

TUGAS AKHIR

**KOMBINASI BIJI PEPAYA (*CARICA PAPAYA L*) DAN BIJI ASAM JAWA
(*TAMARINDUS INDICA*) SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM
MENURUNKAN KADAR KEKERUHAN, PH, TIMBAL DAN KROMIUM
PADA AIR LIMBAH TEKSTIL**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**REVINA MUTHIA
21513147**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2025**

TUGAS AKHIR

KOMBINASI BIOKOAGULAN BIJI PEPAYA (*CARICA PAPAYA L*) DAN BIJI ASAM JAWA (*TAMARINDUS INDICA*) SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN KADAR KEKERUHAN, PH, TIMBAL DAN KROMIUM PADA AIR LIMBAH TEKSTIL

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



REVINA MUTHIA

21513147

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Prof. Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D., IPU.

NIK. 025100406

Tanggal : 21-2-2025

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Any Juliani, S.T., M.Eng. (Res. Eng.), Ph.D.

NIK. 095130403

Tanggal : 21/2-2025

HALAMAN PENGESAHAN

KOMBINASI Biji PEPAYA (*CARICA PAPAYA L*) DAN Biji ASAM JAWA (*TAMARINDUS INDICA*) SEBAGAI BIOKOAGULAN DALAM MENURUNKAN KADAR KEKERUHAN, PH, TIMBAL DAN KROMIUM PADA AIR LIMBAH TEKSTIL

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu

Tanggal : 19/2/2025

Disusun Oleh :
Revina Muthia
21513147

Tim Penguji :

Prof. Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D., IPU.

Ir. Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.T., IPP.

( 21/2/2025)
( 19/2/2025)
( 19/2/2025)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini asli dan belum pernah diajukan ke Universitas Islam Indonesia atau perguruan tinggi lain untuk mendapatkan gelar akademik apapun.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, ungkapan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan orang lain kecuali atas petunjuk dari Dosen Pembimbing.
3. Karya atau pandangan orang lain tidak dicantumkan dalam karya tulis ini, kecuali nama penulis disebutkan secara jelas dalam tulisan di naskah dan dicantumkan sebagai acuan dalam daftar pustaka.
4. Program perangkat lunak komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya dan tidak ada hubungannya dengan Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, dan apabila di kemudian hari terdapat pelanggaran dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima segala sanksi akademik, pencabutan gelar yang diperoleh, sebagai sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 21 Februari 2025

Yang membuat pernyataan



Revina Muthia

21513147

PRAKATA

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “Kombinasi Biji Pepaya (*Carica Papaya L.*) dan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) sebagai Biokoagulan Dalam Menurunkan Kadar Kekeruhan, pH, Timbal dan Kromium pada Air Limbah Tekstil di Yogyakarta”. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini banyak sekali hambatan dan rintangan yang saya hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan, bantuan, serta dukungan dari banyak pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kesehatan, kelancaran, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D., IPU. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang juga turut memberikan bimbingan, bantuan materil serta masukan metode kerja dalam proses pembuatan, perhitungan dan pengujian sampel.
3. Kedua orang tua penulis, Papa Mulyadi, Mama Rama Devi, Kakak penulis Ulimaz Almira, Kembaran penulis Revani Audira, Adik penulis Ariqa Shakila dan Nenek penulis Maidayarnis serta seluruh keluarga penulis yang memberikan doa, kasih sayang, dan kepercayaan kepada saya selama penyusunan laporan ini.
4. Pasangan penulis abang Muhammad Fachrul Rizal yang senantiasa menemani, meluangkan waktu, memberikan dorongan, motivasi dan pengingat kepada penulis selama mengerjakan skripsi, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tanpa kendala.
5. Teman-teman penulis Tasya, Kiki, Bina, Permata dan Fadila yang turut memberikan bantuan dalam kegiatan penelitian dan dorongan untuk segera menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen, staff, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia karena telah memberikan pengajaran dan pengalaman selama kuliah sehingga ilmu yang telah penulis peroleh dapat bermanfaat untuk penyusunan laporan ini.

7. Pak Iwan, Mas Ridwan, Mba Nida, Mba Shinta dan Mba Rina selaku staff Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang sudah membantu sejak awal safety induction, pembuatan sampel hingga tahap akhir dalam pengujian sampel.
8. Pihak-pihak lainnya yang tidak disebut satu per satu yang telah membantu penulis menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
9. Penulis berterimakasih kepada diri sendiri Revina Muthia, yang sudah mau dan mampu melawan rasa malasnya, mengurangi waktu mainnya, mengurangi waktu tidurnya, menjaga fokusnya, dan selalu siap untuk berdiri di atas kaki sendiri.
10. Kepada Teman-teman Teknik Lingkungan UII angkatan 2021, terimakasih pengalaman berharga serta atas suka dan duka selama berkuliah disini.

Penulis menyadari kekurangan yang terdapat di dalam laporan tugas akhir ini serta tidak luput dari kesalahan dan keterbatasan ilmu pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan penulis dan kelengkapan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Billahi taufiq wal hidayah,

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

ABSTRAK

Air baku hingga saat ini masih terus dimanfaatkan oleh manusia. Akan tetapi permasalahan terkait air sungai saat ini adalah banyaknya limbah industri tekstil yang berasal dari industri batik yang membuang limbahnya langsung ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu sehingga dibutuhkan pengolahan salah satunya dengan pemanfaatan Biji Pepaya (*Carica Papaya L*) dan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) sebagai koagulan alami yang mengandung 25,1% protein dan juga kandungan tanin sebesar 20,2%. Kandungan protein dan zat tanin pada biji-bijian ini dapat membantu proses destabilisasi partikel limbah sehingga pembentukan dan pengendapan flok dapat terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis dan ukuran partikel terhadap kinerja biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) pada pengolahan limbah cair industri batik serta menguji kinerja biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) terhadap efektivitas dan efisiensi pengolahan limbah cair industri batik didasarkan pada parameter kekeruhan, pH serta penurunan kadar logam berat Cr dan Pb. Metode jar test digunakan untuk pengujian koagulasi-flokulasi. Didapatkan hasil penurunan kekeruhan sebesar 86,4%, penurunan derajat keasaman (pH) sebesar 8 serta penurunan kandungan logam berat Pb dan Cr secara berturut-turut sebesar 81% dan 80,6%. Hasil tersebut diperoleh pada dosis dan ukuran partikel optimum yaitu 200 mg/L dan 100 mesh. Selanjutnya hasil tersebut dibandingkan dengan penggunaan koagulan kimia PAC (*Poly Aluminium Chloride*) yang menghasilkan penurunan kekeruhan sebesar 90,3%, penurunan derajat keasaman (pH) sebesar 7 serta penurunan kandungan logam berat Pb dan Cr secara berturut-turut sebesar 41,3% dan 60,5%. Dan hasil penggunaan koagulan kimia tawas menghasilkan penurunan kekeruhan sebesar 66,6%, penurunan derajat keasaman (pH) sebesar 8 serta penurunan kandungan logam berat Pb dan Cr secara berturut-turut sebesar 76,3% dan 35,9%. Hal ini menunjukkan bahwa biokoagulan Biji Pepaya (*Carica Papaya L*) dan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) memiliki potensi yang besar sebagai koagulan pengganti koagulan kimia pada pengolahan limbah cair industri batik. Biokoagulan memiliki berbagai kelebihan yaitu ramah lingkungan, ekonomis dan bahan baku yang mudah diperoleh.

Kata Kunci: Air limbah, Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*), Biji Pepaya (*Carica Papaya L*), Biokoagulan, Koagulasi Flokulasi.

ABSTRACT

Raw water is still continuously utilized by humans. However, the current problem related to rivers is the large amount of industrial wastewater from the textile industry, particularly batik, which is discharged directly into rivers without prior treatment. Therefore, treatment is needed, one of which is the utilization of Papaya Seeds (Carica Papaya L.) and Tamarind Seeds (Tamarindus Indica) as natural coagulants that contain 25.1% protein and 20.2% tannins. The protein and tannin content in these seeds can assist in the destabilization of waste particles, allowing for the formation and sedimentation of flocs. This study aims to determine the effect of dosage and particle size on the performance of biocoagulants from papaya seeds (Carica papaya L.) and tamarind seeds (Tamarindus Indica) in the treatment of wastewater from the batik industry, as well as to test the performance of these biocoagulants regarding effectiveness and efficiency in treating batik industrial wastewater based on the parameters of turbidity, pH, and the reduction of heavy metal concentrations Cr and Pb. The jar test method was used for the coagulation-flocculation testing. The results showed a turbidity reduction of 86.4%, a decrease in acidity (pH) of 8, and a reduction of heavy metal content for Pb and Cr by 81% and 80.6%, respectively. These results were obtained at the optimum dosage and particle size of 200 mg/L and 100 mesh. Furthermore, these results were compared with the use of the chemical coagulant PAC (Poly Aluminium Chloride), which resulted in a turbidity reduction of 90.3%, a decrease in acidity (pH) of 7, and a reduction of heavy metal content for Pb and Cr by 41.3% and 60.5%, respectively. The use of the chemical coagulant alum resulted in a turbidity reduction of 66.6%, a decrease in acidity (pH) of 8, and a reduction of heavy metal content for Pb and Cr by 76.3% and 35.9%, respectively. This indicates that biocoagulants from Papaya Seeds (Carica Papaya L.) and Tamarind Seeds (Tamarindus Indica) have great potential as substitutes for chemical coagulants in treating wastewater from the batik industry. Biocoagulants have several advantages, including being environmentally friendly, economical, and easily obtainable.

Keywords: *Biocoagulant, Coagulation-Flocculation, Papaya Seeds (Carica Papaya L.), Tamarind Seeds (Tamarindus Indica), Wastewater.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
PRAKATA.....	5
ABSTRAK.....	7
ABSTRACT.....	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR GAMBAR.....	12
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang.....	14
1.2 Rumusan Masalah.....	17
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Manfaat Penelitian	18
1.5 Ruang Lingkup.....	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1 Deskripsi Batik.....	20
2.2 Koagulasi dan Flokulasi.....	21
2.3 Koagulan Alami	24
2.4 Koagulan Kimia	26
2.5 Parameter Analisis	27
2.6 Instrumen Analisis	29
2.7 Baku Mutu Limbah Industri Tekstil dan Batik.....	33
2.8 Penelitian Terdahulu	35
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Alur Penelitian	41
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	42
3.3 Alat dan Bahan.....	43
3.4 Variabel.....	
3.5 Prosedur Pengujian	46
3.6 Analisis Data.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Karakteristik Limbah Batik.....	55
4.2 Karakterisasi Biokoagulan.....	56
4.3 Analisis Pengaruh Dosis dan Ukuran Partikel	64

4.4	Perbandingan Efektivitas Koagulan.....	90
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		96
5.1	Kesimpulan	96
5.2	Saran	97
DAFTAR PUSTAKA		98
LAMPIRAN.....		102

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ukuran Partikel dalam Air	23
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah.....	34
Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Tekstil Daerah Istimewa Yogyakarta.....	35
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu	35
Tabel 4. 1 Karakteristik dari limbah batik sebelum diberikan koagulan	55
Tabel 4. 2 Perbandingan penurunan kekeruhan tiap koagulan.....	
Tabel 4. 3 Perbandingan penurunan pH tiap koagulan	
Tabel 4. 4 Perbandingan penurunan logam berat tiap koagulan	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Contoh gambar skema kerangka berpikir penelitian	17
Gambar 2. 1 Proses membatik menggunakan Canting.....	20
Gambar 2. 2 Proses Koagulasi dan Flokulasi.....	22
Gambar 2. 3 Biji Pepaya (<i>Carica papaya L</i>).....	25
Gambar 2. 4 Biji Asam Jawa (<i>Tamarindus indica</i>).....	26
Gambar 2. 5 Skema Prosedur SSA.....	31
Gambar 2. 6 Gambar instrumen <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).	32
Gambar 2. 7 Gambar skema instrumentasi <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).	33
Gambar 3. 1 Lokasi pengambilan sampel air limbah tekstil	42
Gambar 3. 2 Sampel air limbah industri batik.....	46
Gambar 3. 3 Proses pemisahan daging buah dengan biji buah	47
Gambar 3. 4 Pengeringan biji-bijian menggunakan oven	48
Gambar 3. 5 Proses pengayakan serbuk biji bijian menggunakan ayakan 70 dan 100 mesh.....	49
Gambar 3. 6 Proses penimbangan serbuk bijian dan koagulan kimia.....	49
Gambar 3. 7 Diagram Alir Preparasi Biokoagulan (biji asam jawa dan biji pepaya)	
Gambar 3. 8 Proses Jartest Biokoagulan dan Chemical Coagulant.	50
Gambar 3. 9 Pengujian koagulan serbuk biji pepaya (<i>Carica papaya L.</i>) dan biji asam jawa (<i>Tamarindus Indica</i>)	
Gambar 3. 10 Pengujian Kadar Kekeruhan.....	
Gambar 3. 11 Pengujian Kadar pH	
Gambar 3. 12 Pengujian Logam Berat Timbal (Pb).....	
Gambar 3. 13 Pengujian Logam Berat Krom Total (Cr).....	
Gambar 3. 14 Diagram Alir Penelitian.....	41
Gambar 4. 1 Hasil FTIR Karakteristik Biji Pepaya.....	56
Gambar 4. 2 Hasil FTIR Karakteristik Biji Asam Jawa.....	58
Gambar 4. 3 Hasil FTIR Karakteristik Biji Pepaya dan Biji Asam Jawa	60
Gambar 4. 4 Hasil SEM Morfologi Biji Pepaya	61
Gambar 4. 5 Hasil SEM Morfologi Biji Asam Jawa.....	62
Gambar 4. 6 Hasil SEM Morfologi Biji Pepaya dan Biji Asam Jawa	63
Gambar 4. 7 Pengecekan kekeruhan awal air limbah industri batik	51
Gambar 4. 8 Pengecekan kekeruhan percobaan pertama pemberian biokoagulan	51
Gambar 4. 9 Pengecekan kekeruhan percobaan kedua pemberian biokoagulan.....	
Gambar 4. 10 Pengecekan kekeruhan pemberian koagulan kimia (tawas).....	
Gambar 4. 11 Pengecekan kekeruhan pemberian koagulan kimia (PAC)	52
Gambar 4. 12 proses pengecekan pH air limbah batik awal menggunakan kertas lakmus universal.....	53
Gambar 4. 13 proses pengecekan pH air limbah batik setelah diberikan biokoagulan percobaan pertama dan kedua.	
Gambar 4. 14 proses pengecekan pH air limbah batik.....	
Gambar 4. 15 Proses penyaringan biokoagulan.	
Gambar 4. 17 Proses penyaringan sampel limbah batik yang sudah di destruksi.....	

Gambar 4. 18 Proses pengenceran sampel menggunakan aquades.....	53
Gambar 4. 19 Proses memasukkan sampel ke dalam botol vial	
Gambar 4. 20 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan terhadap Penurunan Kekeruhan	64
Gambar 4. 21 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik Pada Percobaan I.....	65
Gambar 4. 22 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan terhadap Penurunan Kekeruhan	66
Gambar 4. 23 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik Pada Percobaan II	67
Gambar 4. 24 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia terhadap penurunan kekeruhan.....	69
Gambar 4. 25 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik terhadap koagulan kimia (tawas).....	70
Gambar 4. 26 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia terhadap penurunan kekeruhan.....	71
Gambar 4. 27 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik terhadap koagulan kimia (PAC)	72
Gambar 4. 28 Grafik pengaruh pemberian dosis biokoagulan terhadap penurunan pH	73
Gambar 4. 29 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik	74
Gambar 4. 30 Grafik pengaruh pemberian dosis biokoagulan terhadap penurunan pH	75
Gambar 4. 31 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik	76
Gambar 4. 32 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (tawas)	77
Gambar 4. 33 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik	78
Gambar 4. 34 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (PAC)	79
Gambar 4. 35 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik	80
Gambar 4. 36 Grafik efisiensi removal dari percobaan pertama penurunan Pb.....	82
Gambar 4. 37 Grafik efisiensi removal dari percobaan pertama penurunan Cr.....	83
Gambar 4. 38 Grafik efisiensi removal dari percobaan kedua penurunan Pb.....	84
Gambar 4. 39 Grafik efisiensi removal dari percobaan kedua penurunan Cr	85
Gambar 4. 40 Grafik efisiensi removal dari percobaan tawas penurunan Pb	86
Gambar 4. 41 Grafik efisiensi removal dari percobaan koagulan tawas penurunan Cr	87
Gambar 4. 42 Grafik efisiensi removal dari percobaan PAC penurunan Pb.....	88
Gambar 4. 43 Grafik efisiensi removal dari percobaan koagulan PAC penurunan Cr	89

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air baku hingga saat ini masih terus dimanfaatkan oleh manusia. Akan tetapi permasalahan terkait air sungai saat ini adalah banyaknya limbah industri tekstil yang berasal dari industri batik yang membuang limbahnya langsung ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Kurang lebih 80% air digunakan dalam proses pembatikan termasuk pewarnaan. Proses inilah yang menghasilkan limbah yang sangat berbahaya bagi lingkungan (Baryatik, 2016). Menurut informasi dari berita harian Antara Jatim (2023), Sungai di Pamekasan, Jawa Timur berubah menjadi merah diduga akibat tercemar limbah zat pewarna batik dari perajin batik. Selain mencemari lingkungan, kasus pencemaran sungai itu berpotensi merugikan masyarakat yang tinggal di sepanjang aliran sungai di Pamekasan, karena banyak warga yang memanfaatkan air sungai itu untuk kepentingan mandi dan mencuci pakaian.

Air limbah industri tekstil mengandung bahan-bahan kimia yang berasal dari proses pengkunjian, pengelantangan dan pewarnaan. Limbah berbahaya yang sering digunakan dalam industri tekstil adalah kromium (Cr) dan timbal (Pb) yang merupakan salah satu logam berat. Apabila limbah industri tekstil yang mengandung Cr dan Pb dibuang langsung ke dalam lingkungan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu akan menambah jumlah ion logam pada air lingkungan, serta akan menimbulkan dampak negatif bagi keberlangsungan hidup biota air dan lingkungannya.

Karakteristik utama dari limbah cair batik mencakup karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi *Total Dissolved Solids* (TDS) dan kekeruhan yang tinggi, sedangkan karakteristik kimia meliputi konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) serta logam berat timbal (Pb) dan krom (Cr) yang tinggi (Muljadi, 2013). Industri batik di Yogyakarta sebagian besar merupakan industri kecil, hal ini membuat sistem pengolahan limbah sulit secara terpusat sulit dilakukan, sehingga sebagian besar limbah hasil produksi batik dibuang begitu saja tanpa pengolahan

terlebih dahulu (Yulianto dkk, 2009). Karakteristik utama limbah cair industri batik ini kemudian digunakan sebagai parameter pada evaluasi kinerja biokoagulan dalam proses remediasi limbah cair industri batik. Parameter-parameter ini diatur dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 yang memuat tentang baku mutu air limbah.

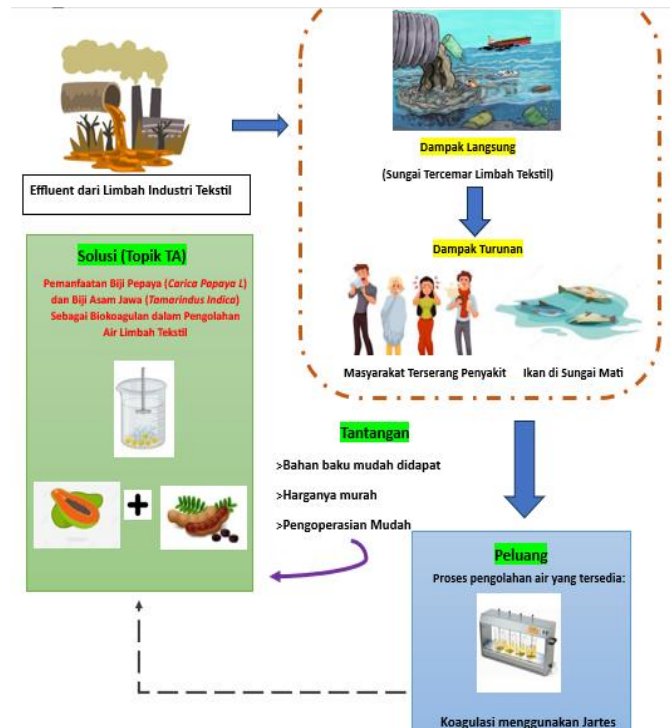
Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengolah air limbah tekstil ialah dengan proses koagulasi dan flokulasi. Koagulasi dan flokulasi merupakan suatu proses penambahan senyawa kimia yang bertujuan untuk membentuk, menggabungkan partikel yang sulit mengendap dengan partikel lainnya dan membuat partikel-partikel menjadi cepat mengendap. Kemudian hasil dari proses koagulasi dan flokulasi diendapkan di bak sedimentasi. Dan biasanya dalam pengolahan air menggunakan koagulan kimia. Koagulan kimia yang sering digunakan adalah aluminum sulfat, *polyaluminium chlorida* (PAC) dan akrilamida. Penggunaan aluminium dalam pengolahan air diduga dapat memicu berbagai penyakit syaraf seperti *alzeimer*, parkinson dan penyakit syaraf lainnya (Kawahara dkk, 2011). Koagulan kimia yang berasal dari polimer organik seperti akrilamida dilaporkan mempunyai sifat *neurotoksik* dan dapat menyebabkan kanker (Prihatinningtyas dkk, 2012). Sehingga karena potensi bahaya tersebut digunakan alternatif lain untuk mengganti koagulan kimia, yaitu menggunakan koagulan alami (biokoagulan) sebagai penjernih air.

Koagulan alami atau biokoagulan adalah suatu zat berkation yang berasal dari alam. Zat ini berfungsi untuk mendestabilkan partikel-partikel koloid di dalam limbah, sehingga limbah hasil pengolahan dapat dibuang dengan aman ke lingkungan (Pratama dkk, 2016). Kandungan protein, tanin dan pektin pada suatu biokoagulan berfungsi sebagai polielektrolit alami yang bekerja setara dengan kinerja koagulan kimia dalam proses penurunan karakteristik kimia dan fisika dalam limbah. Penggunaan biokoagulan memiliki berbagai kelebihan diantaranya adalah ramah lingkungan, bahan baku yang mudah diperoleh, harga yang terjangkau, serta bersifat *biodegradable* (Pratama dkk, 2016).

