananti Meganandi Kartini, S.si., M.T selaku Dosen Penguji Anggota
3. Ibu Ir. Ririn Endah Badriani S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Utama penyusunan Tugas Akhir
4. Ibu Noven Pramitasari S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota penyusunan tugas akhir
5. Orang tua yang telah memberikan banyak doa serta dukungan untuk penulis

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam skripsi ini. Hasil skripsi ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu penulis juga menerima masukan dan kritik guna perbaikan yang akan datang.

Jember, Juli 202

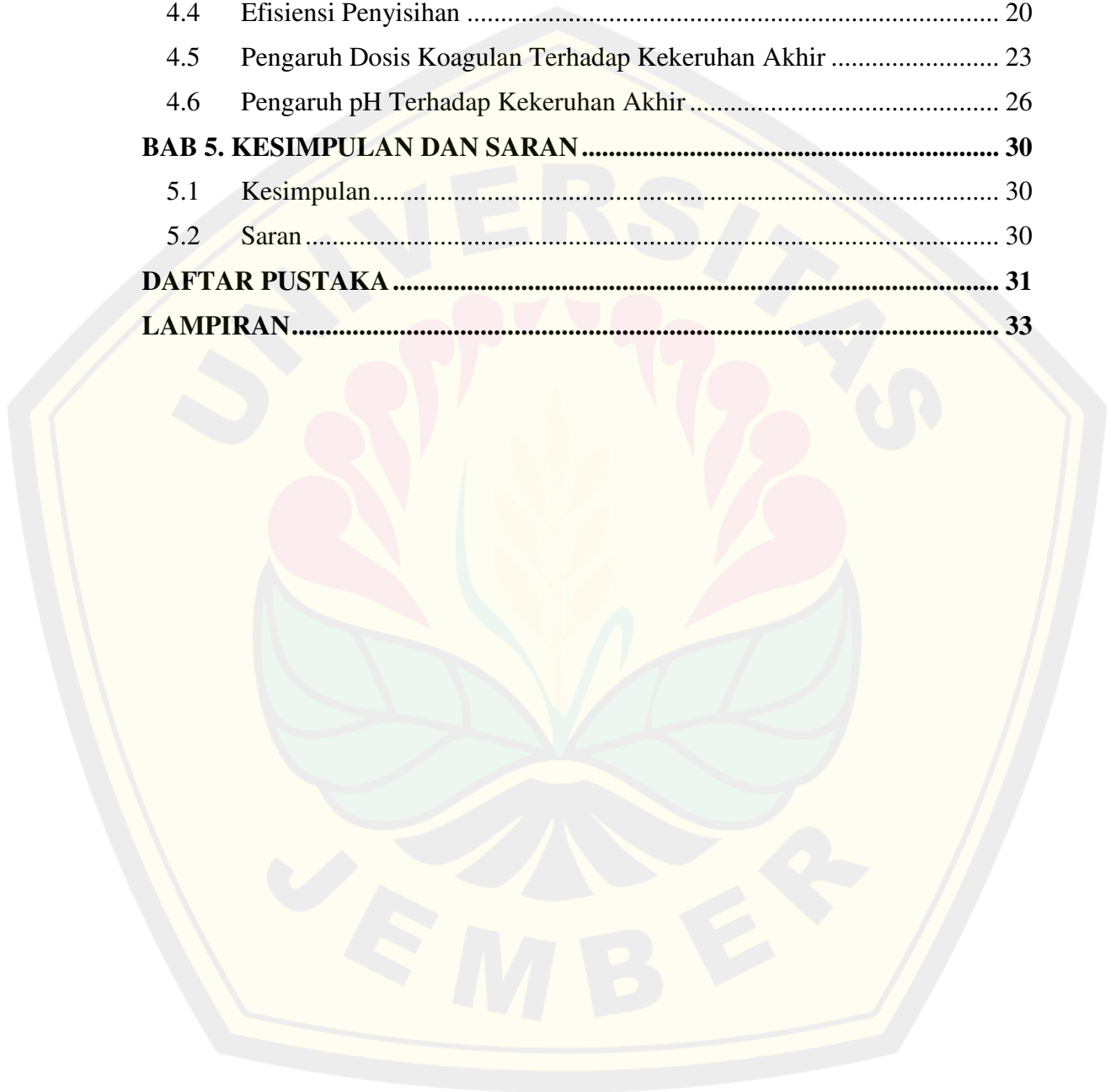


Penulis

DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN.....	i
MOTTO	ii
PERNYATAAN ORISINILITAS	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
ABSTRACT	v
RINGKASAN	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Persyaratan Kualitas Air.....	4
2.2 Koagulasi dan Flokulasi	4
2.2.1 Mekanisme Koagulasi dan Flokulasi	5
2.2.2 Koagulasi dan Flokulasi Mekanis	5
2.3 Koagulan Biji Trembesi	6
2.4 Penelitian Terdahulu.....	8
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Penelitian Pendahuluan	10
3.3 Metode Pengumpulan Data	10
3.4 Rancangan Penelitian	11
3.5 Variabel Penelitian	11

3.6	Prosedur Penelitian.....	11
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		14
4.1	Karakteristik Awal Air Sungai Bedadung.....	14
4.2	Pembuatan Koagulan Biji Trembesi.....	14
4.3	pH dan Dosis Optimum.....	15
4.4	Efisiensi Penyisihan	20
4.5	Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Kekeruhan Akhir	23
4.6	Pengaruh pH Terhadap Kekeruhan Akhir	26
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....		30
5.1	Kesimpulan.....	30
5.2	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA		31
LAMPIRAN.....		33

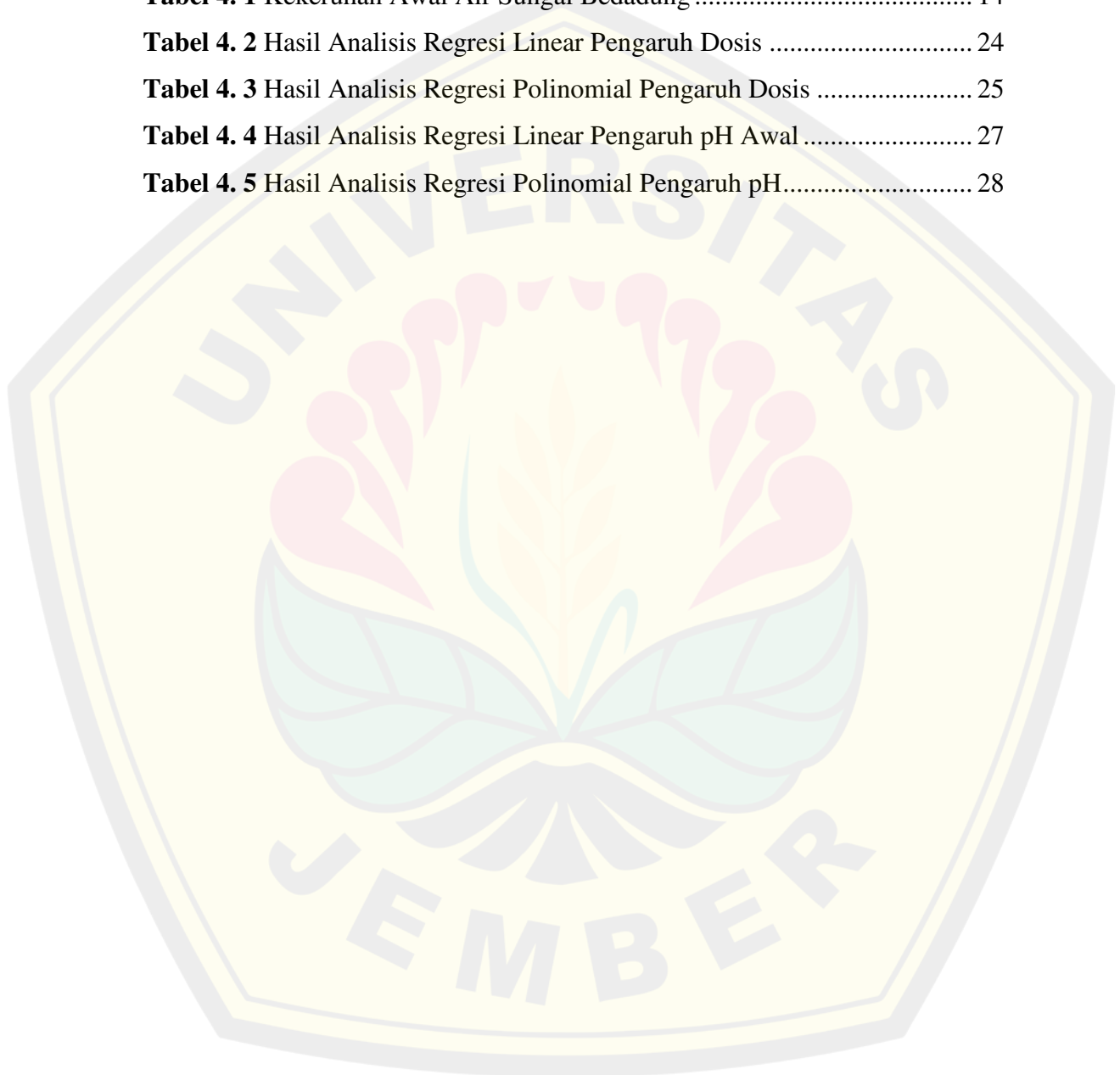


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tipe turbine dan propeller.	6
Gambar 2. 2 Interaksi Protein Pada Biokoagulan Terhadap Koloid	7
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 4. 1 Dosis Optimum Sampel 50 NTU.....	15
Gambar 4. 2 Grafik Dosis Optimum Sampel 75 NTU	16
Gambar 4. 3 Grafik Dosis Optimum Sampel 100 NTU	16
Gambar 4. 4 Grafik pH Optimum Sampel 50 NTU	18
Gambar 4. 5 Grafik pH Optimum Sampel 75 NTU	18
Gambar 4. 6 Grafik pH Optimum 100 NTU	19
Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Penyisihan Sampel 50 NTU	20
Gambar 4. 8 Grafik Efisiensi Penyisihan Sampel 75 NTU	21
Gambar 4. 9 Grafik Efisiensi Penyisihan Sampel 100 NTU	21
Gambar 4. 10 Grafik Residual Regresi Linear Pengaruh Dosis Koagulan	24
Gambar 4. 11 Grafik Residual Regresi Polinomial Pengaruh Dosis.....	26
Gambar 4. 12 Grafik Residual Regresi Linear Pengaruh pH	27
Gambar 4. 13 Grafik Residual Model Regresi Polinomial Pengaruh pH.....	29

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Persyaratan Kualitas Air Minum.....	4
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	8
Tabel 3. 1 Hasil Jar test Penentuan Titik Dosis Optimum	10
Tabel 4. 1 Kekeruhan Awal Air Sungai Bedadung	14
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Regresi Linear Pengaruh Dosis	24
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Regresi Polinomial Pengaruh Dosis	25
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Regresi Linear Pengaruh pH Awal	27
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Regresi Polinomial Pengaruh pH.....	28



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan kualitas air distribusi yang sering dialami oleh Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) adalah kekeruhan pada air. Standar baku mutu kekeruhan air minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor. 2 Tahun 2023 yaitu wajib kurang dari 3 NTU. Kualitas air minum yang erat kaitannya dengan tingkat kekeruhan air baku sehingga untuk memenuhi persyaratan baku mutu air bersih perlu pengolahan air yang dilakukan dengan tepat. Pengolahan kekeruhan berhubungan pada proses koagulasi dan flokulasi. Tujuan utama proses koagulasi dan flokulasi adalah menghilangkan padatan yang berada di dalam air terutama yang berbentuk padatan tidak mengendap (*non settleable solid*), padatan tersuspensi (*suspended solid*), dan koloid (Budiono *et al.*, 2013). Penggunaan koagulan sintetik untuk proses koagulasi air baku yang berlebihan atau terus-menerus pastinya akan menimbulkan dampak negatif pada kesehatan karena akan terakumulasi dalam tubuh. (Hendrawati *et al.*, 2015).

Permasalahan tersebut menjadi dasar untuk dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan koagulan alami sebagai alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan dalam pengolahan air bersih khususnya pengolahan tingkat kekeruhan air bersih. Bahan alami yang akan dikaji lebih lanjut melalui penelitian ini yaitu berasal dari biji buah tanaman trembesi (*Samanea Saman*). Biji trembesi merupakan salah satu tanaman yang dimanfaatkan sebagai koagulan alami karena memiliki kandungan tanin yang tinggi sehingga dapat bekerja pada kondisi pemberian koagulan yang tepat dan pengendapan yang optimum, membantu menurunkan tingkat kekeruhan karena mampu mengadsorpsi partikel-partikel koloid yang terkandung dalam air limbah (Amanda *et al.*, 2019).

Biji trembesi telah dikembangkan melalui beberapa penelitian untuk dijadikan koagulan pada proses koagulasi limbah cair maupun air bersih. Hasil penelitian Adira *et al.*, (2020) menyatakan koagulan dari biji trembesi mampu menurunkan tingkat kekeruhan. Koagulan biji trembesi dengan dosis 1 g/L mampu

menurunkan kadar kekeruhan dari nilai awalnya 176 NTU menjadi 53 NTU dengan persentase efisiensi penyisihan 69,88%.

Uraian latar belakang tersebut menjadi alasan untuk dilakukan penelitian untuk mengetahui kinerja koagulan biji trembesi dalam mengolah kekeruhan air. Penelitian ini mencoba memanfaatkan biji trembesi sebagai koagulan pada pengolahan air bersih. Penelitian ini dilakukan dengan menentukan pH dan dosis optimum koagulan biji trembesi. pH dan dosis optimum koagulan biji trembesi ditentukan dengan melihat nilai kekeruhan akhir air sampel setelah diproses menggunakan alat *jar test*. Kinerja koagulan biji trembesi dalam mengolah kekeruhan air juga perlu diuji melalui uji statistik, sehingga pada penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh pH air dan dosis koagulan terhadap kekeruhan akhir.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Berapa pH dan dosis optimum koagulan biji trembesi dalam menurunkan kekeruhan air ?
2. Bagaimana pengaruh pH dan dosis biji trembesi dalam menurunkan kekeruhan ?

1.3 Tujuan

Tujuan pada penelitian ini yaitu :

1. Menentukan pH dan dosis optimum koagulan biji trembesi dalam menurunkan mengolah air
2. Menentukan pengaruh pH dan dosis biji trembesi dalam mengolah kekeruhan air

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan beberapa manfaat yaitu :

1. Memberikan informasi mengenai pH optimum koagulan biji trembesi dalam mengolah kekeruhan air

2. Memberikan informasi dosis optimum koagulan biji trembesi dalam mengolah kekeruhan air
3. Memberikan referensi bagi industri pengolahan air tentang alternatif biokoagulan yang ramah lingkungan dan mudah ditemukan dalam menurunkan kekeruhan air
4. Menjadi sumbangan pikiran dan masukan bagi peneliti lain yang ingin meneliti tentang koagulan biji trembesi

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini antara lain :

1. Objek penelitian merupakan air baku buatan dari hasil olahan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Tegal Gede Kabupaten Jember.
2. Parameter kualitas air yang diuji yaitu pH dan kekeruhan.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu

1. Air sampel yang digunakan sebagai air baku buatan yaitu air hasil olahan IPA Tegal Gede Kabupaten Jember dengan volume 500 ml tiap sampel
2. Ukuran partikel koagulan biji trembesi adalah 120 mesh

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Persyaratan Kualitas Air

Persyaratan Parameter Kualitas Air Minum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 ditunjukkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2. 1 Persyaratan Kualitas Air Minum

Parameter	Kadar yang diperbolehkan	Satuan
FISIK		
Bau	Tidak berbau	
Warna	10	TCU
Zat Padat Terlarut (TDS)	<300	mg/l
Kekeruhan	<3	NTU
Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$
KIMIA		
pH	6,5 - 8,5	

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 Tentang Persyaratan Parameter Kualitas Air Minum

Tingkat kekeruhan yang rendah dapat mengindikasikan ekosistem yang sehat dan berfungsi dengan baik. Tingkat kekeruhan yang lebih tinggi menimbulkan beberapa masalah pada sistem aliran. Kekeruhan menghalangi cahaya yang dibutuhkan oleh vegetasi didalam perairan. Cahaya yang terhalang akibat kekeruhan ini tentu dapat meningkatkan suhu air permukaan di atas normal karena partikel tersuspensi pada permukaan air memudahkan penyerapan panas dari sinar matahari (Patil *et al.*, 2015).

2.2 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi adalah proses kimia yang digunakan untuk menghilangkan bahan pencemar yang tersuspensi atau dalam bentuk koloid. Proses pada penerapan metode koagulasi bekerja dengan cara yaitu kekokohan partikel koloid ditiadakan sehingga terbentuk flok-flok lembut yang kemudian dapat disatukan melalui proses flokulasi. Reaksi tabrakan partikel koloid ini terjadi apabila elektrolit yang ditambahkan dapat diserap oleh partikel koloid sehingga muatan partikel menjadi

netral. Penetralan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup kuat untuk mengadakan gaya tarik-menarik antar partikel koloid. (Indriyati dan Susanto, 2009).

2.2.1 Mekanisme Koagulasi dan Flokulasi

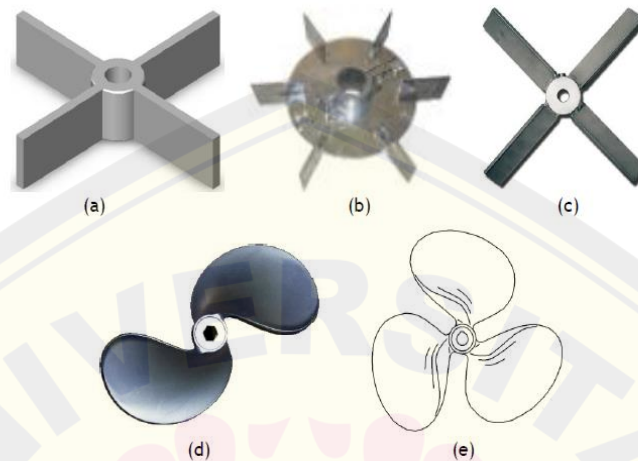
Koagulasi pada dasarnya merupakan proses pengolahan air dengan menstabilisasi partikel-partikel koloid untuk memfasilitasi pertumbuhan partikel selama flokulasi, sedangkan flokulasi adalah proses pengolahan air dengan cara mengadakan kontak diantara partikel-partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi sehingga ukuran partikel-partikel tersebut bertambah menjadi partikel-partikel yang lebih besar (Putra *et al.*, 2013). Flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok kecil yang terbentuk setelah proses koagulasi dengan flok-flok yang berukuran besar sehingga mudah mengendap. Kontak antar partikel pada proses flokulasi dapat terjadi melalui beberapa cara yaitu kontak karena gerak *brown*, kontak karena gerak cairan serta kontak yang dihasilkan dari partikel yang mengendap dengan adanya tumbukan antar partikel. (Susanti dan Hartati, 2003).

2.2.2 Koagulasi dan Flokulasi Mekanis

Pengadukan mekanis merupakan metode pengadukan dengan memanfaatkan suatu alat pengaduk berupa *impeller* yaitu penggerak alat pengaduk ini yaitu menggunakan mesin atau motor bertenaga listrik. Pengadukan mekanis dapat digunakan untuk memperoleh intensitas pengadukan dan gradien kecepatan yang tepat. Alat pengaduk yang digunakan yaitu *turbine impeller*, *paddle impeller*, atau *propeller* (Reynold dan Richards, 1996). Metode ini sangat efektif dan fleksibel untuk dioperasikan dan dapat menghasilkan bentuk flok yang baik, kekurangan dari metode mekanis ini yaitu dalam pengoperasiannya membutuhkan alat mekanis dan menggunakan energi mekanik sehingga perlu dilakukan pemeliharaan rutin terhadap alat mekanis agar alat-alat yang digunakan tidak mengalami *error* atau kerusakan (Kawamura, 2000).

Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td . (Qasim, 2000). Bentuk-bentuk pengaduk

mekanis ada beberapa macam seperti bentuk turbin, baling-baling dan *blade*. Bentuk pengaduk mekanis dapat dilihat pada **Gambar 2.3**



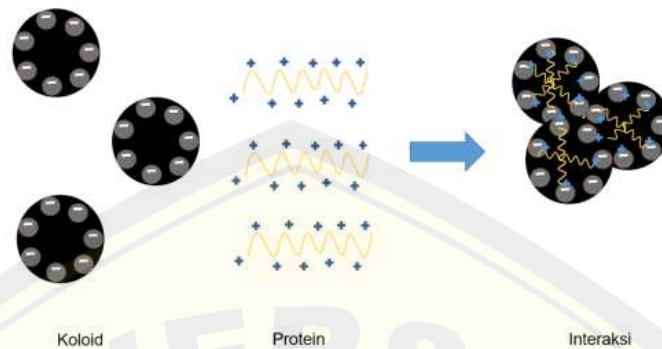
Gambar 2. 1 Tipe turbin dan propeller. (a) turbin blade lurus, (b) turbin blade dengan piringan, (c) turbin dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade

Sumber : Qasim, 2000

2.3 Koagulan Biji Trembesi

Biji trembesi dapat digunakan sebagai koagulan alami karena terdapat kandungan protein rantai pendek, protein ini sifatnya mudah larut dalam air dan bermuatan positif. Muatan positif ini mampu menarik molekul-molekul bermuatan negatif seperti tanah liat, lumpur hasil metabolisme bakteri, dan partikel-partikel beracun lainnya. Biji trembesi juga mengandung zat-zat fitokimia salah satunya tannin. Kandungan zat tannin yang tinggi dapat membantu mengendapkan protein sehingga biji trembesi dapat membantu pada proses adsorpsi partikel yang mengakibatkan kekeruhan pada air (Nurishmasari dan Hardjono, 2021). Bubuk biji trembesi telah dikembangkan menjadi koagulan, menurut penelitian yang dilakukan oleh Amanda *et al.*, (2019) biji trembesi mampu menurunkan kekeruhan limbah cair industri tempe yang kekeruhan awalnya yaitu 181 NTU menjadi rata –rata 51 NTU. Penurunan jumlah kekeruhan ini dilakukan pada rentang dosis 0,7 hingga 2,2

gr/l dengan pH 5. Mekanisme kerja koagulan dalam mengikat partikel koloid ditunjukkan pada **Gambar 2.2**



Gambar 2. 2 Interaksi Protein Pada Biokoagulan Terhadap Koloid

Sumber : Kristianto, 2019

Mekanisme kerja biokoagulan menggunakan protein sebagai zat aktif biokoagulan dilakukan berdasarkan proses netralisasi muatan. Netralisasi muatan pada protein terjadi karena protein merupakan senyawa yang bersifat amfoterik yaitu dapat bermuatan positif atau negatif tergantung pada titik isoelektriknya (Kristianto, 2019). Netralisasi muatan (*charge neutralization*) terjadi ketika muatan negatif pada partikel koloid dinetralkan oleh protein dalam biokoagulan bermuatan positif yang mengakibatkan terjadinya gaya tolak menolak elektrostatis pada partikel koloid sehingga membentuk flok. Gugus amino dalam protein berperan sebagai pusat kationik dalam mekanisme netralisasi muatan partikel koloid yang umumnya bermuatan negatif (Ndabigengesere *et al.*, 1995).