Koagulan alami atau Biokoagulan yang sering digunakan ialah Biji Pepaya (*Carica Papaya L*) dan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) hal tersebut karena

koagulan tersebut mempunyai kandungan protein dan tanin yang dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang memiliki fungsi mirip dengan koagulan sintetik (Andre dkk.,2015; Martina dkk., 2018). Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh (Ika Yuli Pratiwi 2023) efektifitas kinerja koagulan biji asam jawa pada dosis optimum 1500 mg dan ukuran partikel 250 mesh mampu menurunkan nilai turbiditas sebesar 39,24 NTU (71,35 %), TDS (*Total Dissolved Solid*) 106 mg/L, pH 7,1, logam Pb 0,232 (15,63%) pada air limbah tekstil dan juga menurut penelitian yang dilakukan oleh (Nurul Hidayati Airun,2020) biji pepaya mampu menurunkan kadar kekeruhan sebesar 92,2%, *Total Dissolved Solids* (TDS) 686 mg/L serta penurunan kandungan logam berat Pb dan Cr secara berturut-turut sebesar 56,9 dan 61,6%. Karena hal inilah perlu dilakukan percobaan dan penelitian lebih lanjut terkait kombinasi antara biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dalam keefektifitasannya dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH dan logam berat dalam air limbah industri tekstil.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian terkait Kombinasi biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) sebagai Biokoagulan dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH, Timbal dan kromium pada air limbah tekstil di Yogyakarta dengan metode koagulasi-flokulasi berdasarkan variasi dosis dan ukuran partikel. Dari penelitian ini diharapkan biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dapat menjadi alternatif biokoagulan baru yang dapat menggantikan penggunaan koagulan kimia dalam pengolahan limbah cair industri batik, sehingga hasil pengolahan limbah cair industri batik dapat dengan aman dibuang ke lingkungan tanpa menimbulkan masalah baru. Berikut gambar skema kerangka berpikir yang disajikan pada **Gambar 1.1.**



Gambar 1. 1 Contoh gambar skema kerangka berpikir penelitian

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh dosis dan ukuran partikel terhadap kinerja biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) pada pengolahan limbah cair industri batik?
2. Bagaimana kinerja biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) terhadap efektivitas dan efisiensi pengolahan limbah cair industri batik didasarkan pada parameter kekeruhan, pH serta penurunan kadar logam berat Cr dan Pb?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menguji pengaruh dosis dan ukuran partikel terhadap kinerja biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) pada pengolahan limbah cair industri batik

2. Menguji kinerja biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) terhadap efektivitas dan efisiensi pengolahan limbah cair industri batik didasarkan pada parameter kekeruhan, pH serta penurunan kadar logam berat Cr dan Pb.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Bagi Masyarakat

Memberikan informasi terhadap masyarakat mengenai koagulan alami yang berasal dari biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) yang dapat membantu proses koagulasi pengolahan air dalam mengurangi kadar kekeruhan, pH dan kadar logam berat (Cr dan Pb). Sehingga penggunaan koagulan sintetis seperti tawas dapat digantikan dengan koagulan alami yang ramah lingkungan serta tidak memiliki efek samping terhadap kesehatan masyarakat namun efektif dalam mengurangi kadar kekeruhan, pH dan kadar logam berat (Cr dan Pb).

2. Bagi Pemerintah

Memberikan referensi terbaru yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam melakukan proses pengolahan air limbah agar tidak selalu bergantung kepada koagulan sintetis seperti tawas yang tidak ramah lingkungan. Sehingga dengan dimanfaatkannya biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) sebagai koagulan alami untuk mengurangi kadar kekeruhan, pH dan kadar logam berat (Cr dan Pb) serta dapat mengurangi beban pencemaran lingkungan.

3. Bagi Universitas

Memberikan referensi dalam mengembangkan alternatif teknologi pengolahan air menggunakan koagulan alami yaitu biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*).

4. Bagi Peneliti

Hasil dari penelitian diserahkan kepada Universitas Islam Indonesia untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan.

1.5 Ruang Lingkup

1. Air sampel yang diuji adalah air limbah industri tekstil yaitu Industri Batik Sekar Idaman yang berlokasi di Plalangan, RT.03/RW.41, Plalangan, Pandowoharjo, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Penelitian sebatas pengujian laboratorium menggunakan jar test
3. Koagulan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu biokoagulan dari biji pepaya (*Carica papaya L*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*).
4. Variabel lain yang diamati pada penelitian ini meliputi:
 - a. Kecepatan pengadukan: pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit
 - b. Variasi dosis kombinasi koagulan (mg/L) yang digunakan yaitu 100, 150, 200 mg/L.
5. Ukuran lubang ayakan menyesuaikan set saringan pasir (*Sieve Analysis*) di Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII. Untuk ayakan yang digunakan yaitu ukuran 70 dan 100 mesh.
6. Metode yang akan digunakan untuk pengujian analisis logam total Pb dan Cr dilakukan berdasarkan SNI 6989.84:2019, untuk kekeruhan berdasarkan SNI 06-6989.25-2005 secara Nefelometri dan pengujian analisis pH pada air limbah menggunakan SNI 6989.11:2019.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Batik

2.1.1 Pengertian Batik

Batik merupakan suatu karya seni yang cara menggunakannya dengan melukis pada kertas atau kain dengan berbagai macam corak warna. Pewarnaan batik menggunakan malam atau lilin sebagai bahan perintang warnanya kemudian dicelupkan pada zat warna menggunakan alat berupa Canting. Berikut **Gambar 2.1** Proses membatik.



Gambar 2. 1 Proses membatik menggunakan Canting

2.1.2 Limbah Cair Batik

Proses pembuatan batik memiliki beberapa tahapan yaitu pewarnaan, pencelupan, pencucian, dan pengemasan menggunakan bahan kimia yang mengandung logam berat, sehingga hasil buangnya juga mengandung logam berat dikarenakan zat warna yang biasa digunakan tidak akan masuk seluruhnya ke dalam bahan tekstil sehingga efluen yang dihasilkan masih mengandung residu zat warna.

Limbah cair batik yang dihasilkan dari proses pencelupan batik melibatkan penggunaan pewarna sintetis yang mengandung logam berat seperti krom, tembaga dan timbal. Logam berat ini dapat larut dalam air selama proses pencelupan dan mengalir ke saluran pembuangan sebagai limbah cair. Apabila hasil buangan tersebut tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke

lingkungan, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan (Sasongko dkk, 2010) dan jika air buangan tersebut dikonsumsi oleh manusia, maka akan menyebabkan keracunan dan mengganggu kesehatan manusia karena sifat logam berat yang *toksik*. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke lingkungan, limbah harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

2.2 Koagulasi dan Flokulasi

2.2.1 Pengertian Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan suatu proses pengolahan air yang menggunakan koagulan (bahan kimia) sebagai pengendap yang kemudian dicampurkan ke dalam air baku atau air yang akan diuji pada waktu yang singkat dan kecepatan pengadukan yang tinggi. Dalam proses koagulasi, setelah mencampurkan air baku dengan koagulan maka akan terbentuk flok. Terbentuknya flok disebabkan karena pengadukan cepat yang terjadi pada proses koagulasi yang menyebabkan destabilisasi koloid sehingga koloid terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Sehingga tujuan dari dilakukannya proses koagulasi yaitu untuk memudahkan terjadinya pengendapan koloid yang awalnya berukuran kecil dan ringan menjadi koloid yang berukuran lebih besar dan lebih berat atau disebut sebagai flok (Susanto, 2008).

Sedangkan flokulasi yaitu proses penyisihan air dengan pembentukan flok atau aglomerasi antara partikel dengan flokulan sehingga partikel kecil yang sudah didestabilisasi pada proses koagulasi digabungkan menjadi partikel yang lebih besar. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses pengendapan dengan pengadukan lambat. Pengadukan secara lambat merupakan salah satu faktor keberhasilan proses flokulasi karena dengan pengadukan lambat partikel akan bergabung. Selain itu, gaya antar molekul juga termasuk salah satu faktor yang berpengaruh dalam proses flokulasi yaitu pada laju terbentuknya flok (Risdiyanto, 2007).

Pada tahapan proses koagulasi dan flokulasi terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas proses koagulasi dan flokulasi sehingga perlu diperhatikan agar selalu pada kondisi optimum, diantaranya:

1. pH

Proses koagulasi menjadi efektif apabila pH yang digunakan sesuai dengan pH optimum koagulan.

2. Suhu/Temperatur

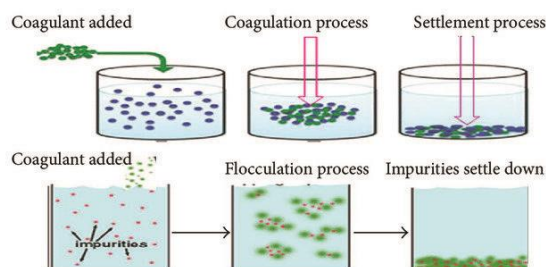
Proses koagulasi menjadi kurang efektif pada suhu rendah karena terjadi peningkatan viskositas yang menyebabkan ukuran partikel menjadi lebih kecil sehingga sulit untuk diendapkan.

3. Konsentrasi Koagulan

Penambahan koagulan harus sesuai dengan kebutuhan. Partikel akan sulit mengendap apabila konsentrasi koagulan kurang karenanya pembentukan flok juga akan sulit terjadi. Namun sebaliknya, apabila konsentrasi koagulan terlalu banyak maka akan terjadi kekeruhan karena pembentukan flok tidak berjalan dengan sempurna.

4. Pengadukan Kecepatan

Pengadukan berpengaruh terhadap efektivitas proses koagulasi. Apabila kecepatan pengadukan terlalu lambat maka waktu pertumbuhan flok juga akan semakin lama. Sedangkan, apabila kecepatan pengadukan terlalu cepat maka akan terjadi perpecahan pada flok yang sudah terbentuk (Susanto, 2008). Berikut **Gambar 2.2** Proses koagulasi dan flokulasi.



Gambar 2. 2 Proses Koagulasi dan Flokulasi

2.2.2 Koloid

Pasir, tanah, bakteri, virus, material organik, dan material anorganik merupakan padatan tersuspensi yang terkandung di dalam air. Partikel tersebut dapat menimbulkan permasalahan saat air diolah. Partikel memiliki ukuran yang sangat bervariasi. Apabila ukuran partikel lebih besar dari 1 μm maka biasanya dalam kondisi air yang tenang partikel tersebut akan mengendap lebih cepat dengan sendirinya. Sedangkan, apabila ukuran partikel lebih kecil maka pengendapan akan terjadi secara lambat. Koloid merupakan partikel yang menyusun suspensi yang dapat mengendap tersebut (Qasim, 2000). Berikut **Tabel 2.1** merupakan jenis partikel dan ukuran partikel yang terdapat di dalam air.

Tabel 2. 1 Ukuran Partikel dalam Air

Material	Diameter Partikel
Virus	0,005-0,01
Bakteri	0,3-3,0
Koloid berukuran kecil	0,001-0,1
Koloid berukuran besar	0,1-1
Tanah	1-100
Pasir	500
Partikel Flok	100-2000

Sumber: Qasim (2020)

2.2.3 Koagulan

Koagulan dibagi menjadi dua yaitu koagulan sintetis dan koagulan alami. Menurut (Prihatinningtyas, 2013), koagulan sintetis adalah koagulan yang dibuat dari bahan kimia seperti *aluminum sulphate* (alum), *aluminum chloride*, *sodium aluminate*, *ferric sulphate*, dan lain-lain. Alum atau tawas merupakan koagulan sintetis yang paling sering digunakan dalam proses pengolahan air. Tawas menghasilkan *sludge* yang sangat banyak dan juga sulit terurai secara alami sehingga meningkatkan biaya pengolahan (Muyibi, 2005).

Ketika Koagulan direaksikan dengan air limbah, partikel koloid yang terdapat di dalam limbah akan membentuk agregasi atau penggabungan

partikel kecil untuk membentuk partikel yang lebih besar karena akibat dari adanya perbedaan muatan antara partikel koloid dengan koagulan. Koagulan yang biasanya digunakan adalah PAC (*Poly Aluminium Chlorida*), Alum, dan FeCl_2 . Penggunaan koagulan kimia jangka panjang dapat memberikan efek buruk bagi tubuh salah satunya dapat menyebabkan penyakit *Alzheimer* (Champhell, 2002; Hendrawati dkk., 2013). Karena penggunaan koagulan sintetis berbahaya, maka dilakukan pengolahan air limbah cair batik menggunakan koagulan alami. Menurut (Kusniawati, 2023) dan (Latu, dkk 2021), zat tanin yang terkandung di dalam biji-bijian merupakan zat aktif yang menyebabkan proses koagulasi. Selain itu, tanin juga berfungsi sebagai koagulan serta polimer alami seperti pati yang dapat berfungsi sebagai flokulan.

Koagulan alami digunakan untuk mengurangi penggunaan koagulan sintetis yang memiliki beberapa dampak negatif terhadap lingkungan, ekonomi dan kesehatan manusia. Koagulan alami diketahui memiliki beberapa keuntungan seperti sludge yang dihasilkan dapat terurai secara alami, bersifat *biodegradable*, relatif murah dan banyak tersedia di mana saja sehingga diharapkan dapat menggantikan ketergantungan terhadap koagulan sintetis atau setidaknya memiliki efektivitas yang sama dalam mengolah sumber air baku.

2.3 Koagulan Alami

2.3.1 Biji Pepaya (*Carica papaya L*)

Pepaya (*Carica papaya L.*) merupakan tanaman buah yang termasuk dalam famili *caricaceae*. Tanaman ini yang berasal dari Amerika Tengah dan Hindia Barat. Tanaman Pepaya dapat tumbuh dengan sangat baik di daerah beriklim tropis (Aprilion dkk, 2015). Buah pepaya mengandung sejumlah besar biji berwarna hitam berukuran kecil (Devaki dkk, 2016). Buah dan biji pepaya memiliki kandungan protein yang besar.

Berdasarkan penelitian dari Maisarah dkk (2014) menyatakan bahwa biji pepaya mengandung 25,1% protein, 8,2% abu dan 45,6% serat kasar. Kandungan protein pada biji pepaya ini dapat membantu proses destabilisasi

partikel limbah sehingga pembentukan dan pengendapan flok dapat terjadi. Flok-flok inilah yang kemudian dapat dipisahkan dari limbah (George, 2018). Berikut **Gambar 2.3** Biji Pepaya (*Carica papaya L*).



Gambar 2. 3 Biji Pepaya (*Carica papaya L*)

2.3.2 Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*)

Biji asam jawa (*Tamarindus indica*) mengandung protein yang cukup besar yaitu 2,8 gram/100 gram (Kartika dkk., 2016) memiliki fungsi sebagai polielektrolit alami yang mirip dengan koagulan sintetik (Andre dkk., 2015; Martina dkk., 2008). Pada ekstrak biji asam jawa (*Tamarindus indica*) mengandung polisakarida alami yang tersusun atas *D-galactose*, *D-glucose*, dan *D-xylose*. Polisakarida tersebut dapat digunakan sebagai flokulan alami yang memiliki sifat lebih ramah lingkungan apabila dibandingkan dengan koagulan organik maupun anorganik (Kartika dkk., 2016).

Karakteristik biji asam jawa (*Tamarindus indica*) yaitu memiliki kandungan tanin sebesar 20,2% yang terdapat pada kulit biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan kandungan pati sebesar 33,1% yang terdapat pada daging biji asam jawa (*Tamarindus indica*) (Sari, 2018). Gugus amino yang terdapat di dalam biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dapat mengikat partikel koloid yang bermuatan negatif, kemudian akan mengalami destabilisasi partikel berukuran besar, sehingga di akhir proses dapat mengendap (Hendrawati dkk., 2013). Berikut **Gambar 2.4** yaitu Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*).



Gambar 2. 4 Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*)

2.4 Koagulan Kimia

2.4.1 Poly Aluminium Chloride (PAC)

PAC memiliki rumus kimia umum $Al_nCl_{(3n-m)}(OH)_m$ banyak digunakan karena memiliki rentang pH yang lebar sesuai nilai n dan m pada rumus kimianya. PAC yang paling umum dalam pengolahan air adalah $Al_{12}Cl_{12}(OH)_{24}$. Senyawa-senyawa modifikasi PAC diantaranya *polyaluminium hydroxidechloride silicate* (PACS) dan *polyaluminium hydroxidechloride silicate sulfate* (PASS). PAC digunakan untuk mengurangi kebutuhan dan penyesuaian pH untuk pengolahan, dan digunakan jika pH badan air penerima lebih tinggi dari 7,5.

PAC mengalami hidrolisis lebih mudah dibandingkan alum, mengeluarkan polihidroksida yang memiliki rantai molekul panjang dan muatan listrik besar dari larutan sehingga membantu memaksimalkan gaya fisis dalam proses flokulasi. Pada air yang memiliki kekeruhan sedang sampai tinggi, PAC memberikan hasil koagulasi yang lebih baik dibandingkan alum. Pembentukan flok dengan PAC termasuk cepat dan lumpur yang muncul lebih padat dengan volume yang lebih kecil dibandingkan dengan alum. Oleh karenanya, PAC merupakan pengganti alum padat yang efektif dan berguna karena dapat menghasilkan koagulasi air dengan kekeruhan yang berbeda dengan cepat, menggenerasi lumpur lebih sedikit, dan meninggalkan lebih sedikit residu aluminium pada air yang diolah (Malhotra, 1994).

Semua koagulasi menyisihkan zat koloid dan zat berwarna dari air dalam proses dengan menggenerasi lumpur dalam bentuk hidroksida logam. Setiap koagulan memiliki rentang kondisi pH optimum yang sempit. Satu-satunya

cara untuk menentukan koagulan mana yang terbaik pada air tertentu adalah dengan melakukan percobaan jar-test di laboratorium (Gebbie, 2005).

2.4.2 Aluminium Sulphate (Tawas)

Aluminium Sulphate (Alum) Alum merupakan salah satu koagulan yang paling banyak dan sering digunakan oleh masyarakat. Alum dapat dibeli dalam bentuk liquid (cair) dengan dalam bentuk kering (dapat berupa balok, granula, atau serbuk). Alum padat akan langsung larut dalam air tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi, dan beton sehingga tangka-tangki dari bahan-bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Alum memiliki rumus kimia yaitu $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$.

2.5 Parameter Analisis

2.5.1 Kekeruhan (Turbiditas)

Kekeruhan adalah suatu ukuran parameter analisis yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Kekeruhan ini disebabkan oleh keberadaan partikel koloid di dalam air. Kekeruhan pada air disebabkan oleh kandungan padatan yang tersuspensi di dalamnya (zat organik maupun anorganik). Zat anorganik dapat berupa lumpur dan logam terlarut, sedangkan zat organik dapat berasal dari buangan limbah domestik maupun industri yang dapat dijadikan makanan bakteri dan perkembangbiakan bakteri. Dosis koagulan juga berpengaruh terhadap kekeruhan suatu limbah. Dosis yang melebihi titik optimum akan menyebabkan kenaikan nilai kekeruhan karena akan mengakibatkan terjadinya penyerapan kation yang berlebih oleh partikel koloid dalam air sehingga partikel koloid akan bermuatan positif dan terjadi gaya tolak-menolak antar partikel, hal ini akan menyebabkan terjadinya deflokulasi flock dan mengakibatkan kekeruhan limbah meningkat (Hendrawati dkk, 2016)

2.5.2 pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu larutan. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaan yang tinggi.

2.5.3 Logam Berat Kromium (Cr)

Kromium adalah suatu unsur yang termasuk dalam logam transisi golongan VI B yang bersifat tahan karat dan berwarna abu-abu. Kromium mempunyai nomor atom 24 dan massa jenis $7,19 \text{ g/cm}^3$. Kromium di alam terdapat dalam 3 jenis valensi, yaitu kromium (0), kromium (III) dan kromium (VI). Logam kromium (Cr) adalah logam berat yang bersifat toksik. Dalam tubuh, logam kromium dijumpai dalam bentuk ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Karakteristik logam kromium pada kedua bentuk tersebut sangat berbeda. Kromium trivalen bersifat stabil dan berasal *dikromium trioksida*. Kromium heksavalen merupakan agen pengoksidasi yang kuat. Bentuk heksavalen bersifat lebih beracun daripada bentuk trivalen. Cr(VI) bersifat labil, beracun dan karsinogenik untuk makhluk hidup (Sugihartono, 2016).

Akumulasi kromium dalam tubuh manusia dalam jumlah besar sangat mengganggu kesehatan dan dapat mengakibatkan kerusakan dalam sistem organ tubuh. Efek toksisitas kromium (Cr) dapat merusak serta mengiritasi hidung, paru-paru, lambung dan usus. Mengonsumsi makanan yang mengandung kromium dalam jumlah yang sangat besar dapat menyebabkan gangguan pada kulit, pencernaan, serta dapat menimbulkan kerusakan hati bahkan kematian. Efek lain yang ditimbulkan yaitu berdampak karsinogen (penyebab kanker) dan teratogen (menghambat pertumbuhan janin dan mutagen. Kromium digunakan dalam industri sebagai bahan dalam pembuatan alat penggosok, pemurnian acetylene, pembuatan alizarin, pembuatan alloy dan baterai, dan lain-lain.

2.5.4 Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu unsur logam golongan IV A. Timbal (Pb) mempunyai nomor atom 82 serta massa jenis 11,34 g/cm³. Timbal bersifat lunak, berwarna biru serta mempunyai titik leleh 326,40C (Fardiaz, 1995). Logam Pb akan menguap dan membentuk *timbal oksida* (PbO) pada suhu 500-6000C (Palar, 1994).

Senyawa Pb yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan akan mengendap pada jaringan tubuh dan sisanya akan terbuang bersama bahan sisa metabolisme. Timbal adalah sebuah unsur yang biasa ditemukan di dalam batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan umumnya dalam bentuk garam anorganik yang kurang larut dalam air. Bentuk organik dari timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa *tetra ethyl lead* (TEL) dan *tetra metyl lead* (TML). Senyawa-senyawa ini dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik misalnya pada lipid. Timbal merupakan sebuah unsur logam sehingga sulit untuk didegradasi dihancurkan. Dalam kehidupan sehari-hari, timbal dimanfaatkan untuk produksi alloy serta sebagai campuran dalam pembuatan keramik yang disebut glaze (Ferdiaz, 1995).

2.6 Instrumen Analisis

2.6.1 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) adalah Spektrometri Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis logam total berdasarkan interaksi antara energi radiasi dengan atom unsur yang dianalisis. Atom dalam suatu unsur akan menyerap energi yang diberikan oleh lampu katoda berongga (Hallow Cathode Lamp), penyerapan energi ini membuat terjadinya eksitasi atom-atom dari tingkat energi dasar menuju tingkat energi yang lebih tinggi. Namun, keadaan ini bersifat tidak stabil, sehingga atom-atom tersebut akan kembali ke tingkat energi dasar dengan melepaskan radiasi dari sebagian atau seluruh tenaga eksitasinya. Frekuensi radiasi yang dilepaskan ini karakteristik untuk setiap unsur dan intensitasnya

sebanding dengan jumlah atom yang tereksitasi dan kemudian mengalami deeksitasi (Basset, 1994).

Larutan sampel yang akan dianalisis diaspirasikan ke suatu nyala (flame) sehingga unsur yang terkandung di dalamnya akan diubah menjadi uap atom netral, hal ini membuat nyala mengandung atom dari unsur-unsur yang dianalisis. Panjang gelombang yang dihasilkan dari sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala. Kaidah absorpsi ini mengikuti hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan panjang nyala yang dilalui sinar dan konsentrasi uap atom netral dalam nyala (Endah dkk, 2019)

Hubungan tersebut ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$A = a.b.c \quad (1)$$

Keterangan : A= absorbansi

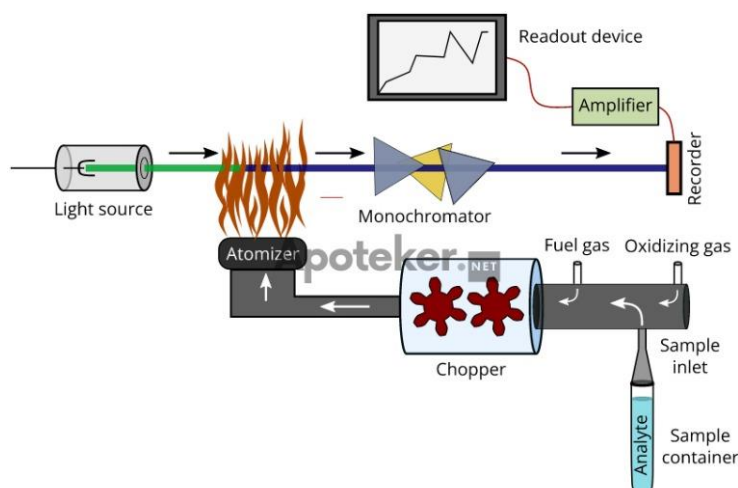
a = koefisien serapan

b = panjang jejak sinar dalam medium berisi atom penyerap

c = konsentrasi

Kurva kalibrasi kemudian dibuat dari menghubungkan antara absorbansi terhadap konsentrasi unsur dalam larutan standar. Kemudian, absorbansi sampel diinterpolasikan pada kurva standar sehingga akan diperoleh konsentrasi dalam larutan uji.