2.4 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi bahan studi literatur terdapat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
(John Jairo Feria-Diaz <i>et al.</i> , 2016)	Mengetahui kinerja <i>albizia saman</i> atau biji trembesi sebagai koagulan	Metode koagulasi dan flokulasi untuk menurunkan kekeruhan Sungai Sinu, Kolombia	Kekeruhan awal air sungai yaitu berkisar antara 40 hingga 1200 NTU, setelah dilakukan koagulasi menggunakan ekstrak biji trembesi dengan rentang dosis 5-60 mg/L kekeruhan berkisar antara 56 hingga 301 NTU. pH optimum yaitu 7,82 hingga 8,24
(Adira <i>et al.</i> , 2020)	Mengetahui kinerja <i>Samanea Saman</i> atau biji trembesi sebagai koagulan untuk menurunkan kekeruhan pada air limbah domestik	Metode koagulasi dan flokulasi dengan penambahan variasi dosis bubuk biji trembesi	Kekeruhan awal pada air limbah yaitu 176 NTU, setelah dilakukan uji <i>jar test</i> nilai kekeruhan menjadi 125 NTU dengan dosis koagulan 0,1 g/L dengan kondisi pH 7,6
(Putri <i>et al.</i> , 2020)	Menentukan dosis optimum	Metode koagulasi dan	Rata-rata kandungan SS, BOD dan COD setelah

Penulis	Tujuan	Metode	Hasil
	biokoagulan ekstrak biji trembesi	flokulasi untuk menurunkan TSS, COD dan BOD pada air limbah tahu	pembubuhan biokoagulan 200 ml/L berturut-turut sebesar 86,15mg/L, 209,26mg/L, dan 76,43mg/L, sebelumnya kandungan padatan tersuspensi sebesar 529 – 533 mg/L, kandungan zat organik sebagai BOD sebesar 612,15 – 615,07 mg/L, dan COD sebesar 1021,14 – 1025,16 mg/L. Kondisi pH air sampel yaitu <6.
(Zuraida <i>et al.</i> , 2020)	Penentuan dosis dan pH optimum biokogulan biji trembesi dalam menurunkan kadar zat tersuspensi dalam air	Metode koagulasi dan flokulasi untuk menurunkan kekeruhan pada air limbah domestik	Koagulan biji trembesi dapat menyisihkan TSS sebesar 88,68% pada pH 6 dengan dosis koagulan 56 mg/l.
(Amanda <i>et al.</i> , 2019)	Menentukan dosis optimum biji trembesi untuk menurunkan tingkat kekeruhan limbah	Metode koagulasi dan flokulasi dengan variasi dosis pembubuhan	Kekeruhan awal air limbah yaitu 901 NTU dengan kondisi pH 5. Setelah dilakukan uji jar test dengan dosis koagulan 2,2 gr/L kekeruhan menurun hingga 22 NTU.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan September 2022 hingga bulan Januari 2023. Pengumpulan data dan uji *jar test* dilakukan di Laboratorium IPA Tegal Gede Kabupaten Jember dan laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.2 Penelitian Pendahuluan

Penentuan dosis optimum dilakukan dengan uji coba koagulasi dan flokulasi pada 6 nilai dosis yaitu 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm. Tabel hasil penentuan titik dosis optimum disajikan pada **Tabel 3.1**

Tabel 3. 1 Hasil Jar test Penentuan Titik Dosis Optimum

Kekeruhan Awal (NTU)	pH Awal	Dosis Koagulan (ppm)	Kekeruhan Akhir (NTU)	pH Akhir	Efisiensi Removal
T	S	D			
50	7	50	1,3	7,5	97,40%
50	7	100	1,1	7,4	97,80%
50	7	150	2	7,4	96,00%
50	7	200	2,7	7,5	94,60%
50	7	250	12,4	7,4	75,20%
50	7	300	19	7,3	62,00%

Hasil pada **Tabel 3.1** menunjukkan bahwa bahwa dosis 100 ppm paling baik dalam menurunkan kekeruhan air baku 50 NTU maka selanjutnya dosis optimum dicari dengan uji coba koagulasi-flokulasi menggunakan variasi dosis koagulan 80, 90, 100, 110, 120 dan 130 ppm.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu :

1. Studi Literatur

Kegiatan studi literatur yaitu mempelajari serta mengumpulkan data dari berbagai sumber informasi seperti buku atau jurnal yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

2. Pengumpulan data dari kegiatan eksperimen yang dilakukan di laboratorium. Data yang diperoleh kemudian diolah dan dianalisa.

3.4 Rancangan Penelitian

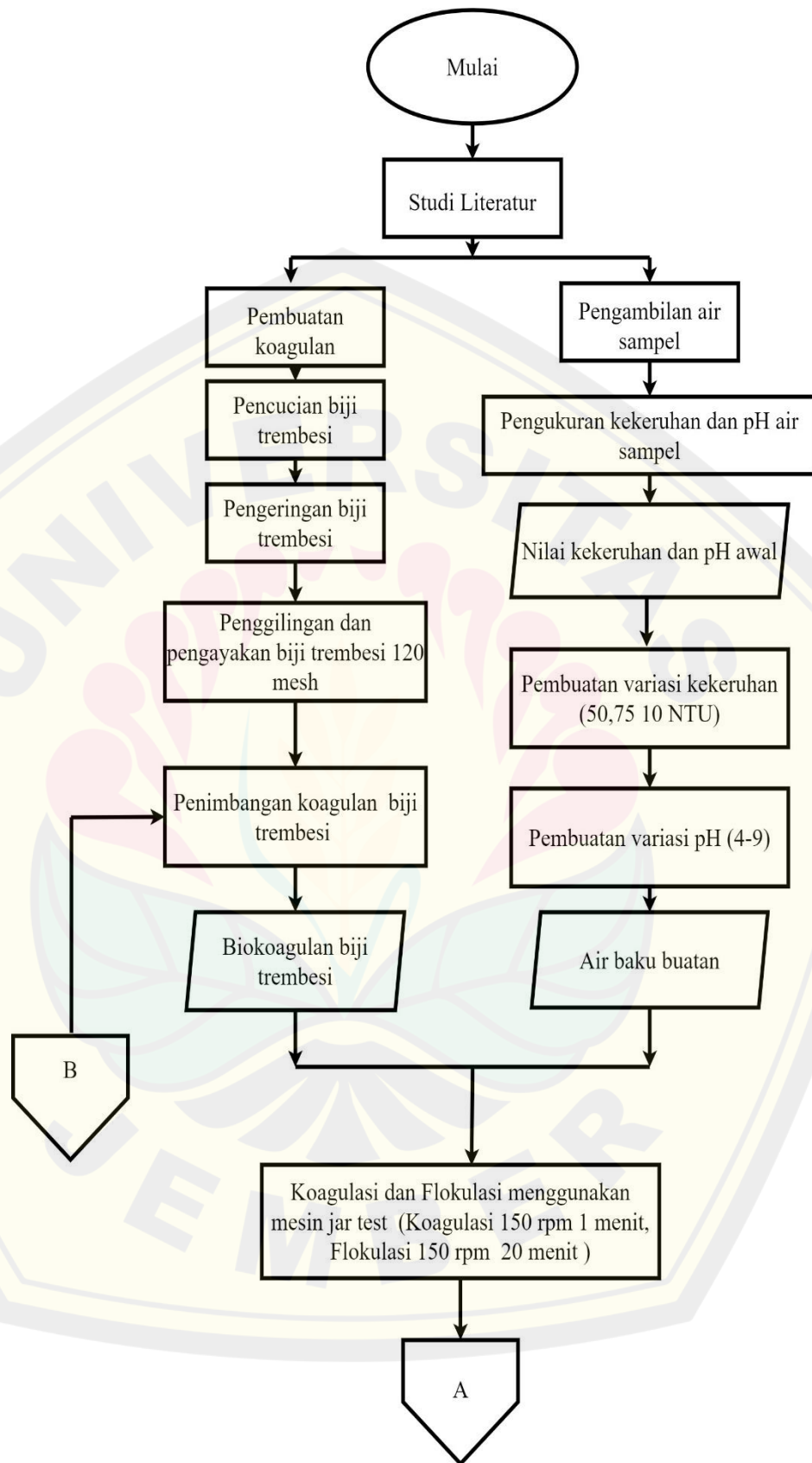
Metode penentuan pH dan dosis optimum ini dilakukan melalui uji *jar test*. Upaya penentuan dosis optimum dan pH optimum dilakukan dengan membuat sampel air. Sampel air dibuat dengan menambahkan variasi dosis pembubuhan koagulan, pH dan kekeruhan awal air sampel. Sampel kontrol juga dibuat pada penelitian ini, kelompok sampel kontrol sebagai pembanding dengan sampel yang diberi perlakuan pemberian dosis. Kelompok sampel kontrol ini adalah sampel yang tidak diberikan dan tidak diberi perlakuan koagulasi dan flokulasi.

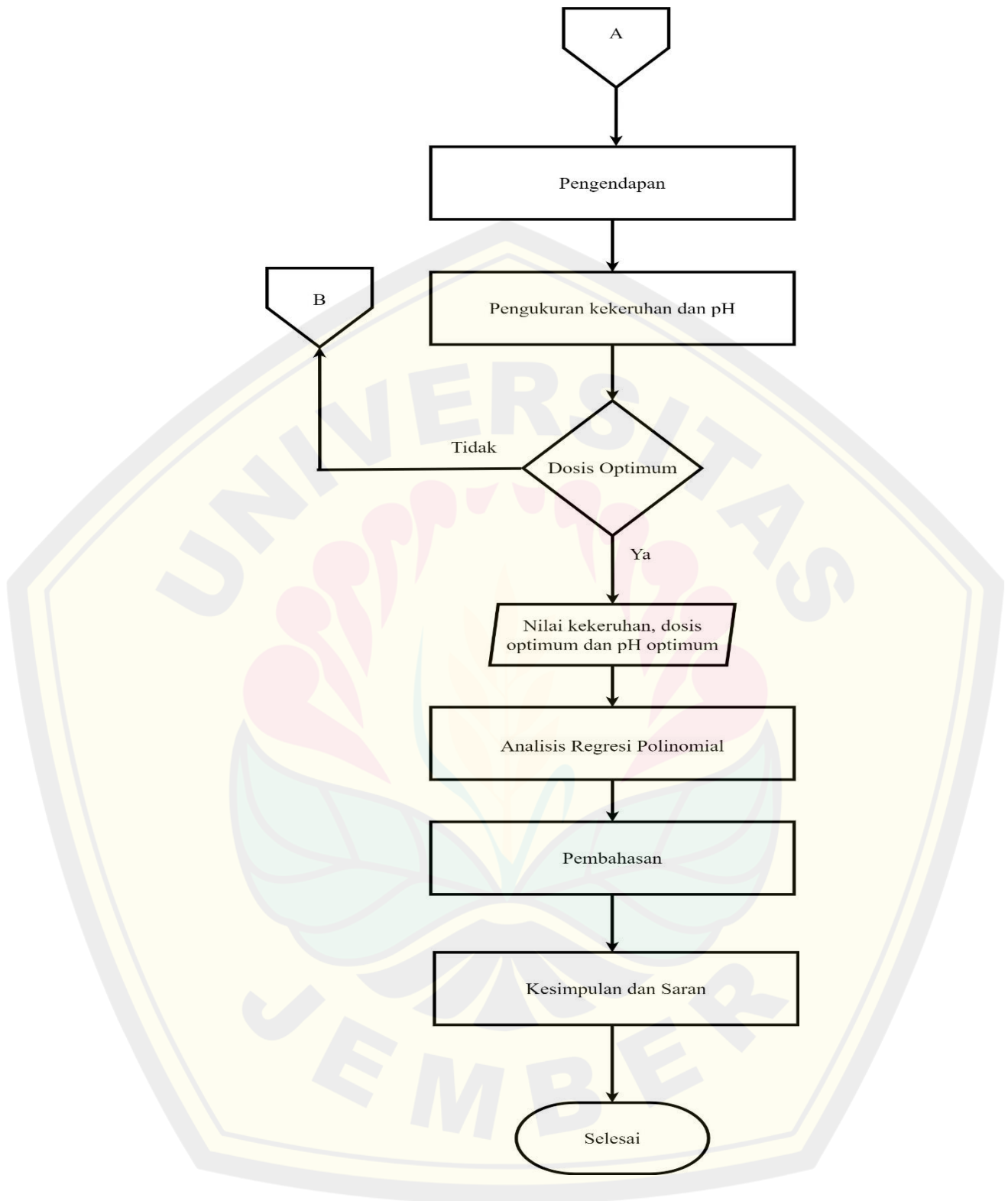
3.5 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian adalah pH dan dosis koagulan. Variasi pH yang digunakan pada yaitu 4, 5, 6, 7,8, 9 dan variasi dosis yang digunakan yaitu 80, 90, 100, 110, 120 dan 130 ppm. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian adalah kekeruhan akhir air sampel setelah diproses melalui *jar test*.

3.6 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa prosedur. Prosedur pertama yang dilakukan setelah studi literatur yaitu persiapan alat dan bahan lalu diikuti tahapan penelitian selanjutnya. Penelitian dilakukan meliputi persiapan alat dan bahan dilanjutkan dengan tahapan penelitian. Tahap penelitian dilakukan mulai dari persiapan, studi pengumpulan data, pengelolaan dan analisis hasil data, serta penyusunan laporan. Diagram alir pada penelitian ini disajikan pada **Gambar 3.1**





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Air Sungai Bedadung

Karakteristik awal air Sungai Bedadung perlu diketahui sebelum melakukan penelitian ini, sampel air Sungai Bedadung diambil lalu diukur tingkat kekeruhannya. Hasil tingkat kekeruhan Air Sungai Bedadung disajikan pada **Tabel 4.1**

Tabel 4.1 Kekeruhan Awal Air Sungai Bedadung

Pengambilan sampel hari ke-	Waktu	Parameter	
		Kekeruhan (NTU)	pH
1	Pagi	42,13	7,5
	Siang	44,11	8,1
	Sore	31,47	7,6
2	Pagi	27,68	7,5
	Siang	28,27	8,3
	Sore	25,34	7,7
3	Pagi	22,41	7,2
	Siang	23,11	8,4
	Sore	21,51	7,5

Data kekeruhan sampel air Sungai Bedadung pada **Tabel 4.1** menunjukkan kekeruhan awal air Sungai Bedadung masih belum memenuhi standar Permenkes No. 2 Tahun 2023 yaitu kurang dari 3 NTU. Kondisi ini menunjukkan bahwa air Sungai Bedadung perlu diolah agar memenuhi standar kualitas dan layak dimanfaatkan oleh masyarakat.

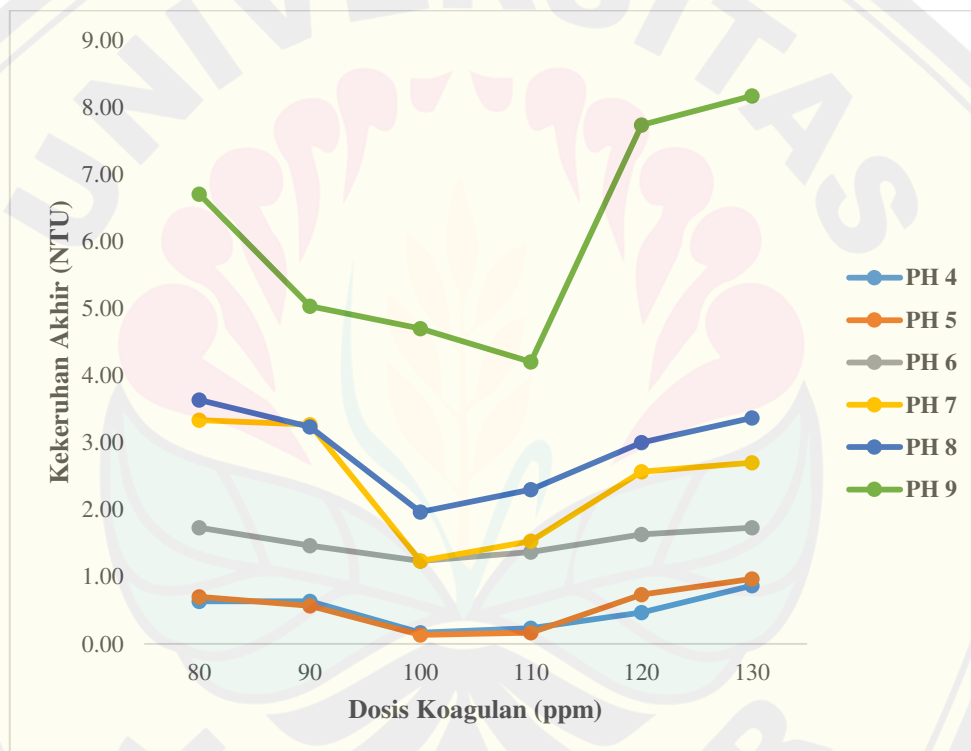
4.2 Pembuatan Koagulan Biji Trembesi

Bagian tanaman trembesi yang digunakan pada penelitian ini yaitu bagian biji yang sudah dipisahkan dari kulitnya. Biji trembesi kemudian dikeringkan dengan metode *sun drying* yaitu dikeringkan dibawah sinar matahari. Proses pengeringan ini dilakukan selama 2 hari. Metode *sun drying* dipilih karena penerapannya mudah dan ekonomis. Biji trembesi yang sudah melalui tahap

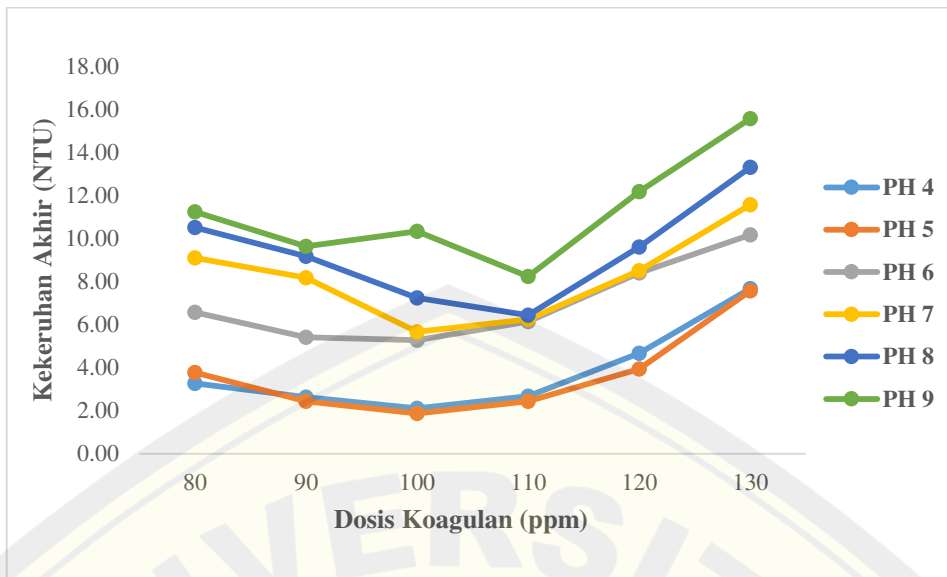
pengeringan kemudian dihaluskan menggunakan blender. Biji trembesi yang sudah halus kemudian disaring menggunakan saringan ukuran 120 mesh.

4.3 pH dan Dosis Optimum

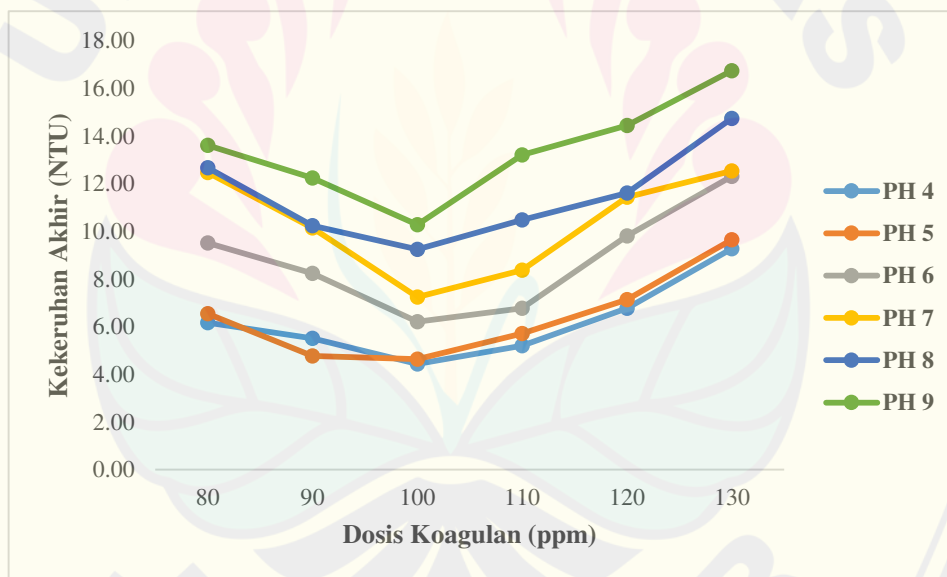
Air sampel 50, 75 dan 100 NTU dengan pH 4-9 yang sudah disiapkan kemudian di tambahkan larutan koagulan biji trembesi. Dosis larutan koagulan yang ditambahkan yaitu 80, 90, 100, 110,120 dan 130 ppm, setiap 1 kombinasi sampel akan diuji koagulasi-flokulasi sebanyak 3 kali. Efisiensi penyisihan dan dosis optimum ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 4. 1 Dosis Optimum Sampel 50 NTU