Berikut **Gambar 2.5** adalah Gambar skema instrumentasi Spektrometri Serapan Atom (SSA).



Gambar 2. 5 Skema Prosedur SSA

Sumber: apoteker.net

2.6.2 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah metode analisis senyawa yang didasarkan pada penyerapan cahaya inframerah (IR) oleh atom dalam senyawa, yang menghasilkan getaran, rotasi, dan vibrasi pada bilangan gelombang tertentu (cm^{-1}). Hasil dari analisis ini berupa spektrum yang menunjukkan interpolasi antara intensitas energi dan bilangan gelombang (cm^{-1}). Spektrum tersebut diperoleh dari proses transmisi cahaya IR yang melewati sampel. Setelah itu, detektor mengukur intensitas cahaya yang dihasilkan dan membandingkannya dengan intensitas tanpa sampel, sebagai bagian dari satuan panjang gelombang (Anam dkk, 2007).

Prinsip kerja spektroskopi inframerah melibatkan interaksi antara energi dan suatu materi. Metode ini berfokus pada radiasi elektromagnetik dalam rentang frekuensi $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$, di mana cm^{-1} disebut wavenumber ($1/\text{panjang gelombang}$) dan merupakan satuan untuk mengukur frekuensi (Sjahfirdi dkk, 2015). Spektroskopi inframerah digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dalam suatu sampel, yang membantu dalam pengenalan senyawa, penentuan struktur molekul, pemeriksaan kemurnian, serta studi tentang reaksi yang berlangsung (Anthony dkk, 2014).

Setiap molekul yang dianalisis memiliki nilai energi tertentu. Ketika suatu senyawa terkena energi dari sinar IR, energi dalam molekul tersebut akan

tereskitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi, tergantung pada jumlah energi yang diserap. Hal ini akan menyebabkan perubahan dalam energi vibrasi dan rotasi molekul. Peristiwa ini hanya dapat terjadi jika ada perubahan momen dipol akibat vibrasi. Energi dari sinar IR harus sesuai dengan energi yang diperlukan oleh atom untuk bergetar. Senyawa seperti O_2 dan N_2 tidak mengalami perubahan dipol saat bergetar, sehingga tidak dapat menyerap sinar inframerah (Sjahfirdi dkk, 2015). Berikut **Gambar 2.6** adalah Gambar instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

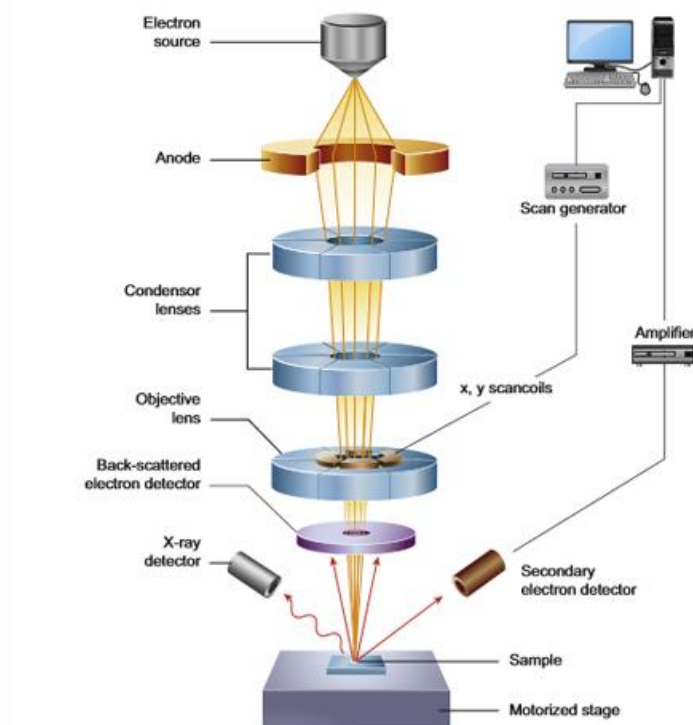


Gambar 2. 6 Gambar instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

2.6.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah alat yang digunakan untuk memvisualisasikan permukaan sampel pada skala mikroskopis dengan resolusi tinggi. Prinsip kerja SEM melibatkan penggunaan pancaran sinar elektron berenergi tinggi untuk memvisualisasikan permukaan suatu objek atau material. Ketika permukaan bahan disinari oleh elektron, ia memantulkan kembali berkas elektron, termasuk elektron sekunder, ke berbagai arah. Di antara semua berkas elektron yang dipantulkan, terdapat berkas dengan intensitas tertinggi. Detektor pada SEM akan mengidentifikasi pancaran

elektron dengan intensitas tertinggi yang berasal dari objek atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan cahaya; sementara cahaya hanya dapat mencapai resolusi hingga 200 nm, resolusi elektron dapat mencapai 0,1 hingga 0,2 nm. Berikut **Gambar 2.7** adalah Gambar skema instrumentasi *Scanning Electron Microscope* (SEM).



Gambar 2. 7 Gambar skema instrumentasi *Scanning Electron Microscope* (SEM).

2.7 Baku Mutu Limbah Industri Tekstil dan Batik

2.7.1 Baku Mutu PERMENLH Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

Industri batik merupakan salah satu industri yang banyak menggunakan zat warna dan bahan kimia dalam proses produksinya. Limbah tersebut mengandung berbagai zat berbahaya termasuk zat warna dan logam-logam berat seperti krom (Cr) dan timbal (Pb) (Wage, 2016). Logam berat dihasilkan dari beberapa sumber dalam proses pematikan, seperti dalam proses pewarnaan, pencelupan, penyelesaian (*finishing*), serta dalam proses

perawatan. Limbah cair industri batik ini menimbulkan dampak merugikan bagi lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Berikut adalah Ambang batas baku mutu limbah cair industri tekstil yang ditetapkan oleh pemerintah dan tertuang didalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Berikut **Tabel 2.2** menunjukan Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah

No	Parameter	Batas Maksimum (mg/L)
1	BOD5	60
2	COD	150
3	TSS	50
4	Total Fenol	0,5
5	Total Crom (Cr)	1,0
6	Total ammonia (NH3-N)	8,0
7	Sulfida (S)	0,3
8	Minyak dan Lemak	3,0
9	pH	6,0-9,0
10	Debit limbah paling tinggi	100 m ³ /ton produk tekstil

2.7.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Batik Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

Di Yogyakarta, sebagian besar industri batik adalah industri kecil atau home industry, sehingga proses pengolahan limbah dari industri batik ini cenderung sulit dilakukan. Hal ini menyebabkan limbah hasil produksi dibuang begitu saja tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Yulianto dkk, 2009).

Berikut Ambang batas baku mutu limbah cair industri tekstil yang ditetapkan oleh pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta dan tertuang didalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016. Berikut **Tabel 2.3** menunjukan Baku Mutu Air Limbah Tekstil Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Tekstil Daerah Istimewa Yogyakarta

Parameter	Kadar paling banyak (mg/L)	Beban pencemaran paling banyak (kg/ton)	
		Pencelupan	Pencetakan
BOD5	60	1,2	0,36
COD	150	3,0	0,9
TSS	50	1,0	0,3
TDS	2000	40	12
Fenol Total	0,5	0,01	0,003
Krom Total (Cr)	1,0	0,02	0,006
Ammonia Total	8,0	0,16	0,048
H2S sebagai S	0,3	0,006	0,0018
Minyak dan Lemak	3	0,6	0,018
Suhu	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara		
pH	6,0 – 9,0		
Debit Limbah Paling Banyak (m ³ /ton produk)			
	-	20	6

2.8 Penelitian Terdahulu

Berikut tabel penelitian terdahulu terkait penelitian tentang biokoagulan alami yang disajikan pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Rahmalina Nur Zahra (2021)	Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (<i>Anadara Granosa</i>) sebagai Koagulan Alami dalam Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan	-Untuk parameter TSS, koagulan kitosan dapat menurunkan konsentrasi TSS pada dosis optimum 200 mg/l, pH optimum 5 dan waktu pengendapan optimum 30 menit dengan konsentrasi TSS awal 198,4 mg/l menjadi 40 mg/l. - Koagulan serbuk

		cangkang kerang darah pada dosis optimum 75 mg/L, pH optimum 4 dan waktu pengendapan optimum 30 menit dapat menurunkan konsentrasi TSS yang semula 118,8 mg/L menjadi 20 mg/L. -Koagulan tawas pada dosis optimum 200 mg/L, pH optimum 6 dan waktu pengendapan 15 menit dapat menurunkan konsentrasi TSS 115,6 mg/L menjadi 6 mg/L. -Sedangkan untuk parameter kekeruhan, koagulan kitosan memiliki dosis, pH dan waktu pengendapan optimum yang sama dengan parameter TSS mampu menurunkan 23,73 NTU menjadi 4,45 NTU. -Koagulan serbuk cangkang kerang darah juga memiliki dosis, pH dan waktu pengendapan optimum yang sama dengan parameter TSS mampu menurunkan 30,2 NTU menjadi 8,02 NTU. -Koagulan tawas memiliki dosis, pH dan waktu pengendapan optimum yang sama dengan parameter TSS mampu menurunkan
--	--	---

		16,24 NTU menjadi 0,46 NTU.
Ika Yuli Pratiwi (2023)	Pengolahan limbah cair batik menggunakan gabungan proses adsorpsi karbon aktif dan biokoagulasi biji asam jawa (<i>Tamarindus indica</i>) dan biji durian (<i>Durio zibethinus</i>)	Kinerja koagulan biji asam jawa pada dosis optimum 1500 mg dan ukuran partikel 250 mesh mampu menurunkan nilai turbiditas sebesar 39,24 NTU (71,35 %), TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) 106 mg/L, EC (<i>Electrical Conductivity</i>) 0,16 mS/cm, pH 7,1, logam Pb 0,232 (15,63%), penurunan nilai COD menjadi 261,71 mg/L (56,61%), intensitas cahaya 554 lux, nilai SVI dan SM sebesar 8,8 mL/g. Sedangkan koagulan biji durian pada dosis optimum 1500 mg dan ukuran partikel 250 mesh mampu menurunkan nilai turbiditas sebesar 102,55 NTU (25,14%), TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) 108,44 mg/L, EC (<i>Electrical Conductivity</i>) 0,20 mS/cm, pH 6,8, logam Pb 0,225 mg/L (18,18%), penurunan nilai COD menjadi 575,44 mg/L (4,61%), intensitas cahaya 545 lux, serta nilai SVI dan SM 9,12 mg/L dan 78,05%.

		- Hasil tersebut menunjukkan koagulan biji asam jawa lebih efektif dan efisien digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi dalam membantu proses destabilisasi partikel koloid di dalam limbah cair batik
Dian Suryani Tanjung (2016)	Pemanfaatan kitosan dari limbah cangkang kerang simping (<i>Amusium Pleuronectes</i>) sebagai koagulan penjernih air	- Dosis optimum koagulan kitosan terhadap air sungai Selokan Mataram (81 NTU) sebanyak 150 mg/l memiliki persentase penyisihan turbiditas 72 % dengan nilai turbiditas 22,34 NTU. - Dosis optimum koagulan kitosan terhadap air sampel dengan kekeruhan buatan (13-19,31 NTU) sebanyak 150 mg/l memiliki persentase penyisihan turbiditas 100 % dengan nilai turbiditas 0 NTU - Dosis optimum koagulan kitosan terhadap limbah batik (1047 NTU) sebanyak 300 mg/l memiliki persentase penyisihan

		turbiditas 87 % dengan nilai turbiditas 132 NTU - Kitosan berbasis kerang simping memiliki kemampuan untuk menurunkan kekeruhan yang sangat baik, sehingga dapat dikembangkan sebagai salah satu alternatif koagulan yang murah dan ramah lingkungan.
Nurul Hidayati Airun (2020)	“Pemanfaatan Biji Pepaya (<i>Carica papaya</i> L.) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Industri Batik”	- Berdasarkan hasil analisis pada limbah cair industri batik yang telah ditambahkan biokoagulan biji pepaya (<i>Carica papaya</i> L.) dengan dosis dan ukuran partikel optimum, diperoleh nilai penurunan kekeruhan sebesar 92,2%, <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS) 686 mg/L, <i>Electrical Conductivity</i> (EC) 2,11 mS/cm, penurunan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) sebesar 49,7%, serta penurunan kandungan logam berat Pb dan Cr secara berturut-turut sebesar 56,9 dan 61,6%. -Kualitas air limbah tekstil setelah

		ditambahkan biokoagulan biji pepaya (<i>Carica papaya L.</i>) telah memenuhi baku mutu air limbah industri batik yang termuat dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016
--	--	---

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian “Kombinasi biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) sebagai Biokoagulan dalam menurunkan kadar kekeruhan, pH, Timbal dan kromium pada air limbah tekstil” **Gambar 3.1** dibawah ini merupakan alur penelitian keseluruhan mulai dari persiapan penelitian sampai pengolahan data serta kesimpulan dari penelitian.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Variabel

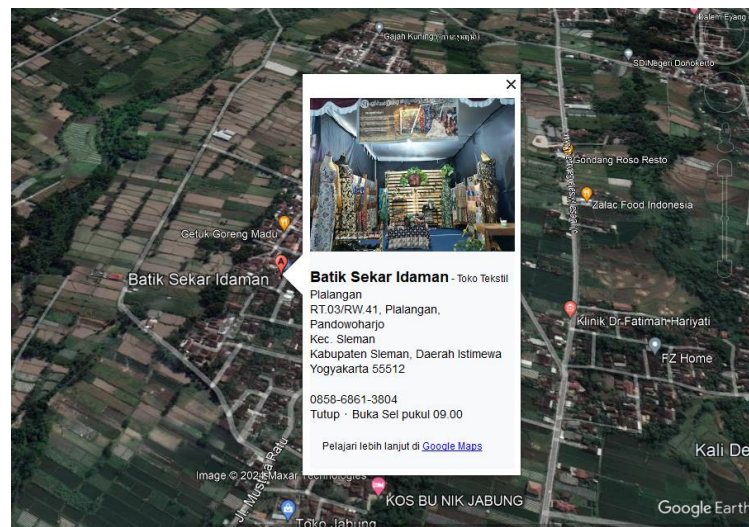
Variabel yang akan digunakan pada penelitian terbagi menjadi tiga variabel yaitu berdasarkan Kecepatan pengadukan dengan keterangan pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 10 menit dan Variasi dosis kombinasi koagulan (mg/L) yang digunakan yaitu 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L serta berdasarkan ukuran partikel dari kombinasi biokoagulan yaitu 70 mesh dan 100 mesh. Variabel diatas dilandasi dengan merujuk kepada penelitian terdahulu yang sudah berhasil dilakukan.

3.3 Waktu dan Lokasi Penelitian

3.3.1 Sampling air limbah industri batik

Sampel limbah cair batik diperoleh dari Industri Batik Sekar Idaman yang berlokasi di Plalangan, RT.03/RW.41, Plalangan, Pandowoharjo, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 7°40'56.1"S 110°22'04.1"E.

Berikut gambar lokasi tempat pengambilan sampel air limbah industri tekstil pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Lokasi pengambilan sampel air limbah tekstil

3.4 Alat dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan dalam melakukan pengujian biokoagulan:

3.4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam melakukan pengujian biokoagulan

No	Nama Alat	Gambar
1	Oven Memmert UN 55 PLUS Program Unrvsl Oven	-
2	Timbangan Analitik OHAUS Pioneer (PX) External Calibration PX523/E	-
3	Pipet Ukur 5 ml Pipet Ukur 5 ml Pyrex Iwaki 0.03 ml	-
4	Pipet volume 10 ml Pipet Volume 10 ml Iwaki	-
5	Spektrofotometri Serapan Atom (AAS)	
6	Penjepit Kayu	-
7	Kaca arloji	-
8	Erlenmeyer Erlenmeyer 100ml, Iwaki	-
9	Turbidimeter	

		
10	Kertas Lakmus Universal	-
11	Jartest	
12	Gelas Beaker	-
12	Ayakan	-
13	Sendok sugu	-
14	Labu Ukur	-
15	Hotplate	-
16	Corong gelas	-
17	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	

18	Scanning Electron Microscope (SEM)	
19	Botol semprot	-

3.4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam melakukan pengujian biokoagulan

No	Nama Alat	Gambar
1	Aquadest	-
2	Kertas Saring whattman 41	-
3	Larutan HNO ₃	-
4	Sampel limbah cair batik	
5	Biji pepaya dan biji asam jawa	

3.5 Prosedur Pengujian

3.5.1 Pengambilan Sampel Limbah Batik

Limbah cair tersebut kemudian diencerkan sebanyak 5 kali menggunakan akuades, selanjutnya dianalisis berdasarkan parameter derajat keasaman (pH), konsentrasi logam total Pb dan Cr, kekeruhan guna mengetahui kondisi awal limbah sebelum dilakukan koagulasi-flokulasi.

Pengambilan sampel air limbah batik ini dilakukan dengan meminta izin terlebih dahulu dengan pemilik industri batik tersebut. Berikut **Gambar 3.3** sampel air limbah batik yang diambil dari batik sekar idaman sebanyak 5 Liter limbah batik.



Gambar 3. 3 Sampel air limbah industri batik

3.5.2 Preparasi Biokoagulan

Biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) diperoleh dari pedagang buah di area kota Yogyakarta dan Sleman. Setelah Biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dikumpulkan, kemudian dibersihkan, diikuti dengan pengeringan oven pada suhu 120°C selama 10 jam. Biji yang telah kering kemudian dihancurkan dan diayak dengan ukuran 70 dan 100 mesh. Serbuk biji yang telah kering ini kemudian disimpan dalam

desikator dan digunakan sebagai biokoagulan. Kegiatan preparasi biokoagulan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII.

Pada tahap persiapan bahan untuk pembuatan biokoagulan bahan yang akan digunakan yaitu biji pepaya dan biji asam jawa yang dibeli dari toko buah ABC dan toko sembako yang berlokasi di Jalan Kaliurang. Berikut **Gambar 3.4** Proses pemisahan daging buah dengan biji buah.



Gambar 3. 4 Proses pemisahan daging buah dengan biji buah
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

Pada tahap kedua yaitu dilakukan pengeringan dengan menggunakan oven setelah dilakukan penjemuran menggunakan sinar matahari selama dua hari. Tujuan dari pengeringan dengan menggunakan oven yaitu untuk mengurangi kadar air di dalam biji-bijian tersebut. Biji-bijian dipanaskan selama 10 jam dengan suhu 120°C. Untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dan memudahkan dalam menghaluskan biji-bijian menjadi serbuk nantinya. Berikut **Gambar 3.5** Proses biji-bijian setelah dikeringkan menggunakan oven selama 10 jam.



Gambar 3. 5 Pengeringan biji-bijian menggunakan oven

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

Setelah biji-bijian dikeringkan di oven selama 10 jam, selanjutnya biji-bijian tersebut masuk ke proses penghancuran pengayakan sumpit menjadi serbuk. Pada proses ini penghancuran atau penghalusan biji-bijian menggunakan blender dan proses pengayakan menggunakan ayakan dengan ukuran lubang 70 dan 100 mesh. Tujuan dari penghalusan biji-bijian menjadi serbuk untuk memperluas permukaan koagulan. Serta tujuan dari penggunaan ayakan dengan dua variasi yaitu ingin mengetahui seberapa efisien penurunan kadar logam berat Timbal (Pb) dan Kromium total (Cr) jika dibedakan ukuran lubang ayakannya. Karena salah satu faktor yang mempengaruhi penyerapan kadar logam berat oleh koagulan yaitu besarnya nilai luas permukaan dari koagulan itu sendiri, ion-ion logam berat timbal dan krom total akan terjebak pada pori-pori permukaan koagulan. Berikut **Gambar 3.6** Proses pengayakan serbuk biji-bijian menggunakan ayakan 70 dan 100 mesh.



Gambar 3. 6 Proses pengayakan serbuk biji bijian menggunakan ayakan 70 dan 100 mesh.

Setelah dilakukan proses pengayakan, selanjutnya serbuk biji biokoagulan ditimbang menggunakan neraca analitik, untuk penimbangan dicampurkan serbuk biji pepaya dan serbuk biji asam jawa sesuai dosis yang diinginkan yaitu 100 mg/L, 150 mg/L dan 250 mg/L. Dan juga dibedakan berdasarkan ukuran ayakan dari serbuk biji-bijian itu sendiri yaitu 70 dan 100 mesh. Berikut **Gambar 3.7** proses penimbangan serbuk bijian menggunakan neraca analitik dan pemberian label berdasarkan dosis dan ukuran lubang ayakan.



Gambar 3. 7 Proses penimbangan serbuk bijian dan koagulan kimia
Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024

3.5.3 Proses Koagulasi-Flokulasi

Selanjutnya dilakukan proses koagulasi-flokulasi menggunakan jartes dengan estimasi waktu pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 60 rpm selama 60 menit. Kemudian waktu tunggu pengendapan selama 30 menit. Tujuan dari dilakukannya proses koagulasi dan flokulasi yaitu untuk memudahkan terjadinya pengendapan koloid yang awalnya berukuran kecil dan ringan menjadi koloid yang berukuran lebih besar dan lebih berat atau disebut sebagai flok. Berikut **Gambar 3.8** Proses Jartes pada air limbah batik yang diberikan biokoagulan dan koagulan kimia.



Gambar 3. 8 Proses Jartest Biokoagulan dan Chemical Coagulant.

3.5.4 Pengujian Koagulan

Untuk kegiatan pengujian dosis koagulan diawali dengan menimbang serbuk bijian yang sudah dihaluskan dan dibedakan berdasarkan ukuran ayakannya. Kedua serbuk bijian tersebut dicampurkan sesuai ukuran ayakan yang sama, kemudian ditimbang sesuai dosis yang diinginkan yaitu 100 mg/L, 150 mg/L dan 200 mg/L. Pengujian koagulan serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dalam pengolahan limbah cair industri batik di Yogyakarta.

a. Pengecekan Kadar Kekeruhan

Selanjutnya pengecekan kadar kekeruhan, pengecekan kadar kekeruhan dilakukan dua kali, yaitu pengecekan sebelum diberikan koagulan dan sesudah diberikan koagulan. Pengecekan dilakukan dengan menggunakan alat *turbidimeter*. Tahapan proses nya yaitu setelah limbah

batik sudah melalui proses jartes, air limbah batik kemudian disaring menggunakan kertas whattman 41 untuk memisahkan residu dari biokoagulan dengan air limbah batiknya. Kemudian dilakukan pengecekan kekeruhannya. Berikut **Gambar 3.9** proses pengecekan kekeruhan air limbah batik awal menggunakan *turbidimeter*.



Gambar 3.9 Pengecekan kekeruhan awal air limbah industri batik

Selanjutnya dilakukan pengecekan kadar kekeruhan untuk percobaan penggunaan biokoagulan. Pengecekan dilakukan menggunakan alat *turbidimeter*. Berikut **Gambar 3.10** proses pengecekan kekeruhan air limbah batik setelah diberikan biokoagulan.



Gambar 3.10 Pengecekan kekeruhan percobaan pertama pemberian biokoagulan

Selanjutnya dilakukan pengecekan kadar kekeruhan untuk percobaan pengujian dengan koagulan kimia. Pengecekan dilakukan menggunakan alat *turbidimeter*. Berikut **Gambar 3.11** proses pengecekan kekeruhan air limbah batik setelah diberikan koagulan kimia.



Gambar 3.11 Pengecekan kekeruhan pemberian koagulan kimia

b. Pengecekan Kadar Derajat Keasaman (pH)

Selanjutnya pengecekan kadar derajat keasaman (pH), pengecekan kadar pH dilakukan dua kali, yaitu pengecekan sebelum diberikan koagulan dan sesudah diberikan koagulan. Pengecekan dilakukan dengan menggunakan kertas lakmus universal. Tahapan proses nya yaitu setelah limbah batik sudah melalui proses jartes, air limbah batik kemudian disaring menggunakan kertas whattman 41 untuk memisahkan residu dari biokoagulan dengan air limbah batiknya. Kemudian dilakukan pengecekan pHnya. Berikut **Gambar 3.12** proses pengecekan pH air limbah batik awal menggunakan kertas lakmus universal.



Gambar 3.12 proses pengecekan pH air limbah batik awal menggunakan kertas lakmus

c. Pengecekan Kadar Logam Berat Timbal dan Krom total (Pb dan Cr)

Pengecekan kadar logam berat Timbal (Pb) dilakukan dengan proses Destruksi basah. Setelah proses jartes, kemudian air limbah batik disaring menggunakan kertas whattman 41 untuk memisahkan residu koagulan dari biji-bijian dengan air. Selanjutnya setelah dilakukan penyaringan, diambil 50 ml sampel air limbah yang sudah diberikan koagulan (koagulan kimia dan biokoagulan) dan ditambahkan dengan 5 ml larutan HNO_3 pekat. Panaskan diatas hotplate dengan suhu 250°C sampai volume sampel air limbah batik berkurang 10-20 ml dan warna air sampel limbah batik berubah menjadi jernih.

Setelah proses destruksi basah, selanjutnya sampel air limbah disaring menggunakan kertas whattman untuk menghilangkan residu padatan yang tertinggal setelah proses destruksi. Proses penyaringan juga menggunakan gelas ukur 100 ml. Selanjutnya masukkan sampel limbah batik yang sudah disaring ke dalam labu ukur 50 ml, kemudian diencerkan menggunakan aquades sampai tanda Tera. Lalu sampel dihomogenkan.

Tahapan terakhir, masukkan sampel yang sudah diencerkan dengan aquades ke dalam botol vial untuk dilakukan pengecekan kadar logam berat

setelah diberikan koagulan (koagulan kimia dan biokoagulan). Pengecekan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS).

3.6 Analisis Data

Setelah didapatkan data pengujian kekeruhan, pH, Logam berat (timbal dan kromium), selanjutnya data diolah di excel untuk melihat kadar penurunan konsentrasi pencemar pada air limbah tekstil. Selanjutnya hasil data penurunan pencemar parameter kekeruhan, pH dan logam berat (Pb dan Cr) setelah menggunakan biokoagulan dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah Batik

Sebelum dilakukan pengujian dengan menggunakan biokoagulan dan koagulan kimia, terlebih dahulu dilakukan pengujian terkait karakteristik limbah batik sebelum diberikan koagulan. Berikut **Tabel 4.1** Karakteristik dari limbah batik sebelum diolah menggunakan dengan bikoagulan dan koagulan kimia.

Tabel 4. 1 Karakteristik dari limbah batik sebelum diberikan koagulan

Parameter	Hasil	Satuan
Kekeruhan	62	NTU
pH	10	-
Timbal (Pb)	0,1101	Mg/L
Krom Total (Cr)	0,119	Mg/L

Karakteristik utama dalam pengecekan dari limbah cair batik mencakup Kekeruhan, Derajat Keasaman (pH) , konsentrasi logam berat Timbal (Pb) dan Krom total (Cr). Berdasarkan data informasi terkait karakteristik air limbah diatas dapat menimbulkan dampak buruk bagi manusia dan lingkungan jika tidak diolah terlebih dahulu, sehingga diharapkan setelah diolah menggunakan biokoagulan serbuk biji pepaya (*Carica Papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dengan metode koagulasi-flokulasi, karakteristik tersebut dapat berkurang dan kemudian dapat dengan aman dibuang ke lingkungan.

4.2 Karakterisasi Biokoagulan

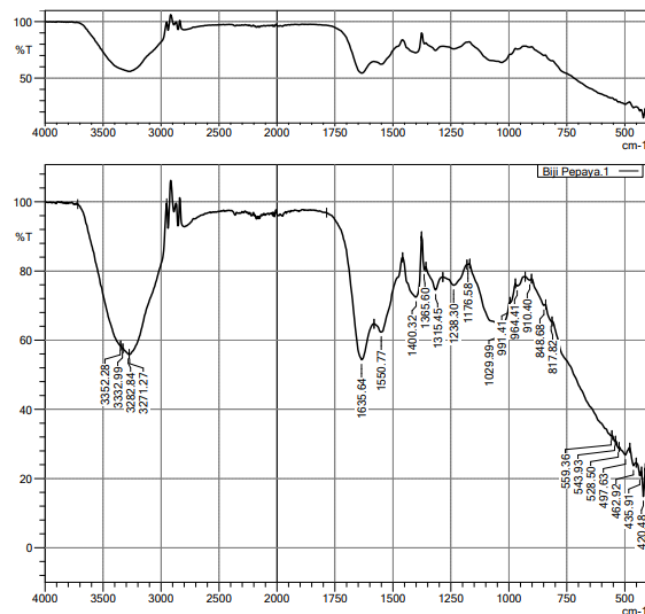
Berikut Karakteristik Biokoagulan pengecekan menggunakan FTIR dan SEM.

4.2.1 Karakterisasi Biokoagulan dengan FTIR

a. Karakteristik Biji Pepaya

Menurut (Ghodsinia dkk,2015) gugus fungsi amina (-NH) terdapat pada panjang gelombang 3500-3300 cm⁻¹ dan untuk gugus fungsi alkohol (-OH) terdapat pada panjang gelombang 3600-3200 cm⁻¹.

Koagulan dari biji pepaya dikarakterisasi menggunakan *spektroskopi inframerah Fourier transform* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang mungkin dapat mengadsorpsi ion fosfat. Hasil spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus karboksil, hidroksil, dan amina, yang mengindikasikan keberadaan protein sebagai polielektrolit alami. Berikut hasil analisis FTIR biji pepaya yang ditampilkan pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 1 Hasil FTIR Karakteristik Biji Pepaya

Berdasarkan **Gambar 4.1** terdapat ikatan O-H pada bilangan gelombang $3282,84\text{ cm}^{-1}$, ikatan N-H pada bilangan gelombang $3352,28\text{ cm}^{-1}$, dan ikatan C-O pada bilangan gelombang $1238,30\text{ cm}^{-1}$. ikatan O-H dan C-O menunjukkan gugus karboksil dan hidroksil, sementara ikatan N-H menunjukkan adanya gugus amina. Gugus amina ini memiliki potensi sebagai protein. Protein ini berfungsi sebagai polielektrolit alami, yang memiliki fungsi yang sama dengan koagulan kimia.

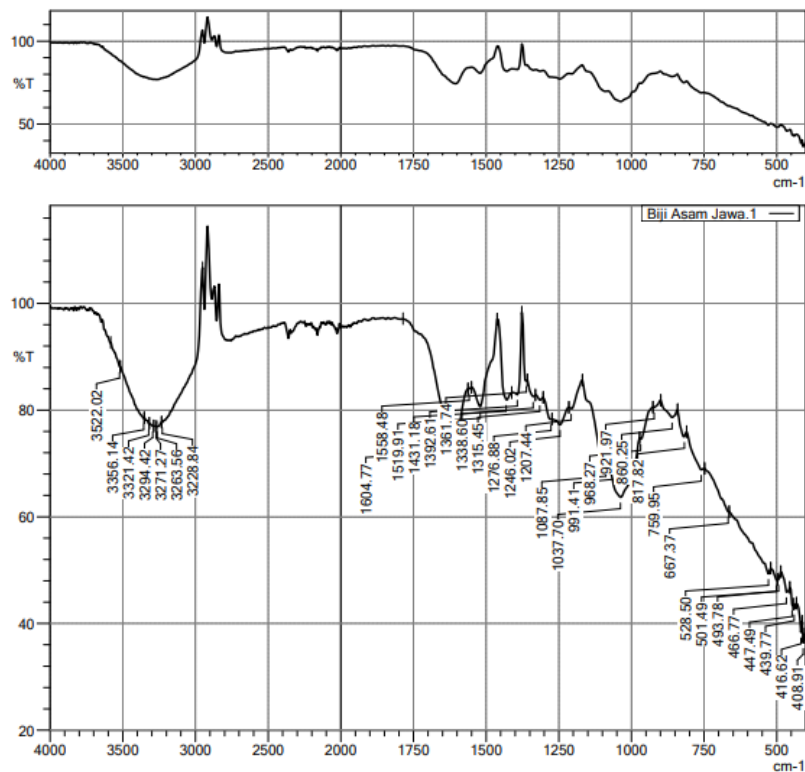
Biji pepaya mengandung protein dengan muatan positif. Dalam kondisi pH asam, protein yang memiliki gugus ($-\text{NH}_2$) akan berubah menjadi ($-\text{NH}_3$), menjadikannya sebagai polielektrolit kationik. Ketika protein ini berinteraksi dengan koloid yang memiliki muatan serupa, ion-ion tersebut akan saling menolak, sedangkan ion dengan muatan berbeda akan saling tarik-menarik. Prinsip perbedaan muatan antara koloid dan koagulan ini menjadi dasar terjadinya koagulasi. Proses koagulasi akan berlangsung lebih cepat jika terdapat lebih banyak ion dengan muatan berbeda. Koagulasi terjadi ketika ion positif dari koagulan biji pepaya berinteraksi dengan ion fosfat bermuatan negatif dalam limbah. Interaksi ini menetralkan muatan partikel koloid, menyebabkan mereka saling menempel dan membentuk flok yang lebih besar. Pengadukan yang lambat membantu mempercepat proses penggabungan flok ini, sehingga partikel-partikel yang lebih berat dapat mengendap ke dasar.

b. Karakteristik Biji Asam Jawa

Pengujian dengan FTIR berfungsi untuk mengetahui adanya kandungan protein yang terdapat di dalam biokoagulan biji asam jawa yang berfungsi sebagai polielektrolit dengan ditandai adanya gugus $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, dan $-\text{NH}$. gugus $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, dan $-\text{NH}$. Gugus fungsi yang terdapat di dalam koagulan alami adalah $-\text{COOH}$ dan $-\text{NH}$ sehingga

koagulan dapat berinteraksi dengan partikel yang terdapat di dalam larutan (Kumar et al., 2017). Karakterisasi protein yang terkandung di dalam biji asam jawa berdasarkan pada puncak serapan protein yaitu pada Amida I, II, dan III .

Koagulan dari biji asam jawa dikarakterisasi menggunakan *spektroskopi inframerah Fourier transform* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang mungkin dapat mengadsorpsi ion fosfat. Hasil spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus karboksil, hidroksil, dan amina, yang mengindikasikan keberadaan protein sebagai polielektrolit alami. Berikut hasil analisis FTIR biji asam jawa yang ditampilkan pada **Gambar 4.2** .



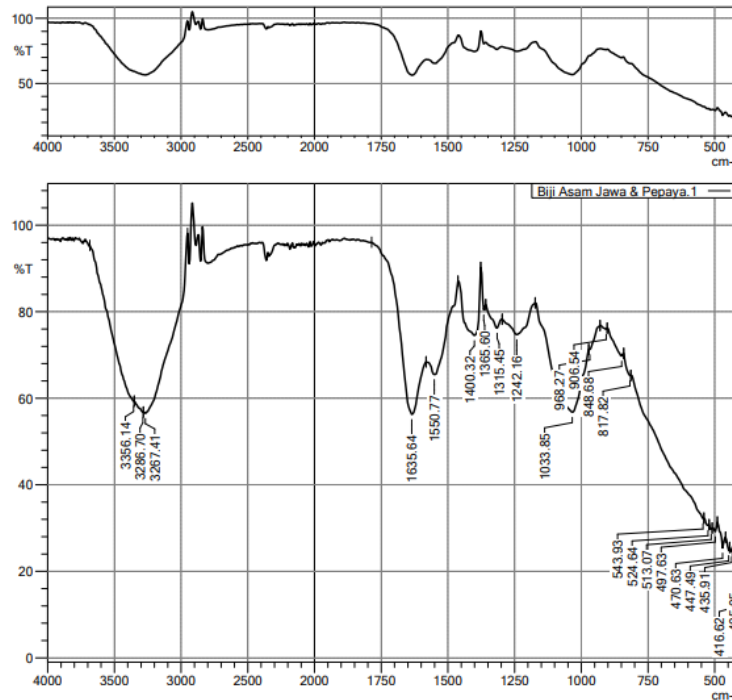
Gambar 4. 2 Hasil FTIR Karakteristik Biji Asam Jawa

Berdasarkan **Gambar 4.2** diperoleh pada puncak serapan 1604,77 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C=O (amida I), pada puncak serapan 3356,14 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi N-H (amida II), serta diperoleh gugus C-N pada puncak serapan 1276,88 cm^{-1} (amida III).

Biji asam jawa mengandung protein dengan muatan positif dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Biji Asam Jawa juga memiliki gugus amina ($-\text{NH}_2$), ini juga dapat meningkatkan sifat kationik dari koagulan, memungkinkan interaksi yang lebih baik dengan partikel koloid bermuatan negatif.. Ketika protein ini berinteraksi dengan koloid yang memiliki muatan serupa, ion-ion tersebut akan saling menolak, sedangkan ion dengan muatan berbeda akan saling tarik-menarik. Prinsip perbedaan muatan antara koloid dan koagulan ini menjadi dasar terjadinya koagulasi. Proses koagulasi akan berlangsung lebih cepat jika terdapat lebih banyak ion dengan muatan berbeda. Koagulasi terjadi ketika ion positif dari koagulan biji pepaya berinteraksi dengan ion fosfat bermuatan negatif dalam limbah. Interaksi ini menetralkan muatan partikel koloid, menyebabkan mereka saling menempel dan membentuk flok yang lebih besar. Pengadukan yang lambat membantu mempercepat proses penggabungan flok ini, sehingga partikel-partikel yang lebih berat dapat mengendap ke dasar.

c. Karakteristik Kombinasi Biji Pepaya dan Biji Asam Jawa

Koagulan dari kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa dikarakterisasi menggunakan *spektroskopi inframerah Fourier transform* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang mungkin dapat mengadsorpsi ion fosfat. Hasil spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus karboksil, hidroksil, dan amina, yang mengindikasikan keberadaan protein sebagai polielektrolit alami. Berikut hasil analisis FTIR kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa ditampilkan pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4. 3 Hasil FTIR Karakteristik Biji Pepaya dan Biji Asam Jawa

Berdasarkan **Gambar 4.3** diperoleh pada puncak serapan 1635,64 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C=O (amida I), pada puncak serapan 3356,14 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi N-H (amida II), serta diperoleh gugus C-N pada puncak serapan 1242,16 cm^{-1} (amida III).

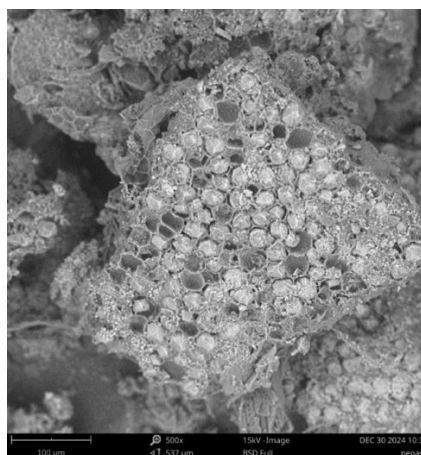
Berdasarkan hasil pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa mengandung protein sebagai polielektrolit alami, yang dapat yang dapat melakukan proses koagulasi dengan cara netralisasi muatan partikel koloid. Dengan Prinsip perbedaan muatan antara koloid dan koagulan ini menjadi dasar terjadinya koagulasi. Proses koagulasi akan berlangsung lebih cepat jika terdapat lebih banyak ion dengan muatan berbeda. Koagulasi terjadi ketika ion positif dari koagulan biji pepaya berinteraksi dengan ion fosfat bermuatan negatif dalam

limbah. Interaksi ini menetralkan muatan partikel koloid, menyebabkan mereka saling menempel dan membentuk flok yang lebih besar. Pengadukan yang lambat membantu mempercepat proses penggabungan flok ini, sehingga partikel-partikel yang lebih berat dapat mengendap ke dasar.

4.2.2 Karakterisasi Biokoagulan dengan SEM

Scanning Electron Microscopy (SEM) menghasilkan gambar yang menyajikan informasi mengenai morfologi atau fitur permukaan pada skala perbesaran antara 10 hingga 100.000 kali. Karakteristik koagulan biji pepaya dan biji asam jawa dianalisis menggunakan metode SEM untuk mengidentifikasi bentuk morfologi dari masing-masing koagulan. Tujuan dari analisis SEM yaitu untuk mengetahui morfologi koagulan dari kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa. Hasil dari uji karakteristik biji pepaya dengan metode SEM dapat dilihat pada **Gambar 4.4** di bawah ini.

a. Morfologi Biji Pepaya

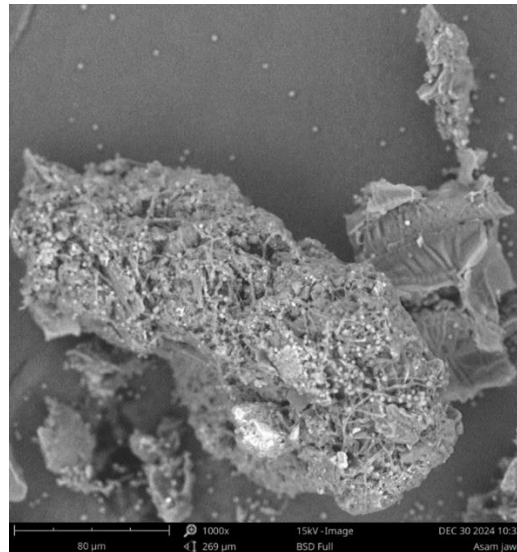


Gambar 4. 4 Hasil SEM Morfologi Biji Pepaya

Karakteristik morfologi serbuk biji pepaya perbesaran 500 x pada **Gambar 4.4** terlihat banyak bentuk yang tidak beraturan dan serat kasar. Biji pepaya mengandung 25,1% protein, 8,2% abu dan 45,6% serat kasar. Diameter partikel sebesar 5,17 μm . Terlihat bahwa rongga pada koagulan serbuk biji pepaya juga lebih besar. Rongga yang besar dapat dijadikan sebagai tempat untuk menyerap dan menyisihkan kadar kekeruhan serta logam berat yang cukup tinggi.

Hasil dari uji karakteristik biji asam jawa dengan metode SEM dapat dilihat pada **Gambar 4.5** di bawah ini.

b. Morfologi Biji Asam Jawa



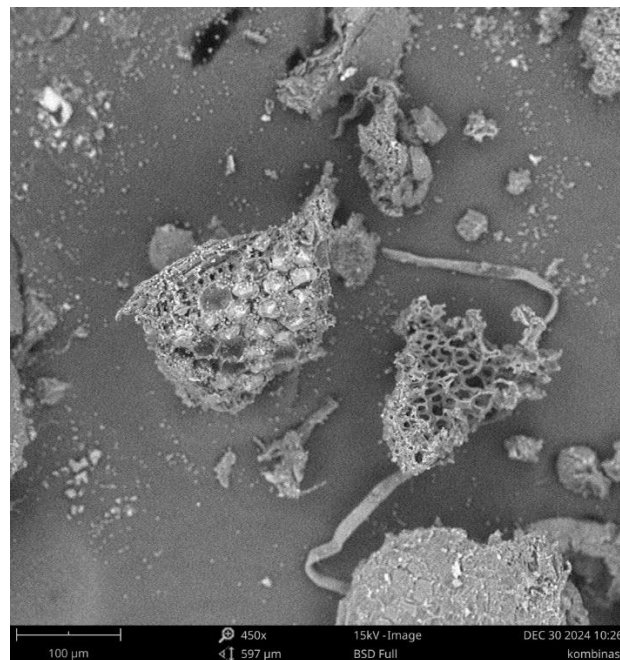
Gambar 4. 5 Hasil SEM Morfologi Biji Asam Jawa

Karakteristik morfologi serbuk biji asam jawa perbesaran 1000 x pada **Gambar 4.5** terlihat banyak bentuk yang tidak beraturan dan serat kasar. kandungan tanin sebesar 20,2% yang terdapat pada kulit biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan kandungan pati sebesar 33,1% yang terdapat pada daging biji asam jawa. Diameter partikel sebesar 2,69 μm . Terlihat bahwa

rongga dan serat kasar pada koagulan serbuk biji asam jawa juga lebih besar. Rongga yang besar dapat dijadikan sebagai tempat untuk menyerap dan menyisihkan kadar kekeruhan serta logam berat yang cukup tinggi.

Hasil dari uji karakteristik kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa dengan metode SEM dapat dilihat pada **Gambar 4.6** di bawah ini.

c. Morfologi Kombinasi Biji Pepaya dan Biji Asam Jawa



Gambar 4. 6 Hasil SEM Morfologi Biji Pepaya dan Biji Asam Jawa

Karakteristik morfologi serbuk biji pepaya dan biji asam jawa perbesaran 500 x pada **Gambar 4.6** terlihat banyak bentuk yang tidak beraturan dan serat kasar. Biji pepaya mengandung 25,1% protein, 8,2% abu dan 45,6% serat kasar. Serta kandungan kandungan tanin sebesar 20,2% yang terdapat pada kulit biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan kandungan pati sebesar 33,1%. Terlihat bahwa rongga pada kombinasi koagulan serbuk biji pepaya dan biji asam jawa juga lebih besar. Rongga yang besar dapat

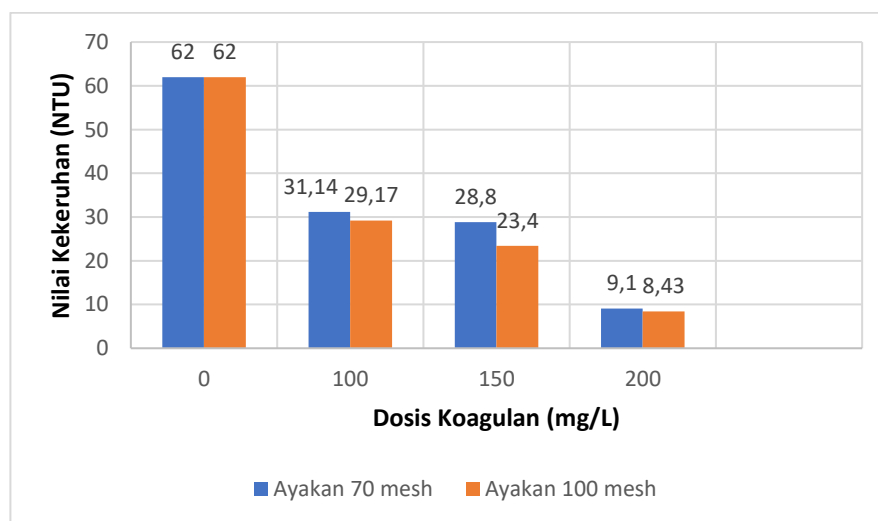
dijadikan sebagai tempat untuk menyerap dan menyisihkan kadar kekeruhan serta logam berat yang cukup tinggi.

4.3 Analisis Pengaruh Dosis dan Ukuran Partikel

4.3.1 Pengaruh Dosis dan Ukuran Partikel Biokoagulan dan Koagulan Kimia Terhadap Penurunan Kekeruhan

Penentuan dosis dan ukuran partikel sangat penting dilakukan agar hasil pengolah limbah menjadi lebih maksimal. Dosis dan ukuran partikel koagulan yang berada di tidak optimum dapat memberikan hasil pengolahan limbah yang kurang maksimal, hal ini dapat berpengaruh pada efektivitas dan efisiensi metode koagulasi-flokulasi. Sedangkan dosis dan ukuran partikel koagulan yang berlebihan akan menyebabkan partikel yang telah teragregasi berhamburan kembali, sehingga akan mengganggu proses pengendapan partikel (Ngadi dkk, 2013).