Gambar 4. 2 Grafik Dosis Optimum Sampel 75 NTU



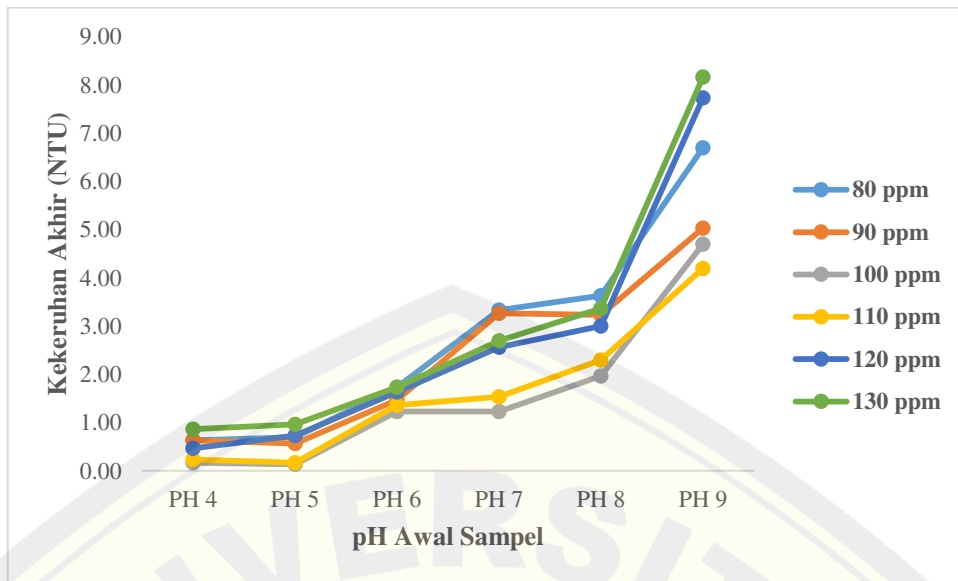
Gambar 4. 3 Grafik Dosis Optimum Sampel 100 NTU

Persentase efisiensi penyisihan tertinggi pada sampel 50 NTU ditunjukkan pada pH 4 dan pH 5 dengan dosis 100 dan 110 ppm dengan nilai kekeruhan akhir 0,10 NTU. Nilai efisiensi penyisihan paling tinggi pada pH 4 dan yaitu 99,80%, pada pH 4 ditunjukkan efisiensi penyisihan paling tinggi didapatkan dari percobaan pertama dan ketiga, begitu juga dengan sampel pH 5. Sampel dengan dosis 110 ppm

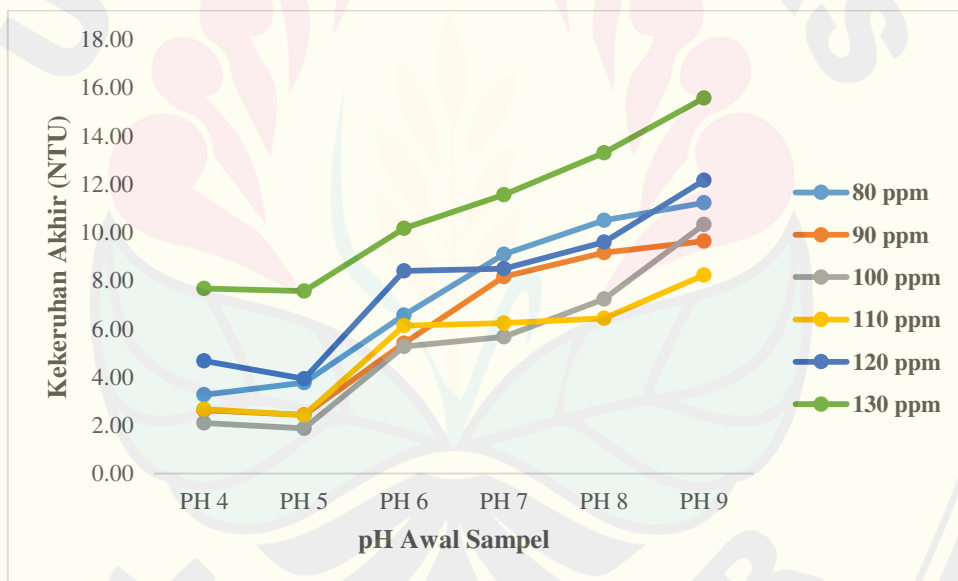
juga menunjukkan nilai persentase penyisihan sebesar 99,80% dan didapatkan pada pH 5 di percobaan ketiga.

Data dosis optimum sampel 75 NTU menunjukkan persentase efisiensi penyisihan paling besar pada kombinasi sampel pH 5 dengan dosis 100 ppm pada percobaan pertama dengan nilai kekeruhan akhir 1,80 NTU. Efisiensi penyisihan paling besar tersebut yaitu 97,60%. Efisiensi penyisihan paling baik pada pH 6 yaitu 93,20% pada percobaan pertama dengan dosis 100 ppm. Efisiensi penyisihan paling baik pada pH 7 yaitu 92,53% pada dosis koagulan 100 ppm pada percobaan pertama. Hasil berbeda ditunjukkan pada sampel kombinasi pH8 dan 9 yang nilai efisiensi penyisihan optimumnya ditunjukkan pada penambahan dosis 110 ppm. Nilai efisiensi paling baik pada sampel pH 8 dan pH 9 yaitu 91,60% dan 89,20% yang didapatkan dari percobaan koagulasi dan flokulasi percobaan kedua

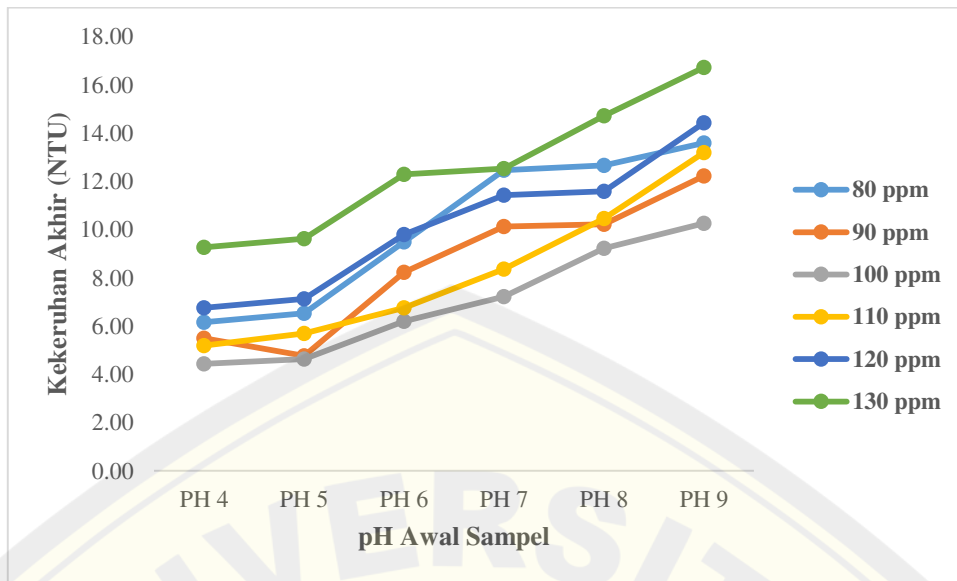
Data yang didapatkan menunjukkan nilai efisiensi penyisihan paling besar pada sampel 100 NTU berada pada titik dosis 100 ppm di semua variasi pH. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada pH 4 yaitu 95,70% pada percobaan pertama dengan hasil kekeruhan akhir 4,60 NTU. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada pH 5 yaitu 95,40% pada percobaan kedua dan ketiga. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada pH 6 dan 7 yaitu 93,90% dan 92,90% pada percobaan pertama. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada sampel pH 8 dan pH 9 yaitu 90,90% dan 89,90% didapatkan dari percobaan ketiga. Nilai kekeruhan akhir kembali meningkat setelah dosis optimum 100 ppm dan 110 ppm. Penambahan dosis koagulan diatas 100 ppm atau 110 ppm akan menaikkan nilai kekeruhan akhir. Hal ini disebabkan karena terjadi gaya tolak menolak diantara partikel yang bermuatan positif sehingga terjadi proses deflokulasi flok yang mengakibatkan larutan menjadi semakin keruh (Margaretha *et al.*, 2012). Dari data yang sudah didapatkan, menunjukkan bahwa kenaikan kekeruhan akhir sejalan dengan kenaikan pH awal, hasil tersebut didapatkan dari visualisasi data dengan grafik berikut :



Gambar 4. 4 Grafik pH Optimum Sampel 50 NTU



Gambar 4. 5 Grafik pH Optimum Sampel 75 NTU



(c)

Gambar 4. 6 Grafik pH Optimum 100 NTU

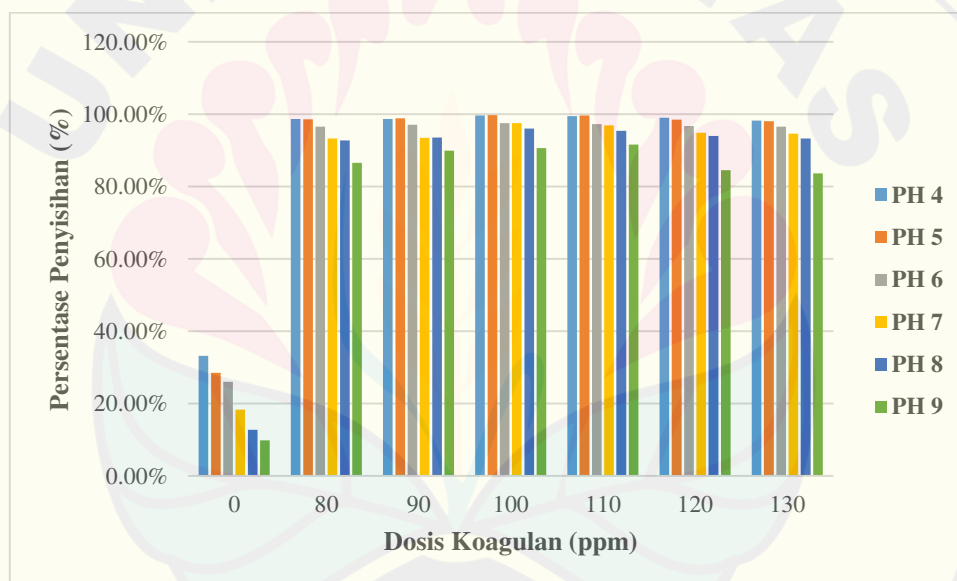
Data hasil observasi menunjukkan bahwa semakin besar nilai pH awal, maka semakin besar nilai kekeruhan akhir air sampel. Hal ini akibat pengaruh pH isoelektrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Asmiyarna *et al.*, (2021), biokoagulan dari produk nabati memiliki konsentrasi H^+ yang sangat tinggi sehingga akan meningkatkan sisi aktif biokoagulan yang akan meningkatkan efektifitas biokoagulan pada air sampel yang bersifat asam. Hal ini diperkuat juga oleh Kasmono dalam Sutapa (2014) yang menyatakan penetralan muatan partikel oleh koagulan hanya mungkin terjadi jika muatan partikel mempunyai konsentrasi yang cukup kuat untuk mengadakan gaya tarik menarik antar partikel koloid.