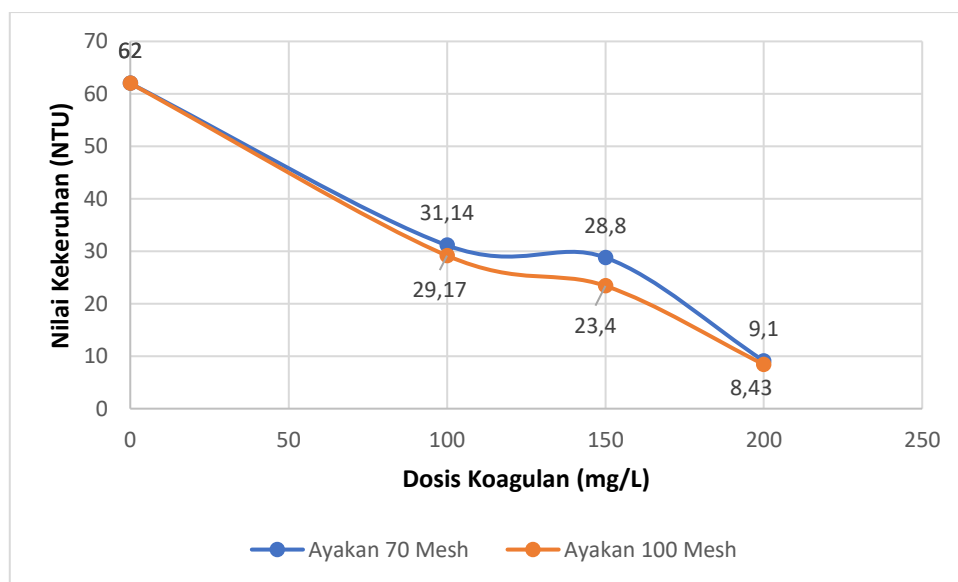
Berikut **Gambar 4.7** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis biokoagulan dan ukuran partikel terhadap penurunan kadar kekeruhan pada percobaan pertama



Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan terhadap Penurunan Kekeruhan

Berdasarkan **Gambar 4.7**, menunjukkan bahwa pengaruh pemberian dosis biokoagulan terhadap penurunan kekeruhan pada air limbah batik. Pada biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 49,7%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 52,9%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 53,5%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 62,2%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 85,3%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 86,4%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

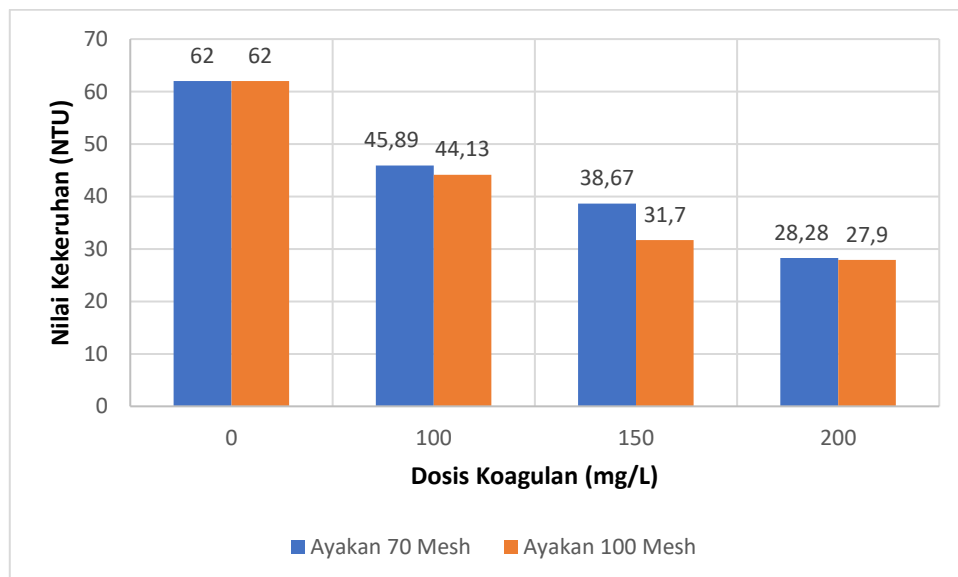
Berikut **Gambar 4.8** Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik



Gambar 4.8 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik Pada Percobaan I

Berdasarkan **Gambar 4.8** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan dan ukuran partikel terhadap penurunan kadar kekeruhan pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis biokoagulan dan semakin besar ukuran partikel, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar kekeruhan semakin tinggi. Dari kadar kekeruhan limbah batik awal yaitu 62 NTU setelah diberikan biokoagulan menjadi 8,43 NTU. Dosis optimum pemberian biokoagulan agar efektif menurunkan kadar kekeruhan limbah batik yaitu 200 mg/l dan ukuran ayakan optimumnya yaitu 100 mesh. Penggunaan dosis dan ukuran partikel optimum menyebabkan proses destabilisasi partikel akan semakin mudah terjadi, hal ini membuat flok akan semakin mudah terbentuk, sehingga terjadi penurunan kekeruhan pada limbah (Ngadi dkk, 2013).

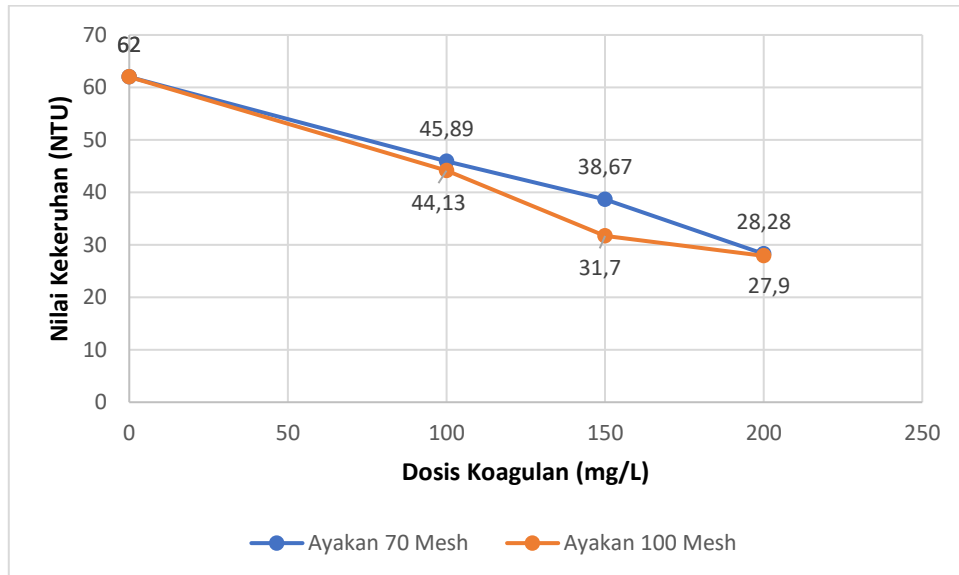
Berikut **Gambar 4.9** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis biokoagulan dan ukuran partikel terhadap penurunan kadar kekeruhan pada percobaan kedua.



Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Dosis Koagulan terhadap Penurunan Kekeruhan

Berdasarkan **Gambar 4.9** diatas, menunjukkan bahwa pengaruh pemberian dosis biokoagulan terhadap penurunan kekeruhan pada air limbah batik. Pada biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 25,9%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 28,8%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 37,6%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 48,8%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 54,3%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 55%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

Berikut **Gambar 4.10** Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik.

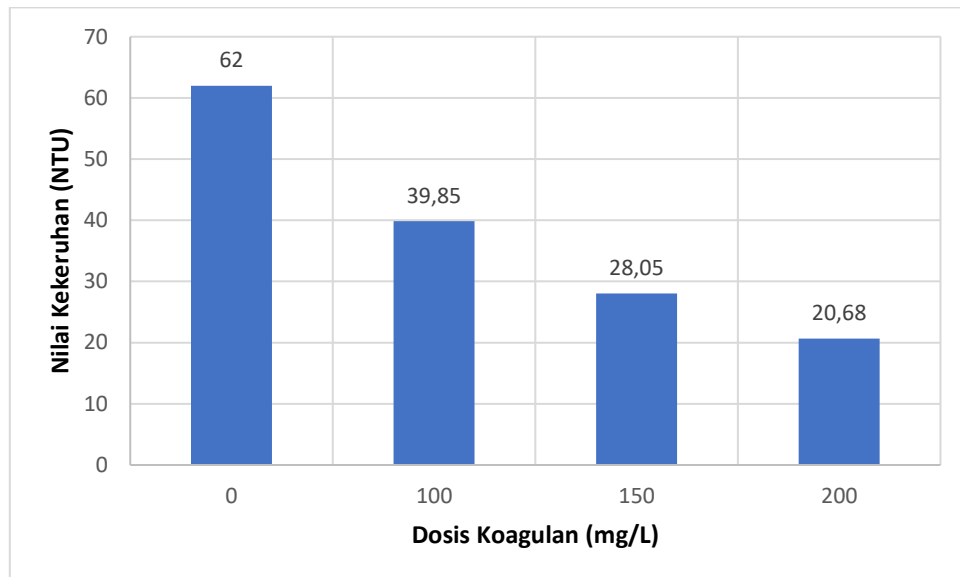


Gambar 4. 10 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik Pada Percobaan II

Berdasarkan **Gambar 4.10** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan dan ukuran partikel terhadap penurunan kadar kekeruhan pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis biokoagulan dan semakin besar ukuran partikel, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar kekeruhan semakin tinggi. Dari kadar kekeruhan limbah batik awal yaitu 62 NTU setelah diberikan biokoagulan menjadi 27,9 NTU. Dosis optimum pemberian biokoagulan agar efektif menurunkan kadar kekeruhan limbah batik yaitu 200 mg/l dan ukuran ayakan optimumnya yaitu 100 mesh. Penggunaan dosis dan ukuran partikel optimum menyebabkan proses destabilisasi partikel akan semakin mudah terjadi, hal ini membuat flok akan semakin mudah terbentuk, sehingga terjadi penurunan kekeruhan pada limbah (Ngadi dkk, 2013).

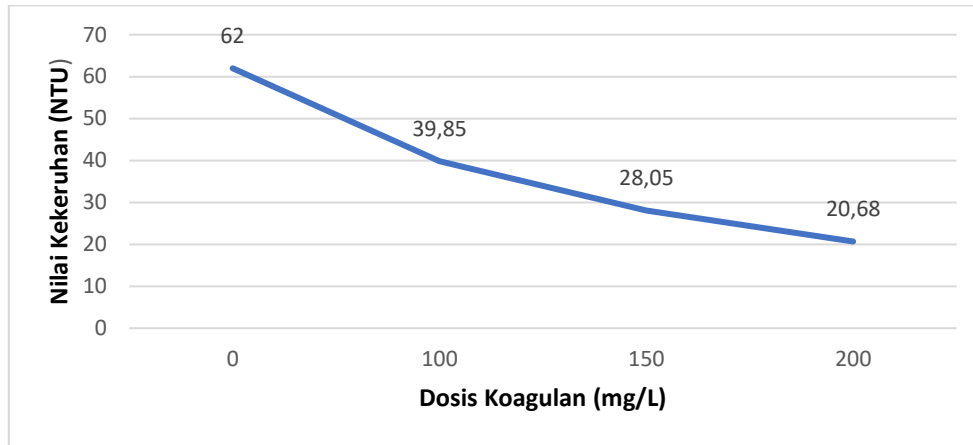
Akan tetapi ada perbedaan hasil dari percobaan kedua ini, pada percobaan kedua untuk kertas saring yang digunakan berbeda dengan kertas saring dipercobaan pertama yang menggunakan kertas saring whattman 41. Kertas saring yang digunakan memiliki ukuran pori yang besar sehingga masih ada residu yang masih tersisa didalam sampel air limbah batik. Pada saat pengujian air limbah batik yang sudah diolah masih sedikit keruh dikarenakan residunya belum tersaring secara sempurna.

Berikut **Gambar 4.11** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (tawas) terhadap penurunan kadar kekeruhan.



Gambar 4. 11 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia terhadap penurunan kekeruhan.

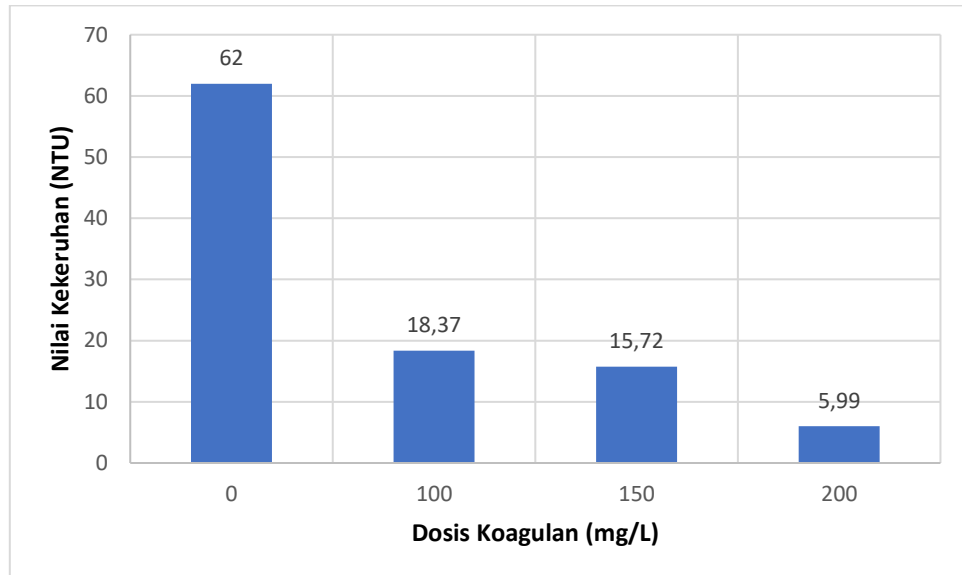
Berdasarkan **Gambar 4.11** diatas, menunjukan bahwa pengaruh pemberian dosis koagulan kimia terhadap penurunan kekeruhan pada air limbah batik. Pada koagulan kimia (tawas) dengan dosis 100 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 35,7%. Selanjutnya koagulan kimia (tawas) dengan dosis 150 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 54,7%. Dan koagulan kimia (tawas) dengan dosis 200 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 66,6%. Berikut **Gambar 4.12** Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik.



Gambar 4. 12 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik terhadap koagulan kimia (tawas)

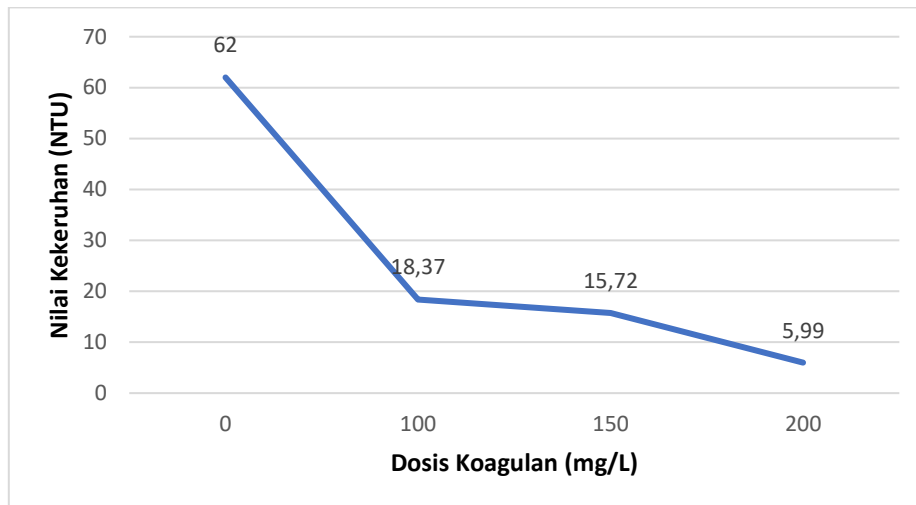
Berdasarkan **Gambar 4.12** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan terhadap penurunan kadar kekeruhan pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis biokoagulan dan semakin besar ukuran partikel, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar kekeruhan semakin tinggi. Dari kadar kekeruhan limbah batik awal yaitu 62 NTU setelah diberikan koagulan kimia (tawas) menjadi 20,6 NTU. Dosis optimum pemberian koagulan kimia (tawas) agar efektif menurunkan kadar kekeruhan limbah batik yaitu 200 mg/l. Penggunaan dosis dan ukuran partikel optimum menyebabkan proses destabilisasi partikel akan semakin mudah terjadi, hal ini membuat flok akan semakin mudah terbentuk, sehingga terjadi penurunan kekeruhan pada limbah (Ngadi dkk, 2013).

Berikut **Gambar 4.13** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (PAC) terhadap penurunan kadar kekeruhan.



Gambar 4. 13 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia terhadap penurunan kekeruhan

Berdasarkan **Gambar 4.13** diatas, menunjukan bahwa pengaruh pemberian dosis koagulan kimia terhadap penurunan kekeruhan pada air limbah batik. Pada koagulan kimia (PAC) dengan dosis 100 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 70,3%. Selanjutnya koagulan kimia (PAC) dengan dosis 150 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 74,6%. Dan koagulan kimia (PAC) dengan dosis 200 mg/L diperoleh persentase penurunan kekeruhan sebesar 90,3%. Berikut **Gambar 4.14** Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik



Gambar 4. 14 Grafik Penurunan Kekeruhan Air Limbah Batik terhadap koagulan kimia (PAC)

Berdasarkan **Gambar 4.14** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan kimia terhadap penurunan kadar kekeruhan pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar kekeruhan semakin tinggi. Dari kadar kekeruhan limbah batik awal yaitu 62 NTU setelah diberikan koagulan kimia (PAC) menjadi 5,9 NTU. Dosis optimum pemberian koagulan kimia (PAC) agar efektif menurunkan kadar kekeruhan limbah batik yaitu 200 mg/L. Penggunaan dosis dan ukuran partikel optimum menyebabkan proses destabilisasi partikel akan semakin mudah terjadi, hal ini membuat flok akan semakin mudah terbentuk, sehingga terjadi penurunan kekeruhan pada limbah (Ngadi dkk, 2013).

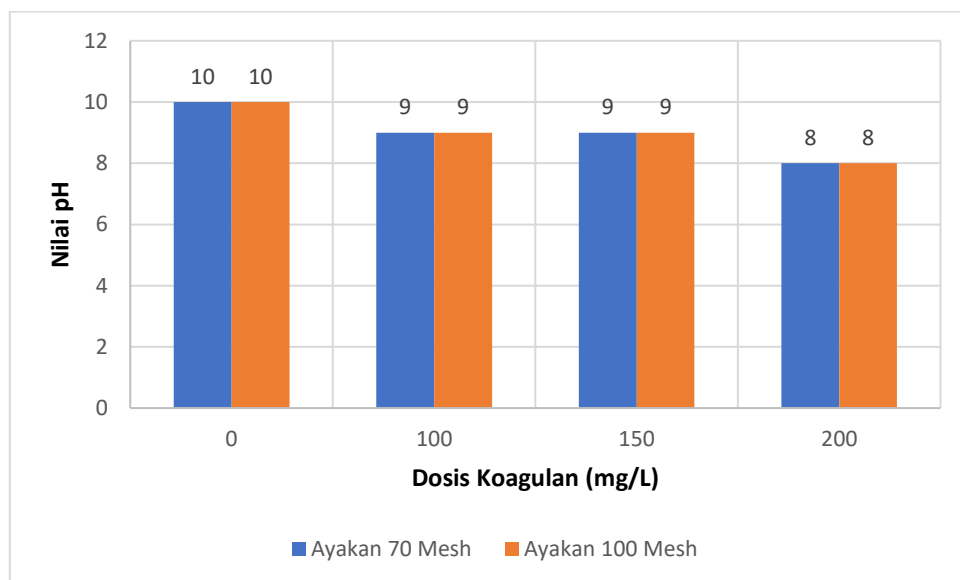
Dan berdasarkan grafik kekeruhan diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran partikel diameter biji Pepaya dan biji Asam Jawa, maka penurunan kekeruhan akan semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan penelitian dari Enrico (2008), bahwa ukuran partikel sangat berpengaruh terhadap penurunan kekeruhan karena semakin kecil diameter partikel koagulan, maka luas bidang kontak antara koagulan dengan partikel koloid dalam air akan semakin besar dan

interaksi antar partikel akan semakin cepat sehingga pembentukan flok akan lebih mudah.

4.3.2 Pengaruh Dosis dan Ukuran Partikel Biokoagulan dan Koagulan Kimia Terhadap Penurunan Derajat Keasaman (pH)

Penentuan dosis dan ukuran partikel sangat penting dilakukan agar hasil pengolah limbah menjadi lebih maksimal. Dosis dan ukuran partikel koagulan yang berada di tidak optimum dapat memberikan hasil pengolahan limbah yang kurang maksimal, hal ini dapat berpengaruh pada efektivitas dan efisiensi metode koagulasi-flokulasi. Sedangkan dosis dan ukuran partikel koagulan yang berlebihan akan menyebabkan partikel yang telah teragregasi berhamburan kembali, sehingga akan mengganggu proses pengendapan partikel (Ngadi dkk, 2013).

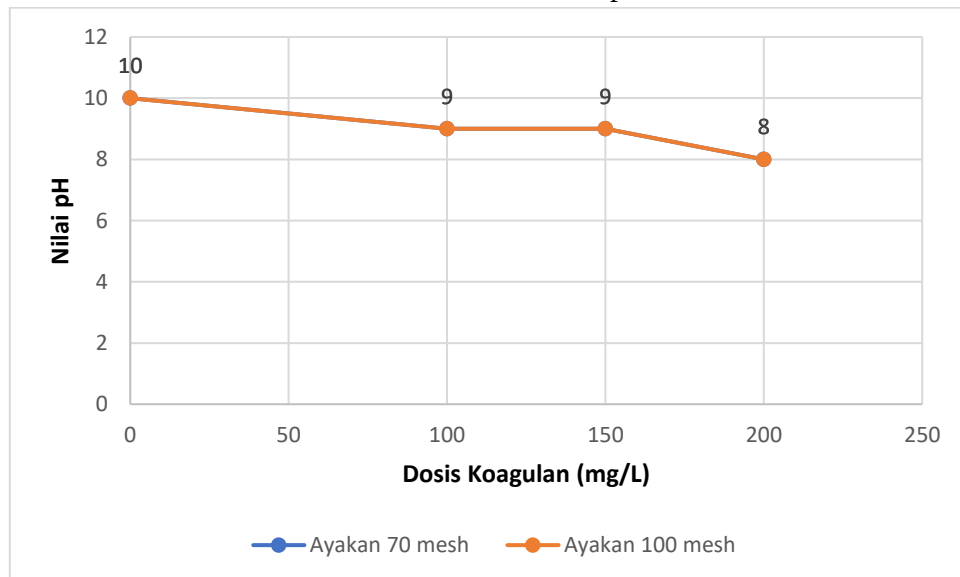
Berikut **Gambar 4.15** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis biokoagulan dan ukuran partikel terhadap penurunan kadar pH pada percobaan pertama



Gambar 4. 15 Grafik pengaruh pemberian dosis biokoagulan terhadap penurunan pH

Berdasarkan **Gambar 4.15** yang merupakan grafik pengaruh pemberian biokoagulan terhadap penurunan pH pada percobaan pertama. Semakin tinggi pemberian dosis biokoagulan maka semakin turun kadar pH dalam air limbah batik. Kadar pH air limbah batik sebelum diolah yaitu 10. Pemberian dosis biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 8, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 8, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

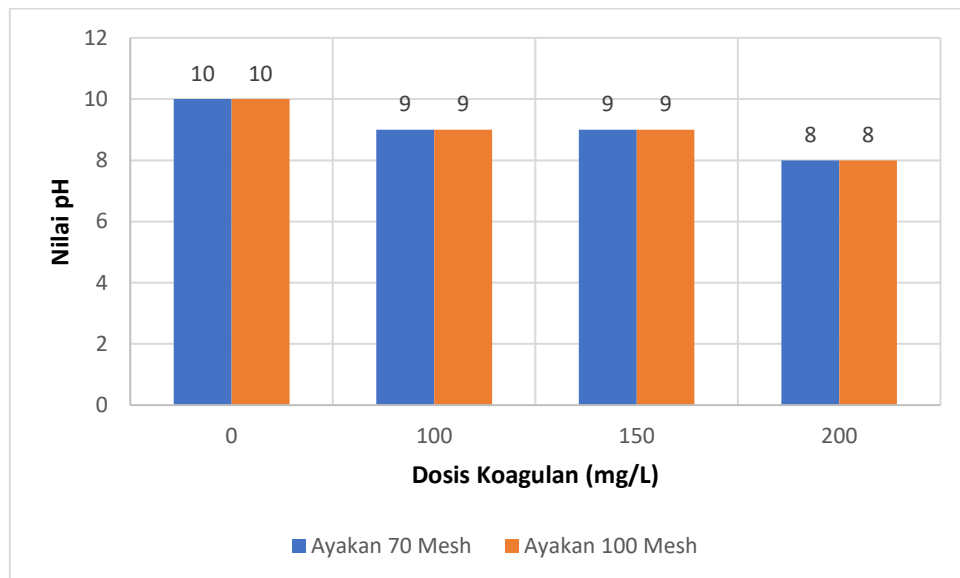
Berikut **Gambar 4.16** Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik



Gambar 4. 16 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik

Berdasarkan **Gambar 4.16** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis biokoagulan dan ukuran ayakan terhadap penurunan kadar pH pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar pH semakin tinggi. Dari kadar pH limbah batik awal yaitu 10 setelah diberikan biokoagulan menjadi 8. Dosis optimum pemberian biokoagulan agar efektif menurunkan kadar pH limbah batik yaitu 200 mg/L, dengan ukuran ayakan 100 mesh.

Berikut **Gambar 4.17** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis biokoagulan dan ukuran partikel terhadap penurunan kadar pH pada percobaan kedua.

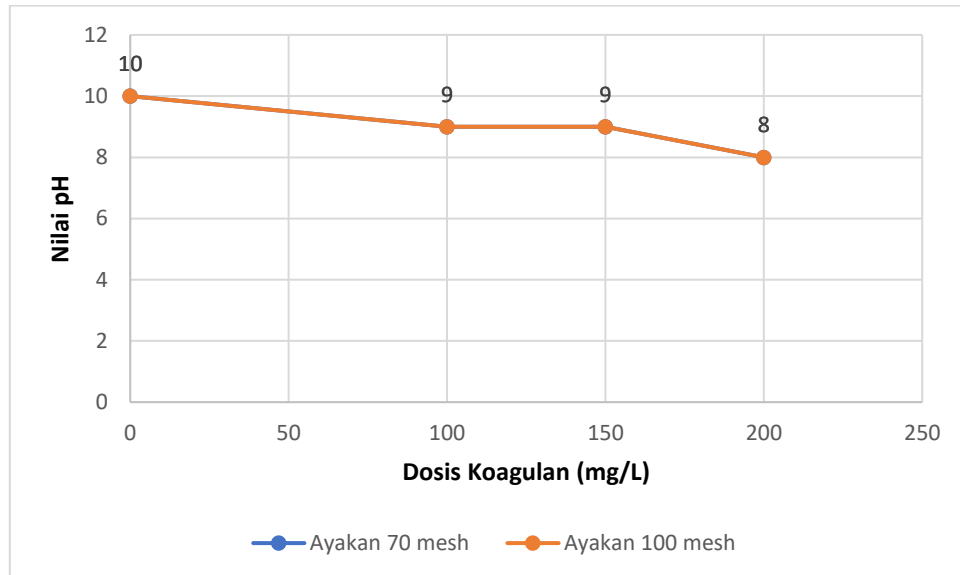


Gambar 4. 17 Grafik pengaruh pemberian dosis biokoagulan terhadap penurunan pH

Berdasarkan **Gambar 4.17** yang merupakan grafik pengaruh pemberian biokoagulan terhadap penurunan pH pada percobaan kedua. Semakin tinggi pemberian dosis biokoagulan maka semakin turun kadar pH dalam air limbah batik. Kadar pH air limbah batik sebelum diolah yaitu 10. Pemberian dosis biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L

diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 8, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 8, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

Berikut **Gambar 4.18** Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik

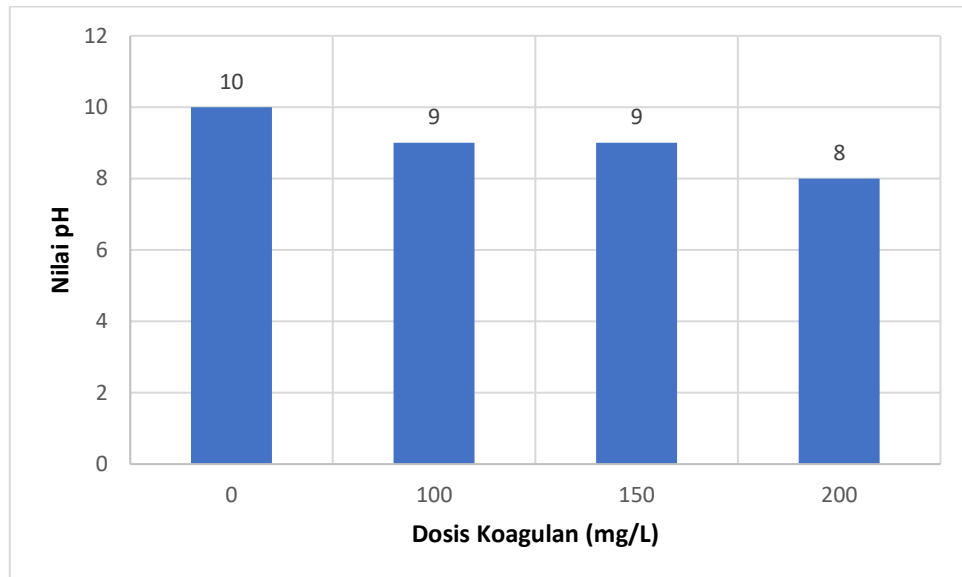


Gambar 4. 18 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik

Berdasarkan **Gambar 4.18** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis biokoagulan dan ukuran ayakan terhadap penurunan kadar pH pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar pH semakin tinggi. Dari kadar pH limbah batik awal yaitu 10 setelah diberikan biokoagulan menjadi 8. Dosis optimum pemberian biokoagulan agar efektif menurunkan kadar pH limbah

batik yaitu 200 mg/L, dengan ukuran ayakan 100 mesh. Hasil penurunan pH masih sama dengan percobaan yang pertama.

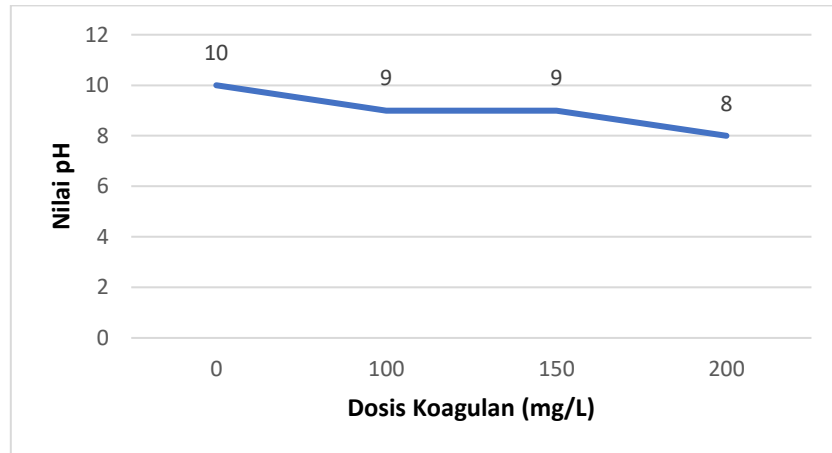
Berikut **Gambar 4.19** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (tawas) terhadap penurunan kadar pH.



Gambar 4. 19 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (tawas) terhadap penurunan pH

Berdasarkan **Gambar 4.19** yang merupakan grafik pengaruh pemberian koagulan kimia (tawas) terhadap penurunan pH. Semakin tinggi pemberian dosis koagulan kimia (tawas) maka semakin turun kadar pH dalam air limbah batik. Kadar pH air limbah batik sebelum diolah yaitu 10. Pemberian dosis koagulan kimia (tawas) dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9. Pemberian koagulan kimia (tawas) dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9. Selanjutnya Pemberian koagulan kimia (tawas) dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 8.

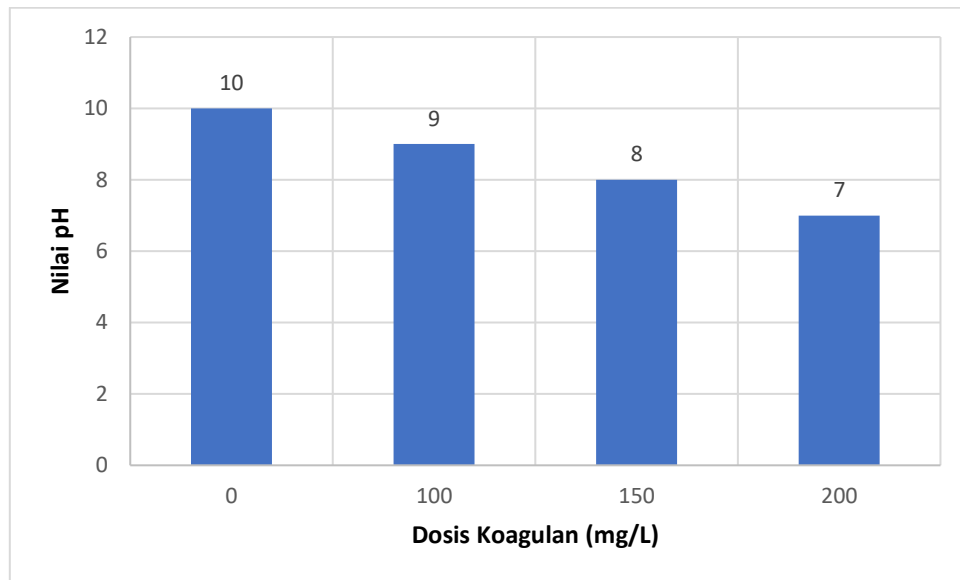
Berikut **Gambar 4.20** Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik.



Gambar 4. 20 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik

Berdasarkan **Gambar 4.20** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (tawas) terhadap penurunan kadar pH pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar pH semakin tinggi. Dari kadar pH limbah batik awal yaitu 10 setelah diberikan koagulan kimia (tawas) menjadi 8. Dosis optimum pemberian koagulan kimia (tawas) agar efektif menurunkan kadar pH limbah batik yaitu 200 mg/L.

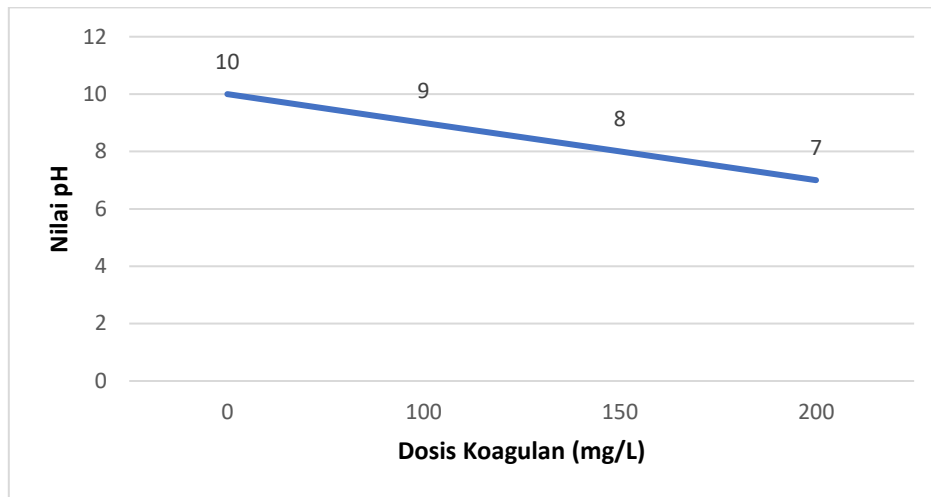
Berikut **Gambar 4.21** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (PAC) terhadap penurunan kadar pH.



Gambar 4. 21 Grafik pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (PAC) terhadap penurunan pH

Berdasarkan **Gambar 4.21** yang merupakan grafik pengaruh pemberian koagulan kimia (PAC) terhadap penurunan pH. Semakin tinggi pemberian dosis koagulan kimia (PAC) maka semakin turun kadar pH dalam air limbah batik. Kadar pH air limbah batik sebelum diolah yaitu 10. Pemberian dosis koagulan kimia (PAC) dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 9. Pemberian koagulan kimia (PAC) dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 8. Selanjutnya Pemberian koagulan kimia (PAC) dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan pH sebesar 7.

Berikut **Gambar 4.22** Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik.



Gambar 4.22 Grafik Penurunan pH Air Limbah Batik

Berdasarkan **Gambar 4.22** yang merupakan grafik dari pengaruh pemberian dosis koagulan kimia (PAC) terhadap penurunan kadar pH pada air limbah industri batik. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan, maka efisiensinya dalam menurunkan kadar pH semakin tinggi. Dari kadar pH limbah batik awal yaitu 10 setelah diberikan koagulan kimia (PAC) menjadi 7. Dosis optimum pemberian koagulan kimia (PAC) agar efektif menurunkan kadar pH limbah batik yaitu 200 mg/L.

Berdasarkan hasil ini disimpulkan bahwa nilai pH pada limbah hasil pemrosesan sudah sesuai dengan baku mutu limbah industri batik yang aman dibuang ke lingkungan karena tidak melebihi ambang batas yang termuat dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 yaitu sebesar 6-9.

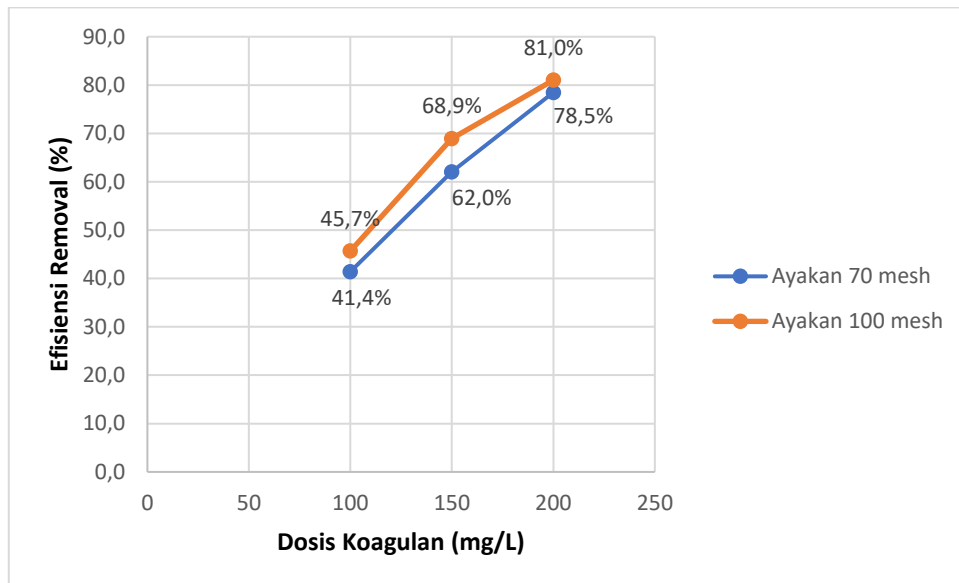
Penurunan pH pada air limbah yang terjadi akibat penggunaan koagulan dari biji Asam Jawa. Semakin banyak dosis koagulan yang digunakan, semakin rendah nilai pH larutan. Hal ini disebabkan oleh sifat asam biji asam jawa yang memiliki pH antara 2-4, seperti yang diungkapkan oleh Poerwanto dkk (2015). Asam tartarat, yang terkandung dalam biji asam jawa, berperan penting dalam proses ini. Ketika dosis koagulan meningkat, ion H^+ dari asam tartarat

berikatan dengan ion negatif pada partikel koloid di dalam air limbah, seperti yang dijelaskan oleh (Lafiyah dkk,2015) dan (Jannah,2020). Proses ini tidak hanya menurunkan pH tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi koagulasi, sehingga membantu dalam pengolahan air limbah.

4.3.3 Pengaruh Dosis dan Ukuran Partikel Biokoagulan dan Koagulan Kimia Terhadap Penurunan Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dan Krom Total (Cr)

Logam berat sangat berbahaya jika masuk ke kompartemen lingkungan karena sifatnya yang mudah terakumulasi ke dalam lingkungan membentuk senyawa yang lebih kompleks salah satunya masuk ke dalam badan air. Kandungan logam berat yang tinggi di dalam tubuh suatu organisme dapat merusak sistem jaringan tubuh manusia jika melewati batas toleransi. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernapasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit (Anthony dkk, 2014). Logam berat pada limbah cair industri batik umumnya berasal dari proses pewarnaan. Kandungan logam berat pada zat warna tekstil khususnya batik berfungsi sebagai penguat warna sehingga warna yang dihasilkan pada kain lebih jelas dan tidak mudah luntur. Konsentrasi awal logam berat Pb dan Cr pada limbah cair batik yang telah diencerkan menggunakan aquades secara berturut-turut sebesar 0,110 mg/L dan 0,119 mg/L.

Berikut **Gambar 4.23** Grafik efisiensi removal dari percobaan pertama penurunan Pb

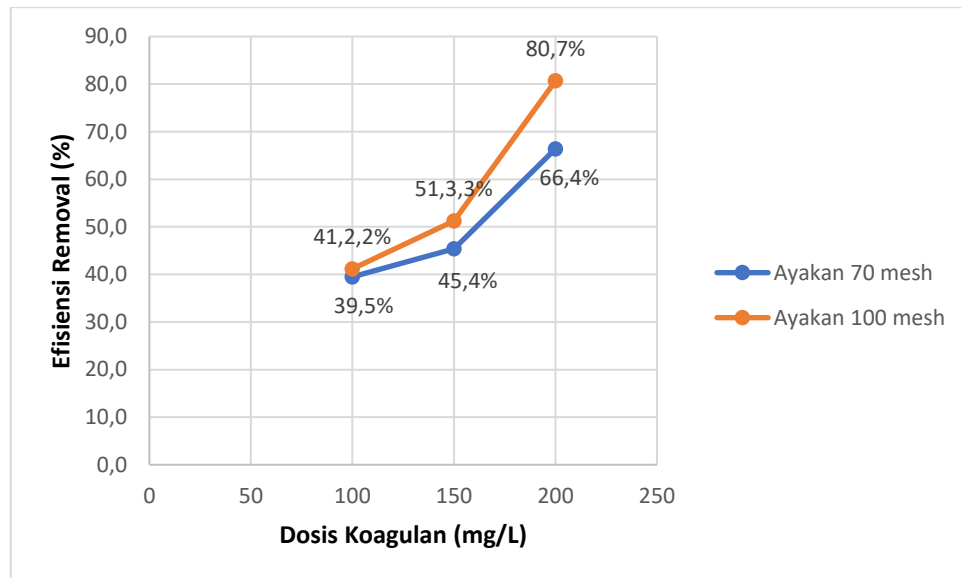


Gambar 4. 23 Grafik efisiensi removal dari percobaan pertama penurunan Pb

Pada **Gambar 4.23** terjadi penurunan konsentrasi timbal (Pb) yang semula konsentrasi timbal pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,1101 mg/L. Pada saat Pemberian dosis biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0645 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 41,4%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0598 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 45,6%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0418 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 62%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0342 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 69,9%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0237 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 78,4%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil

penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0209 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 81%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

Berikut **Gambar 4.24** Grafik efisiensi removal dari percobaan pertama penurunan Cr

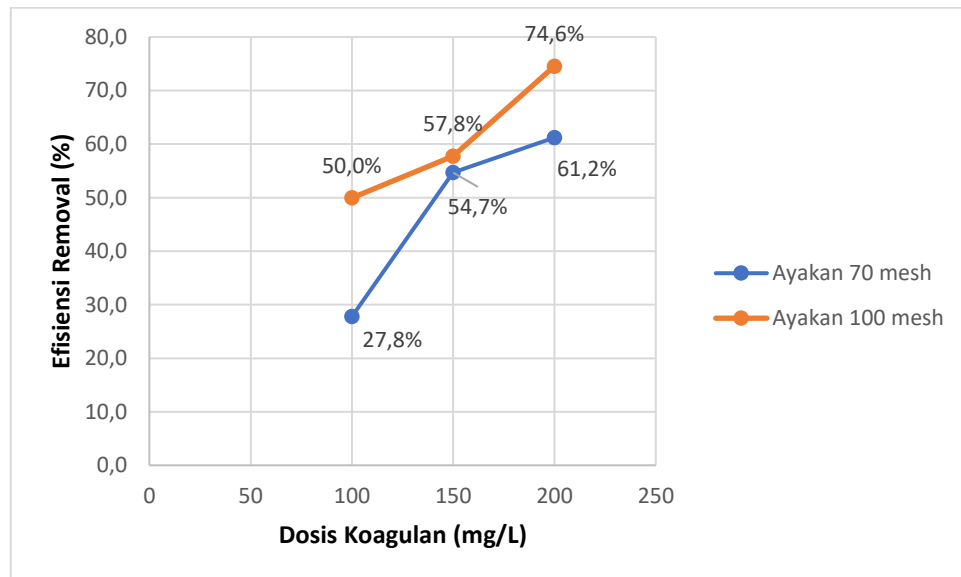


Gambar 4. 24 Grafik efisiensi removal dari percobaan pertama penurunan Cr

Pada **Gambar 4.24** terjadi penurunan konsentrasi krom total (Cr) yang semula konsentrasi krom total pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,119 mg/L. Pada saat Pemberian dosis biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,072 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 39,4%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,07 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 41,1%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,065 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 45,3%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,058 mg/L

dengan efisiensi removal 51,2%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,04 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 66,3%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,023 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 80,6%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

Berikut **Gambar 4.25** Grafik efisiensi removal dari percobaan kedua penurunan Pb



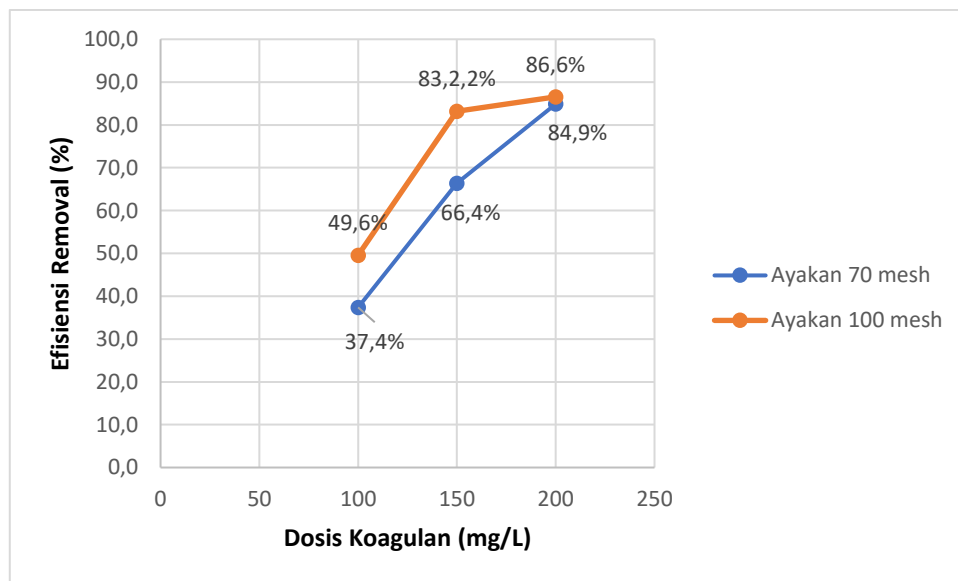
Gambar 4. 25 Grafik efisiensi removal dari percobaan kedua penurunan Pb