Perubahan pH air sampel antara pH awal dan pH akhir ini tidak terlalu signifikan, tidak ada pH akhir yang naik satu tingkat. Penurunan pH juga tidak terjadi pada semua kombinasi sampel yang diuji kogulasi-flokulasi. Hal ini menandakan koagulan dari biji trembesi tidak berpengaruh besar pada nilai pH air sampel, oleh karena itu koagulan biji trembesi tidak disarankan digunakan untuk menaikkan pH air sampel yang diolah. Data yang telah didapatkan mengenai pH optimum biokoagulan biji trembesi menunjukkan, kekeruhan akhir berada dibawah

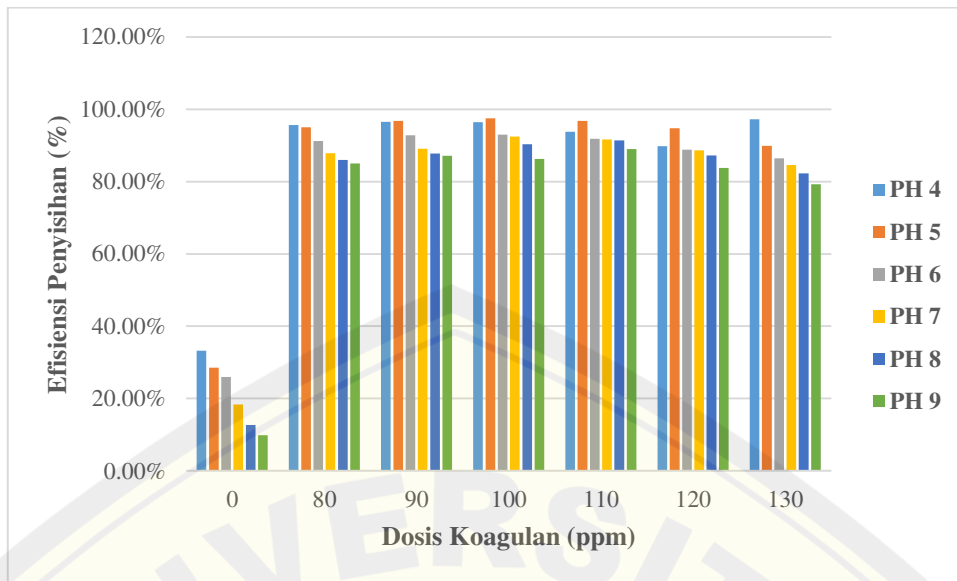
3 NTU rata-rata terjadi pada pH asam atau pH yang cenderung rendah sehingga belum memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 (baku mutu pH 6,5 – 8,5).

4.4 Efisiensi Penyisihan

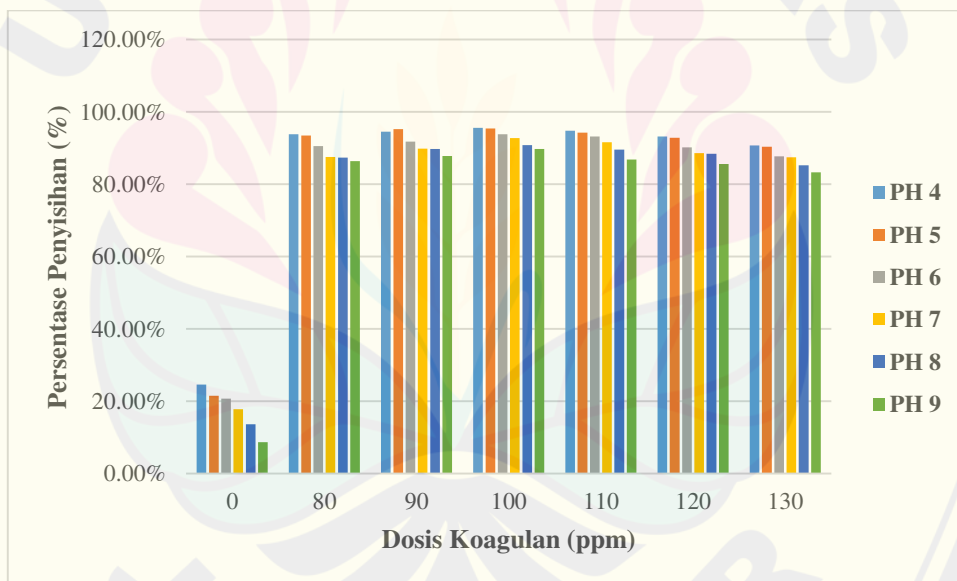
Air sampel 50 NTU dengan pH 4-9 yang sudah disiapkan kemudian di tambahkan larutan koagulan biji trembesi. Dosis larutan koagulan yang ditambahkan yaitu 80, 90, 100, 110, 120 dan 130 ppm, setiap 1 kombinasi sampel akan diuji koagulasi-flokulasi sebanyak 3 kali. Sampel kontrol dengan dosis 0 ppm juga dimasukkan ke dalam hasil analisa data. Sampel kontrol digunakan sebagai pembandingan dan acuan analisa pengaruh variabel bebas yang diteliti. Data efisiensi penyisihan disajikan dalam bentuk grafik berikut :



Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Penyisihan Sampel 50 NTU



Gambar 4. 8 Grafik Efisiensi Penyisihan Sampel 75 NTU



Gambar 4. 9 Grafik Efisiensi Penyisihan Sampel 100 NTU

Hasil koagulasi dan flokulasi menggunakan koagulan biji trembesi pada air sampel buatan 50 NTU menunjukkan hasil yang cukup baik. Koagulan biji trembesi mampu menurunkan tingkat kekeruhan secara signifikan. Data efisiensi penyisihan yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin rendah pH air sampel, semakin

kecil kekeruhan akhir yang dihasilkan. Persentase efisiensi penyisihan dilihat dari nilai kekeruhan akhir setelah proses koagulasi dan flokulasi. Data yang didapatkan menunjukkan semakin rendah pH air sampel, semakin tinggi pula persentase penyisihan yang dihasilkan. Persentase efisiensi penyisihan tertinggi ditunjukkan pada pH 4 dan pH 5 dengan dosis 100 dan 110 ppm. Nilai efisiensi penyisihan paling tinggi pada pH 4 dan yaitu 99,80%, pada pH 4 ditunjukkan efisiensi penyisihan paling tinggi didapatkan dari percobaan pertama dan ketiga, begitu juga dengan sampel pH 5. Sampel dengan dosis 110 ppm juga menunjukkan nilai persentase penyisihan sebesar 99,80% dan didapatkan pada pH 5 di percobaan ketiga.

Persentase efisiensi penyisihan yang ditunjukkan pada air sampel 75 NTU didapatkan hasil yang cukup konsisten jika dibandingkan dengan sampel 50 NTU. Data hasil efisiensi penyisihan pada air sampel dengan kekeruhan 75 NTU ditunjukkan dalam bentuk grafik pada Sampel tiap kombinasi pH dan dosis masing-masing diuji koagulasi-flokulasi sebanyak 3 kali. Pengujian sebanyak 3 kali dilakukan untuk melihat konsistensi hasil kekeruhan akhir agar data kekeruhan akhir yang dihasilkan lebih akurat. Data pada sampel 75 NTU juga menunjukkan persentase efisiensi penyisihan paling besar pada kombinasi sampel pH 4 dengan dosis koagulan sebanyak 100 ppm pada percobaan pertama dan kedua. Efisiensi penyisihan paling besar tersebut yaitu 97,33% baik pada percobaan pertama ataupun kedua. Hasil efisiensi penyisihan paling baik pada pH 5 yaitu 97,60% pada percobaan pertama dengan dosis koagulan 100 ppm. Efisiensi penyisihan paling baik pada pH 6 yaitu 93,20% pada percobaan pertama dengan dosis 100 ppm. Efisiensi penyisihan paling baik pada pH 7 yaitu 92,53% pada dosis koagulan 100 ppm pada percobaan pertama. Hasil berbeda ditunjukkan pada sampel kombinasi pH 8 dan 9 dimana nilai efisiensi penyisihan optimumnya ditunjukkan pada penambahan dosis 110 ppm. Nilai efisiensi paling baik pada sampel pH 8 dan pH 9 yaitu 91,60% dan 89,20% yang didapatkan dari percobaan koagulasi dan flokulasi percobaan kedua.

Data efisiensi removal pada sampel 100 NTU menunjukkan nilai efisiensi penyisihan paling besar berada pada titik dosis 100 ppm di semua variasi pH. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada pH 4 yaitu 95,70% pada percobaan pertama. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada pH 5 yaitu 95,40% pada percobaan kedua dan ketiga. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada pH 6 dan 7 yaitu 93,90% dan 92,90% pada percobaan pertama. Nilai efisiensi penyisihan optimum pada sampel pH 8 dan pH 9 yaitu 90,90% dan 89,90% didapatkan dari percobaan ketiga. Data yang didapatkan juga menunjukkan adanya korelasi pH dan efisiensi penyisihan, semakin rendah nilai pH sampel, maka semakin besar pula efisiensi penyisihan yang didapatkan. Nilai pH yang tinggi juga berpengaruh pada nilai efisiensi penyisihan, dari data yang ditunjukkan terjadi penurunan efisiensi penyisihan pada pH yang sifatnya cenderung basa, hal ini menunjukkan koagulan biji trembesi bekerja kurang optimal pada pH basa. Data yang didapatkan juga menunjukkan informasi ada pengaruh signifikan antara dosis koagulan terhadap efisiensi removal, hal ini diketahui dari nilai efisiensi penyisihan yang didapatkan dari kombinasi sampel kontrol (sampel tidak dibubuhi dosis koagulan), koagulan berperan penting dalam proses koagulasi-flokulasi sehingga nilai efisiensi penyisihan yang didapatkan maksimal hanya 33,07%.