Pada **Gambar 4.25** terjadi penurunan konsentrasi timbal (Pb) yang semula konsentrasi timbal pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,1101 mg/L. Pada saat Pemberian dosis biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0795 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 27,7%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0551 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 49,9%,

hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0499 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 54,6%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0465 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 57,7%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0427 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 61,2%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,028 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 74%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

Berikut **Gambar 4.26** Grafik efisiensi removal dari percobaan kedua penurunan

Cr

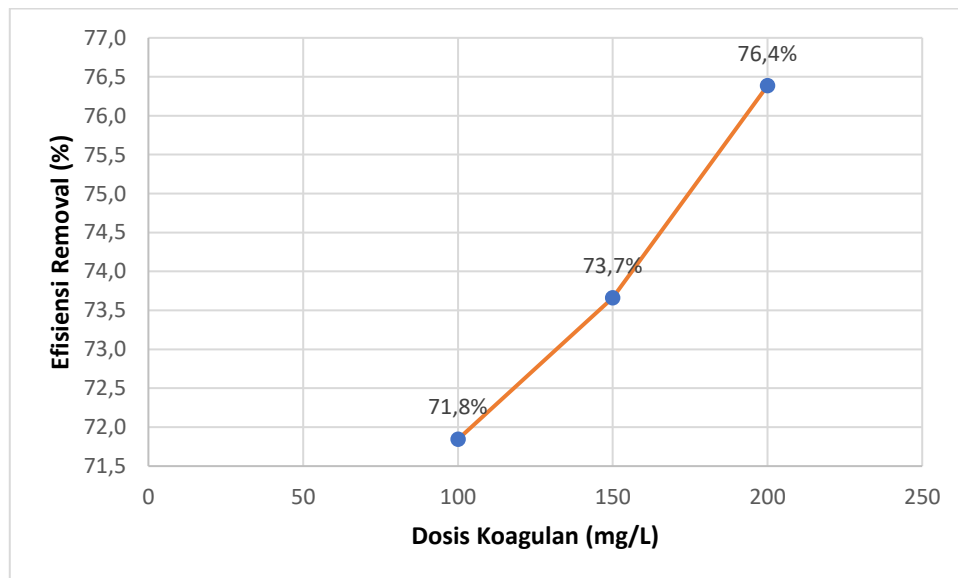


Gambar 4. 26 Grafik efisiensi removal dari percobaan kedua penurunan Cr

Pada **Gambar 4.26** terjadi penurunan konsentrasi krom total (Cr) yang semula konsentrasi krom total pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,119 mg/L. Pada saat Pemberian dosis biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,0745

mg/L dengan efisiensi removal sebesar 37,3%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,06 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 49,5%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,04 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 66,3%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 150 mg/L diperoleh diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,02 mg/L dengan efisiensi removal 83%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh. Selanjutnya Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,018 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 84,8%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 70 mesh. Biokoagulan dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,016 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 86,5%, hasil ini diperoleh pada ukuran ayakan 100 mesh.

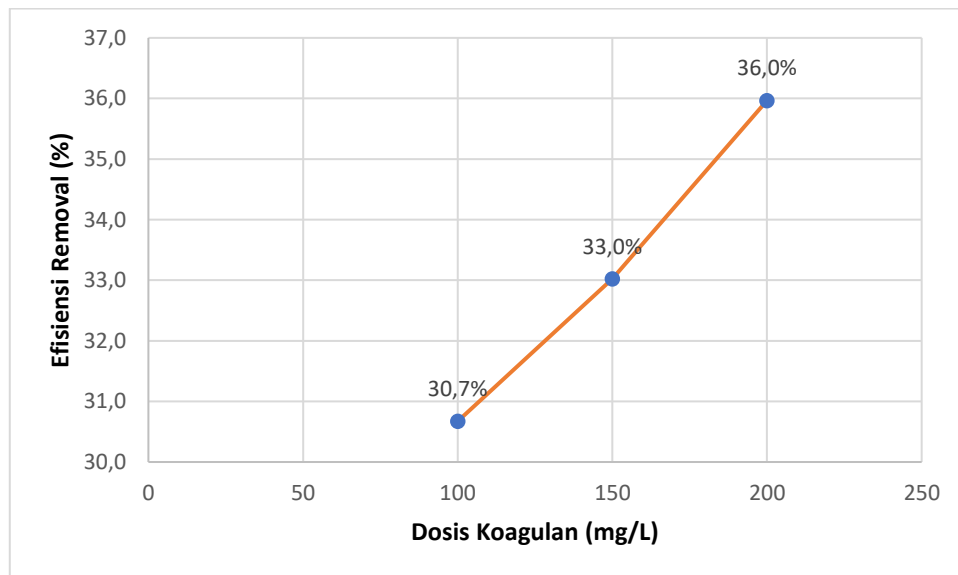
Berikut **Gambar 4.27** Grafik efisiensi removal dari percobaan tawas penurunan Pb



Gambar 4. 27 Grafik efisiensi removal dari percobaan tawas penurunan Pb

Pada **Gambar 4.27** terjadi penurunan konsentrasi timbal (Pb) yang semula konsentrasi timbal pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,1101 mg/L. Pada saat Pemberian dosis koagulan tawas dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,031 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 71,8%. Selanjutnya koagulan tawas dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,029 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 73,6%. Selanjutnya pemberian koagulan tawas dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,026 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 76,3%.

Berikut **Gambar 4.28** Grafik efisiensi removal dari percobaan koagulan tawas penurunan Cr

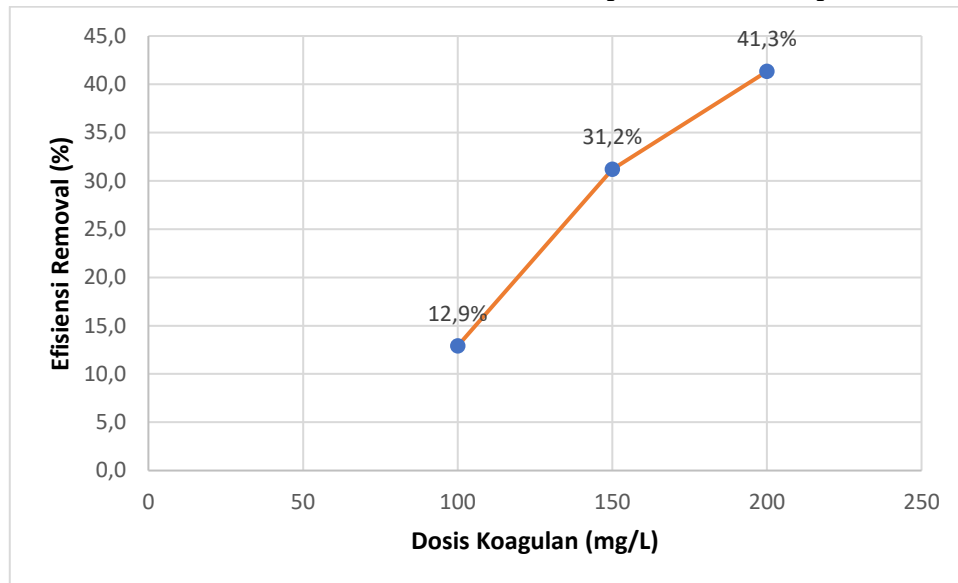


Gambar 4. 28 Grafik efisiensi removal dari percobaan koagulan tawas penurunan Cr

Pada **Gambar 4.28** terjadi penurunan konsentrasi Krom total (Cr) yang semula konsentrasi krom total pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,1101 mg/L. Pada saat Pemberian dosis koagulan tawas dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,0825 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 30,6%. Selanjutnya koagulan tawas dengan

dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,0797 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 73%. Selanjutnya pemberian koagulan tawas dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,0762 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 35,9%.

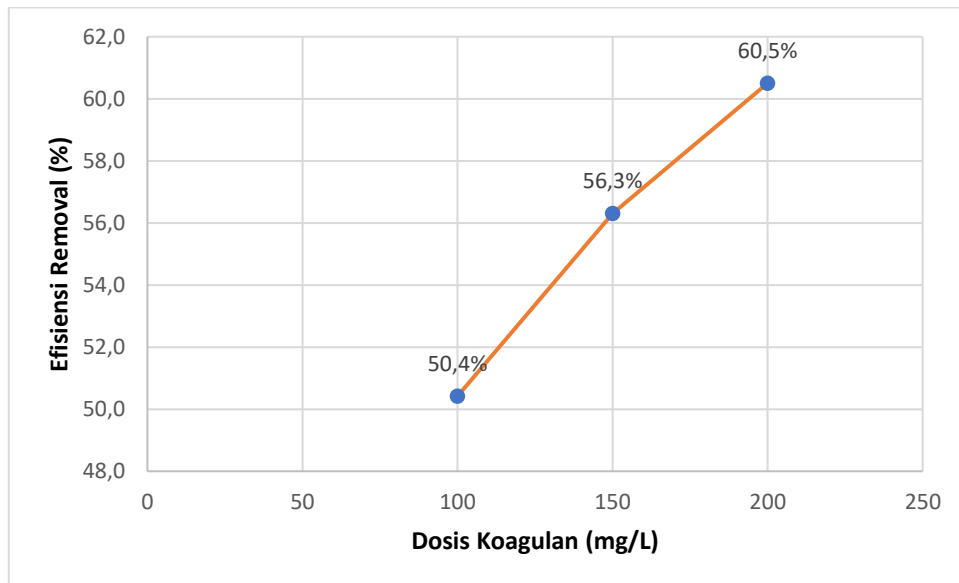
Berikut **Gambar 4.29** Grafik efisiensi removal dari percobaan PAC penurunan Pb



Gambar 4. 29 Grafik efisiensi removal dari percobaan PAC penurunan Pb

Pada **Gambar 4.29** terjadi penurunan konsentrasi timbal (Pb) yang semula konsentrasi timbal pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,1101 mg/L. Pada saat Pemberian dosis koagulan PAC dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0959 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 12,8%. Selanjutnya koagulan PAC dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0757 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 31,1%. Selanjutnya pemberian koagulan PAC dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi timbal menjadi 0,0646 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 41,3%.

Berikut **Gambar 4.30** Grafik efisiensi removal dari percobaan koagulan PAC penurunan Cr



Gambar 4. 30 Grafik efisiensi removal dari percobaan koagulan PAC penurunan Cr

Pada **Gambar 4.30** terjadi penurunan konsentrasi Krom total (Cr) yang semula konsentrasi krom total pada limbah batik yang belum diolah dengan biokoagulan yaitu 0,1101 mg/L. Pada saat Pemberian dosis koagulan PAC dengan dosis 100 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,059 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 50,4%. Selanjutnya koagulan PAC dengan dosis 150 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,052 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 56,3%. Selanjutnya pemberian koagulan PAC dengan dosis 200 mg/L diperoleh hasil penurunan konsentrasi Krom total menjadi 0,047 mg/L dengan efisiensi removal sebesar 60,5%.

Hasil yang diperoleh memenuhi baku mutu air limbah industri batik yang aman dibuang ke lingkungan yaitu sebesar 1,0 mg/L yang termuat dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016.

Penambahan biokoagulan, seperti serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*), memiliki peran penting dalam pengolahan limbah cair, terutama dalam menghilangkan partikel koloid dan logam berat. Proses ini melibatkan pembentukan flok, di mana biokoagulan menarik partikel-partikel dan logam-

logam ke dalam agregat yang lebih besar sehingga dapat mengendap. Protein kationik yang terdapat dalam serbuk biji pepaya berikatan dengan muatan negatif dari senyawa yang mengikat ion logam. Interaksi ini tidak hanya membantu dalam pengendapan ion logam, tetapi juga meningkatkan efisiensi proses koagulasi. Dengan demikian, penggunaan biokoagulan ini dapat mengurangi kadar logam berat dalam limbah cair, seperti yang dijelaskan oleh (Ali dkk,2019).

4.4 Perbandingan Efektivitas Koagulan

4.4.1 Perbandingan efektivitas koagulan dalam menurunkan kekeruhan

Setelah dilakukan percobaan menggunakan biokoagulan dari kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa dan dibandingkan dengan penggunaan koagulan kimia (tawas dan PAC) didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.2** yang merupakan perbandingan dari hasil penggunaan biokoagulan di percobaan pertama dan kedua serta perbandingan penggunaan koagulan kimia yaitu tawas dan PAC.

Tabel 4. 2 Perbandingan penurunan Kekeruhan tiap koagulan

Perbandingan Kadar Kekeruhan			
Jenis Koagulan	Ukuran ayakan (mesh)	Dosis Koagulan (mg/L)	Konsentrasi Kekeruhan (NTU)
Limbah Awal	0	0	62
Biokoagulan (biji Pepaya dan Biji Asam Jawa) - Percobaan I	70	100	31,14
		150	28,8
		200	9,1
	100	100	29,17
		150	23,4
		200	8,43
Biokoagulan (biji Pepaya dan Biji Asam Jawa)	70	100	45,89
		150	38,67
		200	28,28
	100	100	44,13
		150	31,7
		200	27,9
	0	100	39,85

Koagulan Kimia (Tawas)	0	150	28,05
	0	200	20,68
Koagulan Kimia (PAC)	0	100	18,37
	0	150	15,72
	0	200	5,99

Pada **Tabel 4.2** dijelaskan bahwa Koagulan serbuk biji pepaya dan biji asam jawa pada percobaan I menghasilkan kekeruhan sebesar 8,43 NTU di dosis koagulan 200 mg/L dengan penurunan kekeruhan 86,4%, sedangkan untuk koagulan Tawas menghasilkan kadar kekeruhan 20,6 NTU dengan efisiensi penurunan kekeruhan sebesar 66,6% dan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) menghasilkan kekeruhan sebesar 5,99 NTU dengan penurunan kekeruhan sebesar 90,3%.

4.4.2 Perbandingan efektivitas koagulan dalam menurunkan pH

Setelah dilakukan percobaan menggunakan biokoagulan dari kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa dan dibandingkan dengan penggunaan koagulan kimia (tawas dan PAC) didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.3** yang merupakan perbandingan dari hasil penggunaan biokoagulan di percobaan pertama dan kedua serta perbandingan penggunaan koagulan kimia yaitu tawas dan PAC.

Tabel 4. 3 Perbandingan penurunan pH tiap koagulan

Perbandingan Kadar Derajat Keasaman (pH)			
Jenis Koagulan	Ukuran ayakan (mesh)	Dosis Koagulan (mg/L)	Konsentrasi pH
Limbah Awal	0	0	10
Biokoagulan (biji Pepaya dan Biji Asam Jawa) - Percobaan I	70	100	9
		150	9
		200	8
	100	100	9
		150	9
		200	8
	70	100	9
		150	9

Biokoagulan (biji Pepaya dan Biji Asam Jawa)	100	200	8
		100	9
		150	9
		200	8
Koagulan Kimia (Tawas)	0	100	9
	0	150	9
	0	200	8
Koagulan Kimia (PAC)	0	100	9
	0	150	8
	0	200	7

Pada **Tabel 4.3** dijelaskan bahwa Koagulan serbuk biji pepaya dan biji asam jawa pada percobaan I menurunkan derajat keasaman (pH) sebesar 8 di dosis koagulan 200 mg/L, sedangkan untuk koagulan Tawas menurunkan derajat keasaman (pH) sebesar koagulan 8 di dosis koagulan 200 mg/L dan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) menurunkan kadar derajat keasaman (Ph) sebesar 7.

4.4.3 Perbandingan efektivitas koagulan dalam menurunkan logam berat

Setelah dilakukan percobaan menggunakan biokoagulan dari kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa dan dibandingkan dengan penggunaan koagulan kimia (tawas dan PAC) didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.4** yang merupakan perbandingan dari hasil penggunaan biokoagulan di percobaan pertama dan kedua serta perbandingan penggunaan koagulan kimia yaitu tawas dan PAC.

Tabel 4. 4 Perbandingan penurunan logam berat tiap koagulan

Perbandingan Kadar Logam Berat Cr dan Pb				
Jenis Koagulan	Ukuran ayakan (mesh)	Dosis Koagulan (mg/L)	Konsentrasi Logam Berat (mg/L)	
			Timbal (Pb)	Krom total (Cr)
Limbah Awal	0	0	0,1101	0,119
Biokoagulan (biji Pepaya dan	70	100	0,0645	0,072
		150	0,0418	0,065

Biji Asam Jawa) - Percobaan I	100	200	0,0237	0,04
		100	0,0598	0,07
		150	0,0342	0,058
		200	0,0209	0,023
Biokoagulan (biji Pepaya dan Biji Asam Jawa)	70	100	0,0795	0,0745
		150	0,0499	0,04
		200	0,018	0,018
	100	100	0,0551	0,06
		150	0,0465	0,02
		200	0,028	0,016
Koagulan Kimia (Tawas)	0	100	0,031	0,0825
	0	150	0,029	0,0797
	0	200	0,026	0,0762
Koagulan Kimia (PAC)	0	100	0,0959	0,059
	0	150	0,07576	0,052
	0	200	0,0646	0,047

Pada **Tabel 4.4** dijelaskan bahwa Koagulan serbuk biji pepaya dan biji asam jawa pada percobaan I menurunkan kadar logam berat timbal sebesar 0,0209 mg/L dan logam berat krom sebesar 0,023 mg/L di dosis koagulan 200 mg/L dengan efisiensi removal berturut-turut 81% dan 80,6%. sedangkan untuk koagulan Tawas menurunkan kadar logam berat timbal sebesar 0,026 mg/L dan logam berat krom sebesar 0,0762 di dosis koagulan 200 mg/L dengan efisiensi removal berturut-turut 76,3% dan 35,9%. dan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) menurunkan kadar logam berat timbal sebesar 0,0646 mg/L dan logam berat krom sebesar 0,047 di dosis koagulan 200 mg/L dengan efisiensi removal berturut-turut 41,3% dan 60,5%.

Berdasarkan hasil di atas didapatkan kesimpulan bahwa kinerja kombinasi biokoagulan serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dalam menurunkan kekeruhan lebih baik dibanding Tawas dengan penurunan kekeruhan sebesar 86,4%. Penurunan kekeruhan terjadi karena gugus amina aktif (NH_4^+) yang terdapat pada serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) mengikat partikel-partikel yang bermuatan negatif sehingga partikel-partikel

tersebut terdestabilisasikan membentuk flok yang dapat terendapkan (Hendrawati, 2016). Sebaliknya, untuk nilai pH sampel limbah yang ditambahkan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan penambahan serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*). Dan untuk parameter logam berat, serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) menurunkan kadar logam berat Timbal dan Krom lebih baik dibanding Tawas dan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dengan efisiensi removal sebesar 81% untuk timbal dan 80,6% untuk krom total. Hal ini dikarenakan biji asam jawa mengandung senyawa *tanin* yang dimana senyawa tersebut dapat berinteraksi dengan logam berat, dan logam berat tersebut menempel pada permukaan biji partikel. Dan kandungan yang terkandung pada biji pepaya seperti *polifenolik* yang mampu mengikat logam-logam seperti Timbal (Pb), Kromium, dan Kadmium (Cd).

Berdasarkan keseluruhan hasil dapat disimpulkan bahwa serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) memiliki potensi yang besar sebagai biokoagulan untuk digunakan dalam pengolahan limbah cair industri batik. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Hidayati.N, 2023) penggunaan biji pepaya saja sebagai biokoagulan pada pengolahan air limbah batik dengan variasi dosis 250 mg/L dengan ukuran ayakan 150 mesh didapatkan penurunan kekeruhan sebesar 41,5 NTU dan efisiensi removal penurunan kadar logam berat Pb dan Cr berturut-turut ialah 47,7% dan 27,2%. Jika dibandingkan dengan kombinasi biokoagulan dari serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dapat menurunkan kadar kekeruhan limbah tekstil menjadi 8,45 NTU dan efisiensi removal penurunan kadar logam berat Pb dan Cr berturut-turut ialah 81% dan 80,7%. Dan dapat disimpulkan biokoagulan dari serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dapat digunakan sebagai alternatif pengganti koagulan kimia yang biasa digunakan dalam pengolahan air limbah. Hal ini karena kinerja serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*)

sebagai biokoagulan yang hampir setara dengan kinerja koagulan kimia dalam menurunkan berbagai karakteristik fisika maupun kimia dari limbah cair batik (Kristianto dkk, 2018). Biokoagulan memiliki berbagai kelebihan diantaranya adalah mudah terdegradasi, aman terhadap lingkungan, ekonomis, serta bahan baku yang mudah dijumpai (Pratama dkk, 2016). Dosis dan ukuran partikel serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dengan kerja paling optimum berdasarkan penurunan karakteristik fisik dan kimia limbah cair batik pada penelitian ini adalah pada dosis 200 mg/L dan ukuran partikel 100 mesh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

1. Dosis dan ukuran partikel sangat memengaruhi kinerja biokoagulan terhadap pengolahan limbah cair industri batik. Penggunaan dosis dan ukuran partikel optimum menyebabkan proses koagulasi-flokulasi berjalan maksimal, sehingga hal ini dapat menurunkan karakteristik fisik dan kimia pada limbah cair industri batik. Pada penelitian ini, dosis dan ukuran partikel optimum biokoagulan serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) secara berturut-turut sebesar 200 mg/L dan 100 mesh.
2. Biokoagulan serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) memiliki kinerja yang efektif dan efisien pada pengolahan limbah cair industri batik. Berdasarkan hasil analisis pada limbah cair industri batik yang telah ditambahkan dengan dosis dan ukuran partikel optimum, diperoleh nilai penurunan kekeruhan sebesar 86,4%, penurunan derajat keasaman (Ph) sebesar 8 dan serta penurunan kandungan logam berat Pb dan Cr secara berturut-turut sebesar 81% dan 80,7%. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas air limbah industri batik setelah ditambahkan biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L.*) biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) telah memenuhi baku mutu air limbah industri batik yang termuat dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

1.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, biokoagulan serbuk biji pepaya (*Carica papaya* L.) dan serbuk biji asam jawa (*Tamarindus Indica*) dapat diuji menggunakan sampel air yang memiliki beban pencemar tinggi sehingga dapat diketahui apakah kombinasi biokoagulan masih mampu menyisihkan parameter uji.
2. Untuk penelitian selanjutnya, mungkin bisa menggunakan parameter lain seperti *Total Dissolved Solids* (TDS), parameter *Sludge Volume Index* (SVI) serta *Sludge Mass* untuk menguji apakah biokoagulan tersebut dapat mengurangi massa lumpur pada limbah batik.
3. Diperlukan pengujian analisis proksimat lebih rinci untuk mengetahui kandungan dari kombinasi biji pepaya dan biji asam jawa.
4. Diperlukan peningkatan penelitian saat melakukan uji koagulan di laboratorium sehingga data yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Airun, N. (2020). Pemanfaatan Biji Pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai Biokoagulan pada Pengolahan Limbah Cair Industri Batik.
- Ali, M., Mustafa, A., & Saleem, M. (2019). Comparative Study between Indigenous Natural Coagulants and Alum for Microalgae Harvesting. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(7).
- Anam, C., & Sirojudin, F. (2007). Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*, 10(2), 79–85.
- Andre, Wardhana, I., & Sutrisno, E. (2015). Penggunaan Tepung Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Kadar Fosfat Dan Cod Pada Air Limbah Usaha Laundry.
- Anthony, F., & Godfrey, K. (2014). Simultaneous Adsorption of Ni (II) and Mn (II) Ions From Aqueous Solution Unto a Nigerian Kaolinite Clay. *Integrative Medicine Research*, 3(2), 129–141.
- Aprilion, R., & Adriana Anteng, dan A. (2015). Penurunan Kekeruhan Air Oleh Biji Pepaya, Biji Semangka dan Kacang Hijau. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 14.
- Arisoma, L., Sang, N., Anteng, A., & Sudaryanto, Y. (2018). Penjernihan Air Limbah Sintetis Menggunakan Koagulan Alami. *Scientific Journal Widya Teknik*, 17, 1–5.
- Baryatik, P., Pujiati, R., & Ellyke. (2016). Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr) pada Limbah Cair Batik (Studi Kasus Industri Batik UD. Pakem Sari Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember). *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa*, 1–7.
- Basset, J. (1994). *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. EGC.
- C.S., D., Samreen, F., & Prakash, J. (2015). A Review on Composition, Processed Products and Medicinal Uses of Papaya (*Carica Papaya* L.). *International Journal of Food, Nutrition and Dietetics*, 3(3), 99–117.
<https://doi.org/10.21088/ijfnd.2322.0775.3315.3>
- Endah, S. S. (2019). *Journal of Physics: Conference Series*. *Journal of Physics*, 1179 (1).
- Enrico, B. (2008). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tahu.
- Fardiaz, S. (1995). *Polusi Air dan Udara*.
- Gebbie, P. (2005). *A Dummy's Guide to Coagulants*. 68th Annual Water Industry Engineers and Operators, Conference Schweppes Centre.
- Ghodsinia, S., & Akhlaghinia, B. (2015). A Rapid Metal Free Synthesis of 5-substituted-1H-tetrazoles using Cuttlebone as a Natural High Effective and Low Cost Heterogeneous Catalyst. *Royal Society of Chemistry Advances*. 5(62), 849–860.