4.5 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Kekeruhan Akhir

Analisis pengaruh dosis koagulan terhadap kekeruhan akhir diketahui dengan melakukan analisis regresi. Analisis regresi linear pengaruh dosis koagulan terhadap kekeruhan akhir disajikan pada **Tabel 4.2**

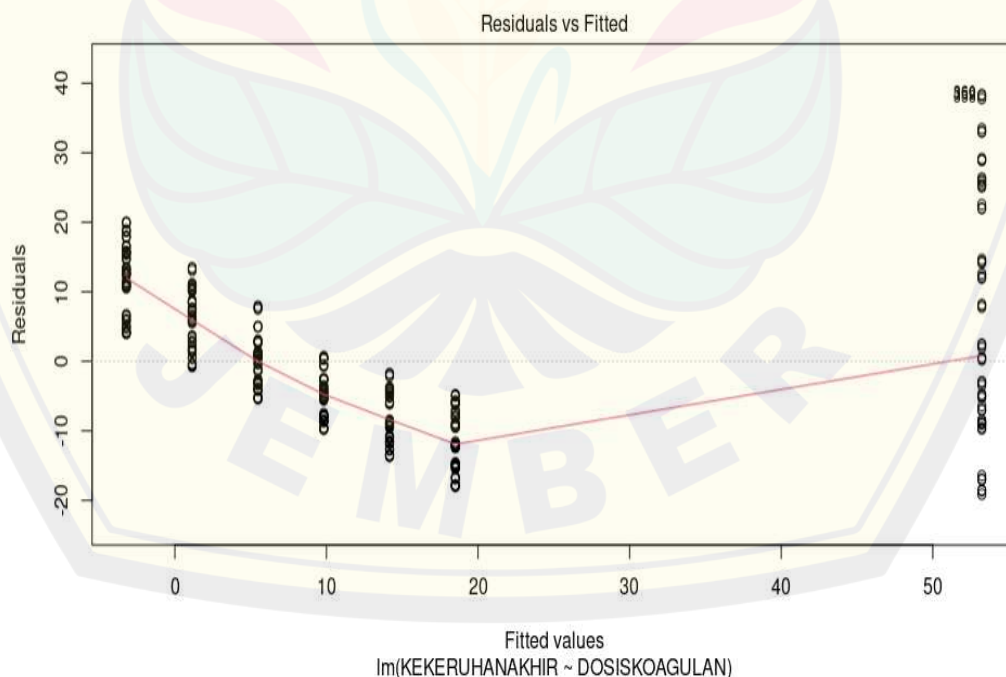
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Regresi Linear Pengaruh Dosis Terhadap Kekeruhan

Variabel	Estimate	Std. Error	t Value	Pr (> t)
(Intercept)	24,94973	2,91335	8,564	288 x 10 ⁻¹⁶ ***
Kekeruhan awal	0,23156	0,02446	9,643	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
Dosis Koagulan	-0,43414	0,01248	-34,781	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
pH Awal	1,63011	0,29235	5,576	473 x 10 ⁻⁰⁸ ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 9,707 on 374 degrees of freedom Multiple R-squared: 0,781.
Adjusted R-squared: 0,7792 F-statistic: 444,6 on 3 and 373 DF, p-value: < 2 x 10⁻¹⁶

Data yang ditunjukkan pada **Tabel 4.2** adalah hasil analisis regresi menggunakan software Rstudio. Model regresi yang didapatkan yaitu **$Y = 24,94 + 0,23 \times (X1) - 0,43 \times (X2) + 1,63 \times (X3)$** . Model regresi yang akan dianalisis perlu dilihat linearitasnya terlebih dahulu. Grafik uji linearitas dari model regresi yang didapatkan dari Tabel 4.2 disajikan pada **Gambar 4.10**

**Gambar 4. 10** Grafik Residual Regresi Linear Pengaruh Dosis Koagulan

Grafik residual data pada **Gambar 4.10** menunjukkan garis persebaran data tidak menunjukkan hubungan yang linear sehingga selanjutnya data akan dianalisis menggunakan metode regresi polinomial orde-2 atau *non linear*. Hasil analisis regresi polinomial data dosis koagulan dan kekeruhan akhir disajikan pada **Tabel 4.3**

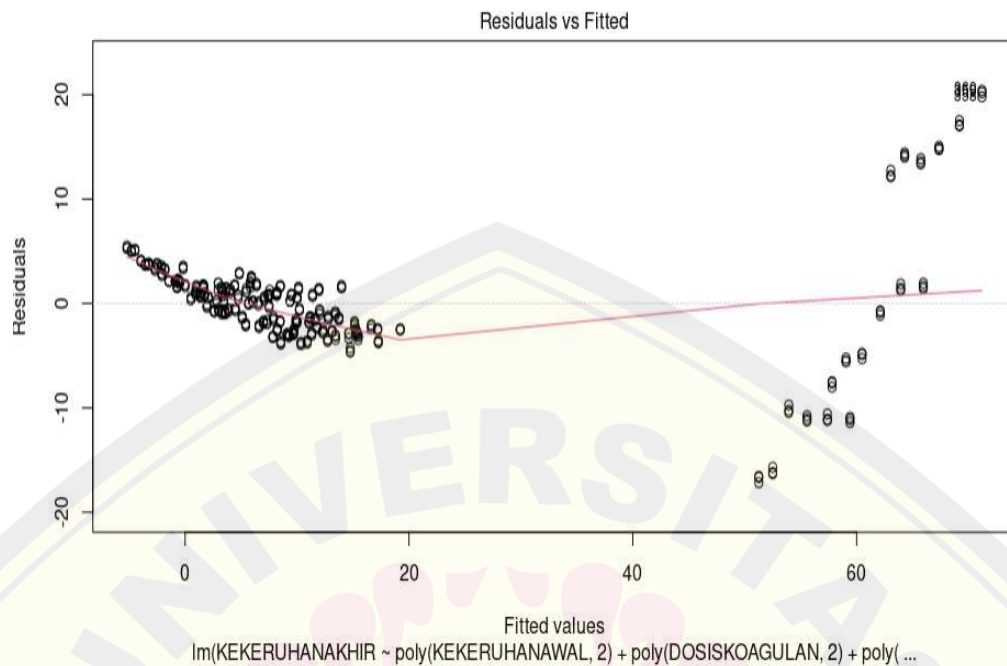
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Regresi Polinomial Pengaruh Dosis Terhadap Kekeruhan

Variabel	Estimate	Std. Error	t Value	Pr (> t)
Intercept	14.1624	0,2601	54,451	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(KEKERUHANAWAL, 2)1	93,6029	5,0568	18,51	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(KEKERUHANAWAL, 2)2	-5,9828	5,0568	-1,183	0,238
poly(DOSISKOAGULAN, 2)1	-337,6234	5,0568	-66,766	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(DOSISKOAGULAN, 2)2	160,3019	5,0568	31,7	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(PHAWAL, 2)1	54,1261	5,0568	10,704	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(PHAWAL, 2)2	4,7109	5,0568	0,932	0,352

*Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1*

*Residual standard error: 5,057 on 371 degrees of freedom Multiple R-squared: 0,941. Adjusted R-squared: 0,9401 F-statistic: 987 on 6 and 371 DF, p-value: < 2 x 10⁻¹⁶ ****

Model regresi polinomial orde-2 yang didapatkan dari hasil analisis pada **Tabel 4.3** yaitu : $Y = 14,16 + 93,60 x (X1) - 5,98 x (X1)^2 - 337,62 x (X2) + 160,3 x (X2)^2 + 54,12 x (X3) + 4,7 x (X3)^2$. Berdasarkan **Tabel 4.3** terlihat nilai *Adjusted R-Squared* untuk orde 2 yaitu sebesar 94,01% ini artinya variabel kekeruhan awal, dosis koagulan dan pH awal dapat menjelaskan varians dari variabel terikat dalam model, sedangkan sisanya dipengaruhi variabel lain diluar model. Nilai p-value pada model regresi polinomial diatas menunjukkan angka 0,00 artinya kurang dari tingkat signifikansi 0,05 sehingga dapat disimpulkan variabel prediktor pada model regresi polinomial diatas berpengaruh signifikan terhadap kekeruhan akhir. Model regresi yang sudah didapatkan kemudian diplot grafik residualnya, grafik residual data pada model regresi polinomial orde 2 pada persamaan diatas disajikan pada **Gambar 4.11**



Gambar 4. 11 Grafik Residual Regresi Polinomial Pengaruh Dosis

Hasil uji normalitas di atas menunjukkan bahwa signifikansi pada uji normalitas dosis koagulan terhadap kekeruhan akhir menghasilkan p -value 0,00 nilai $\text{sig} < 0,05$ sehingga artinya residual berdistribusi tidak normal. Hasil uji normalitas ini menunjukkan bahwa model regresi polinomial yang didapatkan belum bisa digunakan sebagai acuan untuk menentukan kekeruhan akhir.

4.6 Pengaruh pH Terhadap Kekeruhan Akhir

Analisis pengaruh dosis koagulan terhadap kekeruhan akhir diketahui dengan melakukan analisis regresi. Analisis regresi linear pengaruh dosis koagulan terhadap kekeruhan akhir disajikan pada **Tabel 4.4**

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Regresi Linear Pengaruh pH Awal Terhadap Kekeruhan

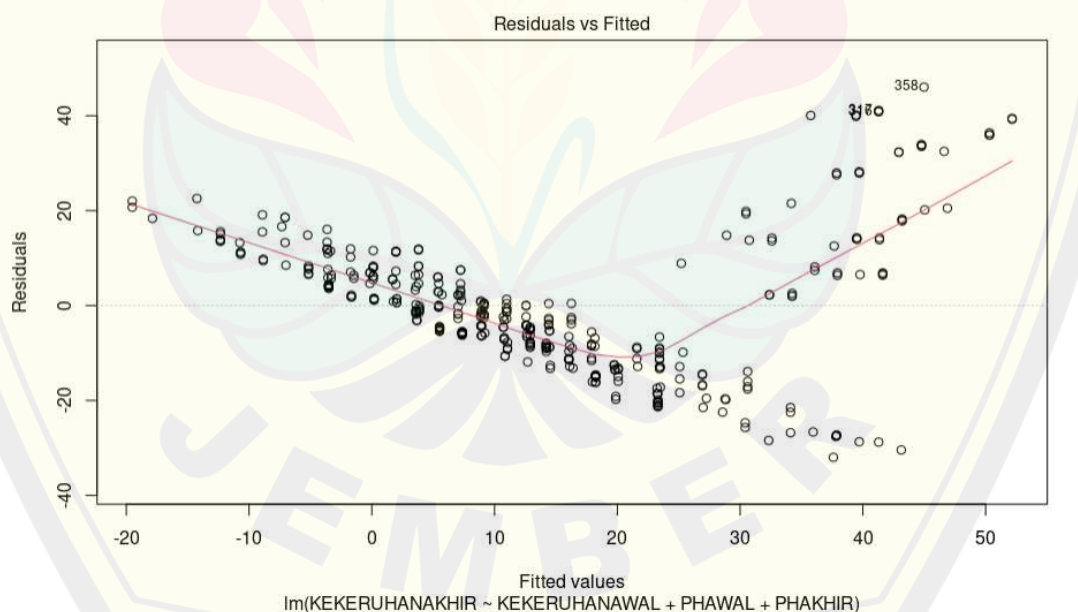
Variabel	Estimate	Std. Error	t Value	Pr (> t)
(Intercept)	21,6545	4,3248	5,007	853 x 10 ⁻⁰⁷ ***
Kekeruhan awal	0,2108	0,0356	5,921	726 x 10 ⁻⁰⁹ ***
pH Awal	73,6477	3,7453	19,664	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
pH Akhir	-71,8027	3,71	-19,354	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Residual standard error: 14,12 on 374 degrees of freedom Multiple R-squared: 0,5367.

Adjusted R-squared: 0,533 F-statistic: 144,4 on 3 and 373 DF, p-value: < 2 x 10⁻¹⁶

Data yang ditunjukkan pada **Tabel 4.4** adalah hasil analisis regresi linear menggunakan *software Rstudio*. Model regresi yang didapatkan yaitu $Y = 21,65 + 0,21(X_1) + 73,64(X_2) - 71,80(X_3)$. Model regresi yang akan dianalisis perlu dilihat linearitasnya terlebih dahulu. Grafik uji linearitas dari model regresi yang didapatkan dari Tabel 4.7 disajikan pada **Gambar 4.12**

**Gambar 4. 12** Grafik Residual Regresi Linear Pengaruh pH

Grafik residual data pada **Gambar 4.12** menunjukkan garis persebaran data tidak menunjukkan hubungan yang linear sehingga selanjutnya data akan dianalisis menggunakan metode regresi polinomial orde-2 atau *non linear*. Hasil analisis regresi polinomial data dosis koagulan dan kekeruhan akhir disajikan pada **Tabel 4.5**

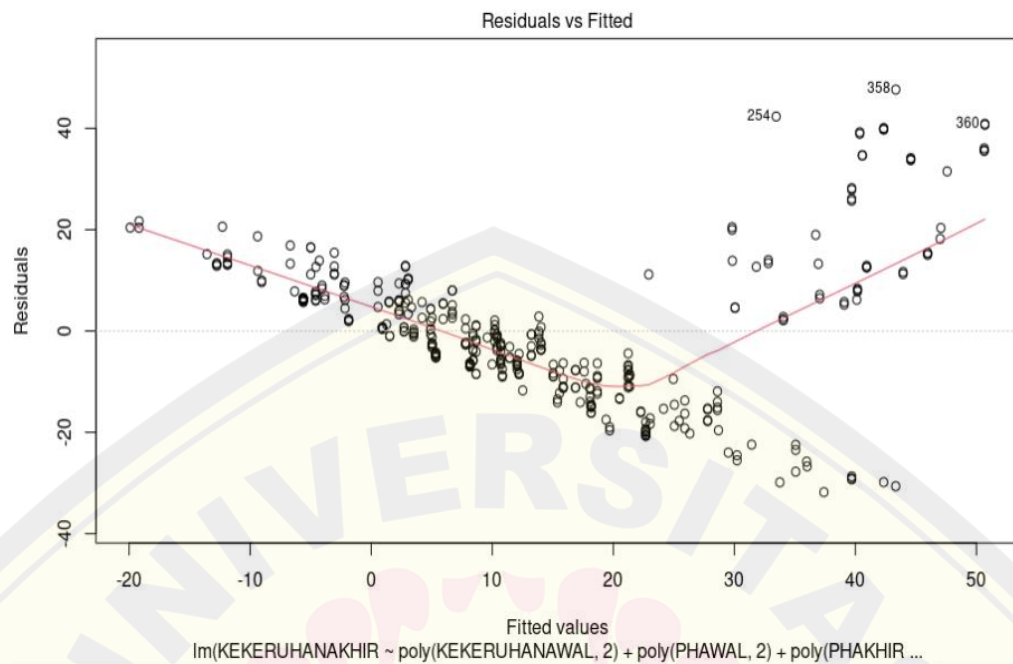
Tabel 4.5 Hasil Analisis Regresi Polinomial Pengaruh pH Terhadap Kekeruhan

Variabel	Estimate	Std. Error	t Value	Pr (> t)
Intercept	14,1624	0,7253	19,525	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(KEKERUHANAWAL, 2)1	83,5471	14,1118	5,92	732 x 10 ⁻⁰⁹ ***
poly(KEKERUHANAWAL, 2)2	-14,8724	14,277	-1,042	0,298
poly(PHAWAL, 2)1	2471,1342	124,9388	19,779	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(PH AWAL, 2)2	-12,4236	57,7738	-0,215	0,83
poly(PHAKHIR, 2)1	-2432,6228	124,9419	-19,47	< 2 x 10 ⁻¹⁶ ***
poly(PHAKHIR, 2)2	-11,7616	57,8123	-0,203	0,839

*Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1*

*Residual standard error: 5,057 on 371 degrees of freedom Multiple R-squared: 0,5415, Adjusted R-squared: 0,5341 F-statistic: 73,03 on 6 and 371 DF, p-value: < 2 x 10⁻¹⁶ ****

Model regresi polinomial orde-2 yang didapatkan dari hasil analisis pada Tabel 4.8 yaitu : $Y = 14.16 + 83.54(X1) - 14.87(X1)^2 + 2471.13(X2) - 12.42(X2)^2 - 2432.62(X3) - 11.67(X3)^2$. Berdasarkan **Tabel 4.5** terlihat nilai *Adjusted R-Squared* untuk orde 2 yaitu sebesar 0,5341 ini artinya variabel kekeruhan awal, pH awal dan pH akhir dapat menjelaskan varians dari variabel terikat dalam model sebanyak 53.41% sedangkan sisanya dipengaruhi variabel lain diluar model. Nilai p-value dari model regresi polinomial diatas kurang dari tingkat signifikansi 0,05 yaitu 0,00 artinya variabel pH awal berpengaruh signifikan terhadap nilai kekeruhan akhir. Model regresi yang sudah didapatkan kemudian diplot grafik residualnya, grafik residual data pada model regresi polinomial orde 2 pada persamaan diatas disajikan pada **Gambar 4.13**



Gambar 4. 13 Grafik Residual Model Regresi Polinomial Pengaruh pH

Hasil uji normalitas diatas menunjukkan bahwa signifikasi pada uji normalitas pH awal terhadap kekeruhan akhir menghasilkan p-value 0,00 nilai sig < 0,05 sehingga artinya residual berdistribusi tidak normal. Hasil uji normalitas ini menunjukkan bahwa model regresi polinomial yang didapatkan belum bisa digunakan sebagai acuan untuk meramal atau menentukan nilai kekeruhan akhir.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan antara lain yaitu sebagai berikut :

1. Dosis optimum yang dibutuhkan biokoagulan dalam menurunkan kekeruhan air yaitu sebesar 100 ppm dengan kekeruhan akhir bernilai 0,10 NTU sedangkan pH optimum yang dibutuhkan dalam menurunkan kekeruhan air yaitu pada kekeruhan asam (pH 4)
2. Dosis koagulan dan pH awal air sampel berpengaruh signifikan terhadap kekeruhan akhir, hal ini dibuktikan dengan nilai p-value $<0,05$ pada hasil analisis regresi polinomial orde 2 menggunakan *software Rstudio*

5.2 Saran

Adanya permasalahan yang terjadi dalam penelitian, maka saran dari penulis untuk penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Perlu melakukan pengujian berbagai variabel yaitu kecepatan pengadukan, bahan kitosan dan penentuan dosis koagulan untuk membantu menentukan dosis optimal sesuai jenis dan kondisi air.
2. Hasil dari analisis statistik dengan model regresi polinomial menunjukkan adanya pengaruh signifikan pada variabel dosis koagulan dan pH awal terhadap kekeruhan akhir namun model regresi polinomial yang didapatkan tidak memenuhi asumsi normalitas pada data residual. Konsekuensinya, model regresi yang didapatkan kurang tepat, dan diharapkan peneliti selanjutnya menerapkan tingkatan orde yang lebih tinggi pada model regresi polinomial atau menggunakan metode analisis lain yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adira,R.,A,M Ashari, dan R, Rahmi. 2020. Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samanea Saman*) Sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Domestik. *Jurnal Amina*. 2(3) : 126-131.
- Amanda, Y.T., Isa, M. Dan Anita, D.M. 2019. Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samanea Saman*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS dan Kekeruhan Pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 2(3): 92-96.
- Asmiyarna, S.,Daud, Dan L. Darmayanti. 2021. Pengaruh Dosis Koagulan Belimbing Wuluh serta Pengaruh pH dalam Menyisihkan Warna dan Zat Organik Pada Air Gambut. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. 1(8):1-5
- Badan Standar Nasional. SNI 19-6449-2000. Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi dengan Cara Jarrest.
- Budiono dan Sumardiono S. 2013 *Teknik Pengolahan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hendrawati., S. Sumarni, dan Nurhasni. 2015. Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Kimia Valensi*. 1(1): 1-11.
- Indriyati, J, P. Susanto,. 2009 Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kecap Secara Koagulasi dan Flokulasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*).10 (3) : 265-270.
- John, J F D., J P R. Arguello, dan G E. Ribon. 2016. Behavior of Turbidity , pH, Alkalinity and Color in Sinu River Raw Water Treated by Natural Coagulants. *Journal of Redin*. 78: 119-128.
- Kawamura, S. 2000. *Intergrated Design and Operation of Water Treatment Facilities 2 nd, hal 159*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Kristianto, H., Prasetyo, S., Sugih, A.K. 2019. Pemanfaatan Ekstrak Protein dari Kacang-Kacangan sebagai Koagulan Alami. *Jurnal Rekayasa Proses*. 13 (2). 65-80.
- Margaretha, Mayasari, R., Syaiful dan Subroto. 2012. Pengaruh Kualitas Air Baku Terhadap Dosis Dan Biaya Koagulan Aluminium Sulfat Dan Poly Aluminium Chloride. *Teknik Kimia*, 18(4), 21–30.

- Ndabigengesere, A., Narasiah, K.S., Talbot, B.G. 1995. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Waters using *Moringa oleifera*. *Water Research*. 29 (2). 703-710.
- Novitasari, I. A. 2014. Pemanfaatan Biji Munggur sebagai Bahan Dasar Pembuatan Tahu dengan Penambahan Sari Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) dan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) sebagai Penggumpal. *Skripsi*. Surakarta:Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nurishmasari, S A., Hardjono. 2017. Pemanfaatan Koagulan Alami Dari Campuran Biji Trembesi Dan Kitosan Pada Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit. *Jurnal Teknologi Separasi*.7(2):543-551.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023. Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan. Jakarta
- Putra, R. 2013. Pemanfaatan Biji Kelor Sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Limbah Cair Industri Tahu dengan Menggunakan *Jar test*. Medan: *Skripsi* Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara.
- Putri W, Oktafia., I. Rustanti dan Marlik. 2020. Pemanfaatan Ekstrak Biji Trembesi (*Samanea Saman*). *Jurnal Envirotek* 12(2):38-43.
- Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. 2000. *Water Work Engineering : Planning, Design & Operation*. Texas:Prentice Hall PTR.
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. 1996. *Unit operations and processes in environmental engineering* Vol. 20: PWS Publishing Company Boston, MA.
- Sutapa. 2014. Perbandingan Efisiensi Koagulan Aluminium dan PAC dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Rist Geologi dan Pertambangan*. 1(24)
- Zuraida.,Z.D, E, Mulyadi., dan F, Rosariawari. 2020. Efektifitas Biokoagulan (*Samanea Saman*) Dalam Menyisihkan Padatan Tersuspensi Pada Air Limbah Domestik. *Seminar Nasional ESEC*. 88-93.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 <https://unej.id/KECEPATANPENGADUKAN>

LAMPIRAN 2 Tabel Observasi Sampel <https://unej.id/HASILOBSERVASI>

LAMPIRAN 3 Hasil Olah Data <https://unej.id/REGRESIPOLINOMIAL>

LAMPIRAN 4 Plot Model Regresi <https://unej.id/plotmodelregresi>

LAMPIRAN 5 Dokumentasi <https://unej.id/dokumentasiTAPDAMTEGALGEDE>