- Hendrawati, N., Sofiana, A. R., & Widyantini, I. N. (2015). Pengaruh Penambahan Magnesium Stearat dan Jenis Protein Pada Pembuatan Biodegradable Foam Dengan Metode Baking Process. *JBAT*, 4(2), 34–39.
<https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4166>
- J, A. C., & George, D. (2018). Use of Papaya Seed as a Natural Coagulant for Water Purification. *International Journal of Scientific Engineering and Research (IJSER)*, 6(3), 41–46.
- Jannah, R. (2020). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) sebagai Koagulan untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Ikan.
- Kartika, D., Nurjazuli, & Budiyo. (2016). Kemampuan Serbuk Biji Asam Jawa Dalam Menurunkan TSS, Turbiditas, dan Amoniak Pengolahan Limbah Cair PT. Utama Multiniaga Indonesia (Vol. 4). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Kawahara, M., & Kato-Negishi, M. (2011). Link between aluminum and the pathogenesis of Alzheimer's disease: The integration of the aluminum and amyloid cascade hypotheses. In *International Journal of Alzheimer's Disease*.
<https://doi.org/10.4061/2011/276393>
- Komarawidjaja, W. (2016). Sebaran Limbah Cair Industri Tekstil dan Dampaknya Di Beberapa Desa Kecamatan Rancaekek Kabupaten Bandung. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(2), 118–125.
- Kumar, V., Othman, N., & Asharuddin, S. (2017). Applications of Natural Coagulants to Treat Wastewater-a review. *MATEC Web of Conferences ISCEE*, 1–9.
- Kusniawati, E., Pratiwi, I., & Antari, D. G. (2023). The Utilization Of Biocoagulant From Melon Seeds Powder Towards The Decrease In Ph, Tss And Tds In Tofu Industrial Liquid Waste. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 3099–3108.
- Lafiyah, I., Arifin, & Kadaria, U. (2015). Pemanfaatan Biji Asam Jawa sebagai Koagulan untuk Menurunkan Kadar BOD dan TSS Limbah Cair Rumah Makan.
- Latu, S., Sapriati, A. N., Musdar, T. A., & Wahid, H. (2021). Limbah Biji Buah Pepaya sebagai Pemutih dengan Mekanisme Penghambatan Tirosinase. *Majalah Farmasetika*, 6, 80–87.
- Maisarah, A. M., Asmah, R., & Fauziah, O. (2014). Proximate Analysis, Antioxidant and Anti Proliferative Activities of Different parts of Carica Papaya. *Journal of Tissue Science & Engineering*, 5(1), 1.
- Malhotra, S. (1994). Poly Aluminium Chloride as an Alternative Coagulant. 20th WEDC Conference on Affordable Water Supply and Sanitation.
- Martina, A., Effendy, D. S., & Soetedjo, J. N. M. (2018). Aplikasi Koagulan Biji Asam Jawa dalam Penurunan Konsentrasi Zat Warna Drimaren Red pada Limbah Tekstil Sintetik pada Berbagai Variasi Operasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(2), 40. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.38948>
- Murniati, T., & Muljadi. (2013). Pengolahan Limbah Batik Cetak dengan Menggunakan Metode Filtrasi-Elektrolisis Untuk Menentukan Efisiensi

- Penurunan Parameter COD, BOD dan Logam Berat (Cr) Setelah Perlakuan Fisika-Kimia. *Ekuilibrium*, 12, 27–36.
- Muyibi, S. A., Noor, M. J. M. M., Ong, D. T., & Kai, K. W. (2001). Moringa Oleifera seeds as a flocculant in waste sludge treatment. *International Journal of Environmental Studies*, 58(2), 185–195.
<https://doi.org/10.1080/00207230108711326>
- Ngadi, N., & Aida, N. (2013). Treatment of Textile Wastewater using Biodegradable Flocculants of Chitosan and Extracted Pandan Leaves. *Jurnal Teknologi*, 1–7.
- Nur Zahra, R. (n.d.). Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) sebagai Koagulan Alami dalam Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan.
- Palar, H. (1994). Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. *Rineka Cipta*, 10–11.
- Perda DIY. (2010). Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2010.
- PermenLH. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia nomor 5 tahun 2014.
- Poerwanto, D. D., Hadisantoso, E. P., & Isnaini, S. (2015). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Farmasi. 2(1), 24–25.
- Pratama, A., Wardhana, I., & Sutrisno, E. (2016). Penggunaan Cangkang Udang Sebagai Biokoagulan Untuk Menurunkan Kadar TSS, Kekeruhan dan Fosfat Pada Air Limbah Usaha Laundry.
- Pratiwi, I. Y. (2023). Pengolahan Limbah Batik Menggunakan Gabungan Proses Adsorpsi Karbon Aktif dan Biokoagulasi Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) dan Biji Durian (*Durio Zibethinus*).
- Prihatinningtyas, E., & Effendi, A. (2012). Aplikasi Tepung Jagung Sebagai Koagulan Alami untuk Mengolah Limbah Cair Tahu. In *Jurnal Teknik Lingkungan* (Vol. 18).
- Qasim, S. R., Moetley, E. M., & Zhu, G. (2000). *Water Work Engineering : Planning, Design & Operation*, Prentice.
- Risdianto, D. (2007). Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sidomuncul).
- Sari, Niken. I. (2018). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.) Sebagai Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil. Publikasi Ilmiah Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sasongko, D., & Tresna, W. (2010). Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat Pada Limbah Pewarna batik dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi TELAAH*, 22–27.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., & Astuti, P. (2015). Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Pengamatan Pembengkakan Genital pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus Auratus*) untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 9(2), 156–160.
- SNI-BSN. (2005). SNI 06-6989.25-2005: Air dan air limbah - Bagian 25: Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer. Badan Standardisasi Nasional, 1–10.

- SNI-BSN. (2019a). SNI 6989.11:2019: Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter. Badan Standardisasi Nasional, 1–13.
- SNI-BSN. (2019b). SNI 6989-84-2019: Air dan air limbah - Bagian 84: Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA) – nyala. Badan Standardisasi Nasional, 1–27.
- Sugihartono. (2016a). Pemisahan Krom Pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Gelatin dan Flokulan Anorganik. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*.
- Sugihartono, S. (2016b). Pemisahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan gelatin dan flokulan anorganik. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 32(1), 21. <https://doi.org/10.20543/mkkip.v32i1.900>
- Suryani, D. (2016). Pemanfaatan Kitosan dari Limbah Cangkang Kerang Simping (*Amusium Pleuronectes*) Sebagai Koagulan Penjernih Air.
- Susanto, R. (2008). Optimalisasi Koagulasi Flokulasi dan Analisis Kualitas Air Pada Industri Semen.
- Yulianto, A., Hakim, L., Purwaningsih, I., & Pravitasari, V. A. (2009). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Pada Skala Laboratorium Menggunakan Metode Elektrokoagulasi (Vol. 5, Issue 1).

LAMPIRAN

I. Lampiran Perhitungan

A. Perhitungan massa jenis serbuk (Dosis 100 mg/L)

$$\frac{1}{4} \times \frac{100mg}{1000} = 0,025 \text{ gr (berat kombinasi biji, untuk 100 mg/L)}$$

$$\frac{0,025}{2} = 0,0125 \text{ gr (berat satuan serbuk biji)}$$

B. Perhitungan massa jenis serbuk (Dosis 150 mg/L)

$$\frac{1}{4} \times \frac{150mg}{1000} = 0,0375 \text{ gr (berat kombinasi biji, untuk 150 mg/L)}$$

$$\frac{0,0375}{2} = 0,01875 \text{ gr (berat satuan serbuk biji)}$$

C. Perhitungan massa jenis serbuk (Dosis 200 mg/L)

$$\frac{1}{4} \times \frac{200mg}{1000} = 0,05 \text{ gr (berat kombinasi biji, untuk 200 mg/L)}$$

$$\frac{0,05}{2} = 0,025 \text{ gr (berat satuan serbuk biji)}$$

II. **Lampiran SNI pengujian logam berat (SNI 6989.84.2019)**

SNI Nomor 6989.84.2019 – Bagian 84: Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) nyata.



SNI 6989-84:2019

Air dan air limbah – Bagian 84 : Cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrometri Serapan Atom (SSA) – nyata

ICS 13.060.50



"Hak cipta Badan Standardisasi Nasional, copy standar ini dibuat untuk Komite Teknis 13-03, Kualitas lingkungan, dan tidak untuk dikomersialkan"

4.5 Persiapan pengujian

4.5.1 Persiapan contoh uji logam terlarut

Siapkan contoh uji yang telah disaring menggunakan media penyaring dengan ukuran pori 0,45 µm dan diawetkan. Contoh uji siap didestruksi mengikuti langkah pada sub pasal 4.5.2 butir 1) sampai 7).

4.5.2 Persiapan contoh uji logam total dan ekstrak TCLP (destruksi dengan HNO₃)

Siapkan contoh uji untuk pengujian logam total dan ekstrak TCLP, dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) homogenkan contoh uji, ambil secara kuantitatif 100 mL contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 250 mL atau *Erlenmeyer* 250 mL;
- 2) tambahkan 5 mL HNO₃ pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan *Erlenmeyer* gunakan corong gelas;

lingkungan, dan tidak untuk dikomersialkan"

© BSN 2019

4 dari 20

SNI 6989.84:2019

- 3) panaskan perlahan-lahan sampai volumenya berkisar 10 mL - 20 mL; jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL HNO₃ pekat;
- 4) kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup *Erlenmeyer* dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih;

CATATAN Jika destruksi tidak sempurna, lihat Lampiran C.

- 5) bilas kaca arloji atau corong dengan air bebas mineral dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala;
- 6) pindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 100 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera kemudian homogenkan;
- 7) untuk pengujian logam kromium, tambahkan 1 mL H₂O₂ 30 % ke dalam 100 mL contoh uji yang telah didestruksi
- 8) contoh uji siap diukur serapannya.

"Hak cipta Badan Standardisasi Nasional, copy se

SNI 6989-84:2019

4.7 Pengujian

Uji kadar logam dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala dan ukur serapannya pada panjang gelombang logam tertentu (lihat Tabel 1). Bila hasil serapan lebih besar dari kisaran kadar optimum, lakukan pengenceran;
- 2) catat hasil pengukuran dan laporkan hasil pengujian sesuai dengan Lampiran A.

4.8 Perhitungan

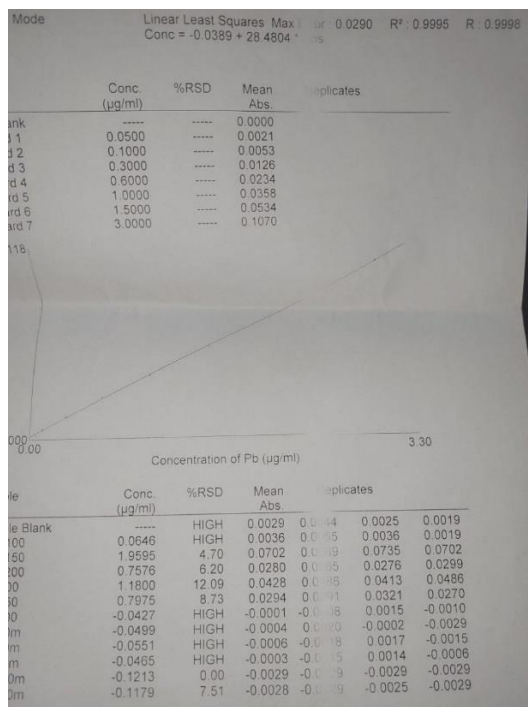
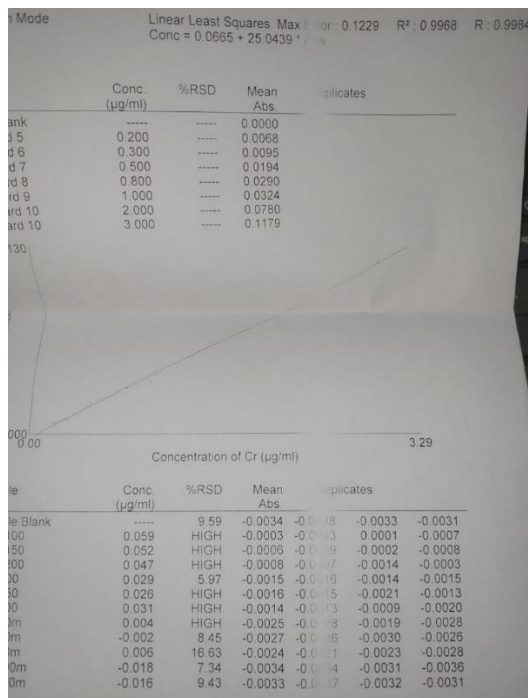
Kadar logam dihitung sebagai berikut:

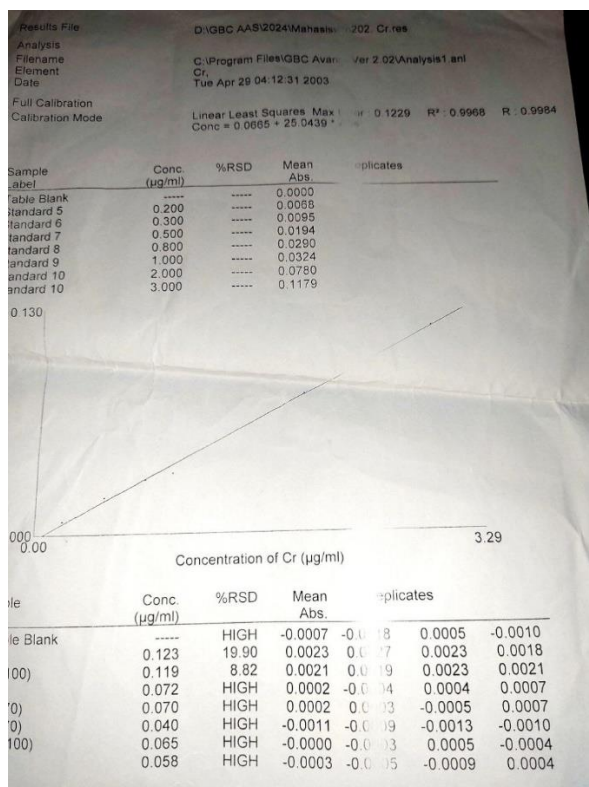
$$\text{Kadar logam (mg/L)} = C \times fp$$

Keterangan:

- C adalah kadar logam yang di dapat dari hasil pengukuran (mg/L);
fp adalah faktor pengenceran.

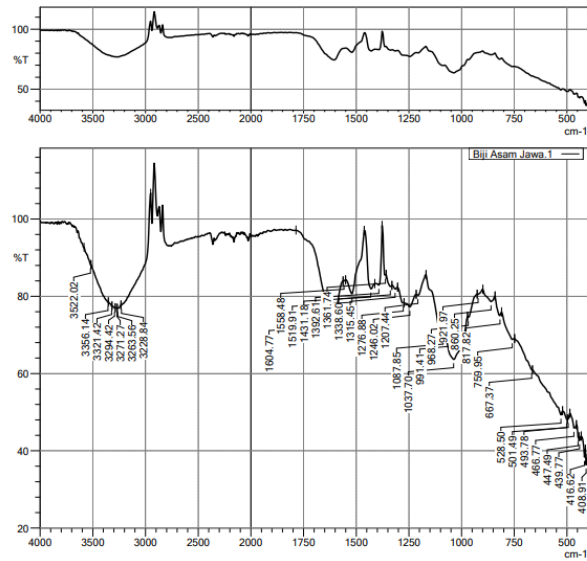
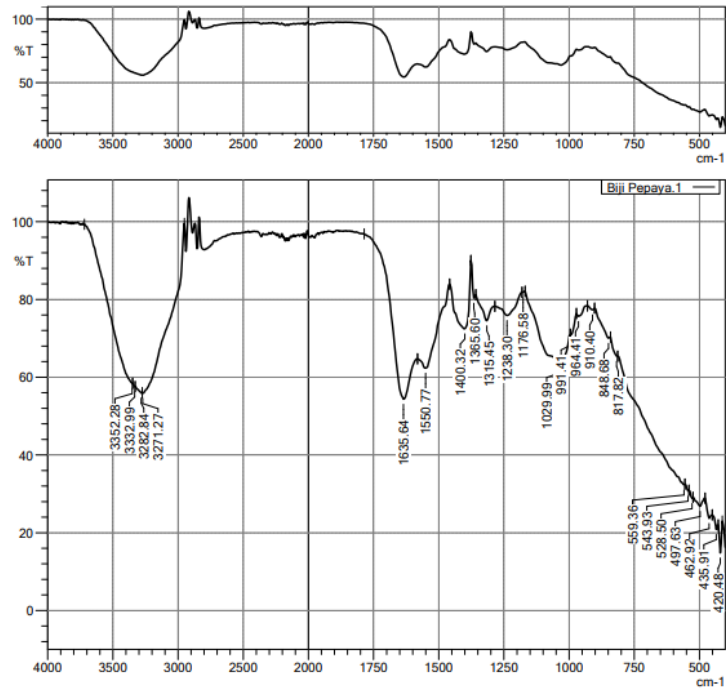
III. Lampiran Hasil uji AAS

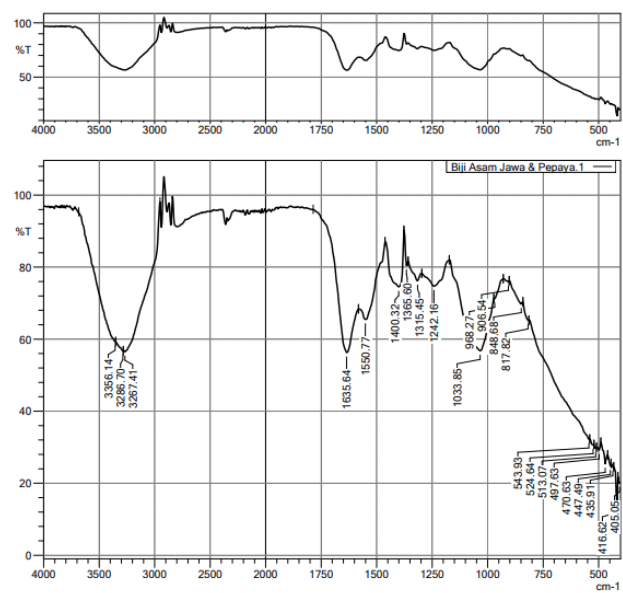




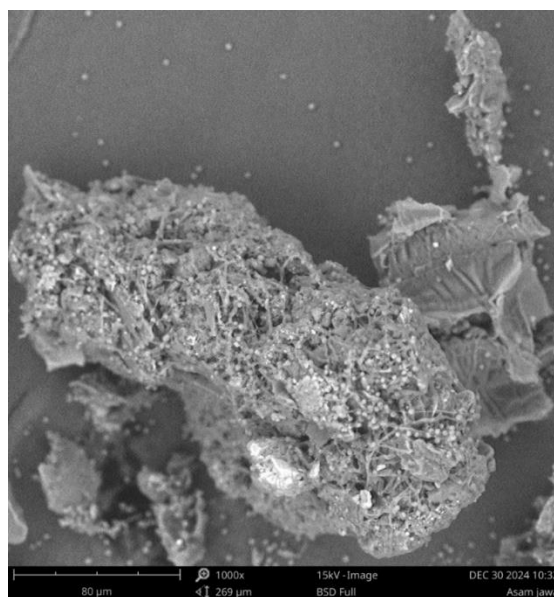
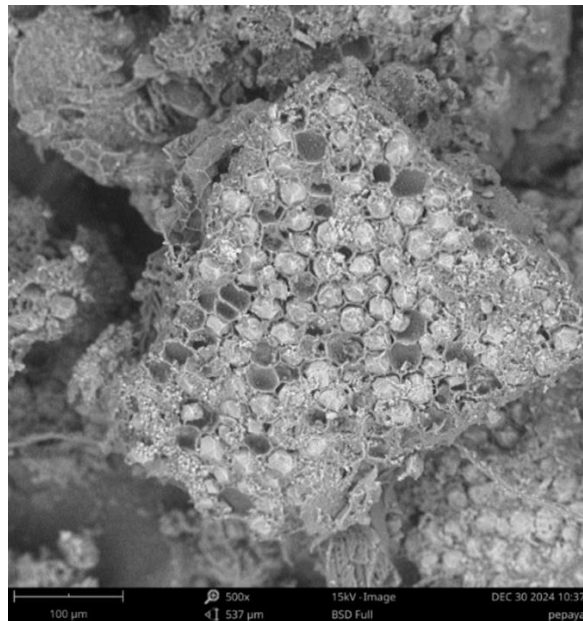
Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
30	-0.0114	HIGH	0.0010	0.0010 -0.0025 0.0024
60	-0.0560	HIGH	-0.0006	-0.0004 -0.0014 0.0030
120	-0.0038	HIGH	0.0012	0.0013 0.0059 -0.0035
121	0.0418	HIGH	0.0028	0.0017 -0.0004 0.0052
	0.0342	HIGH	0.0026	-0.0009 0.0026 0.0060
(100)	-0.0209	HIGH	0.0006	0.0024 -0.0035 0.0030
	-0.0418	HIGH	-0.0001	-0.0009 0.0014 -0.0008
(70)	-0.0598	HIGH	-0.0007	0.0019 -0.0009 -0.0032
(70)	-0.1101	HIGH	-0.0025	-0.0013 -0.0031 -0.0031
(100)	-0.0645	HIGH	-0.0009	0.0008 -0.0011 -0.0074
	-0.0237	HIGH	0.0005	0.0019 -0.0011 0.0008

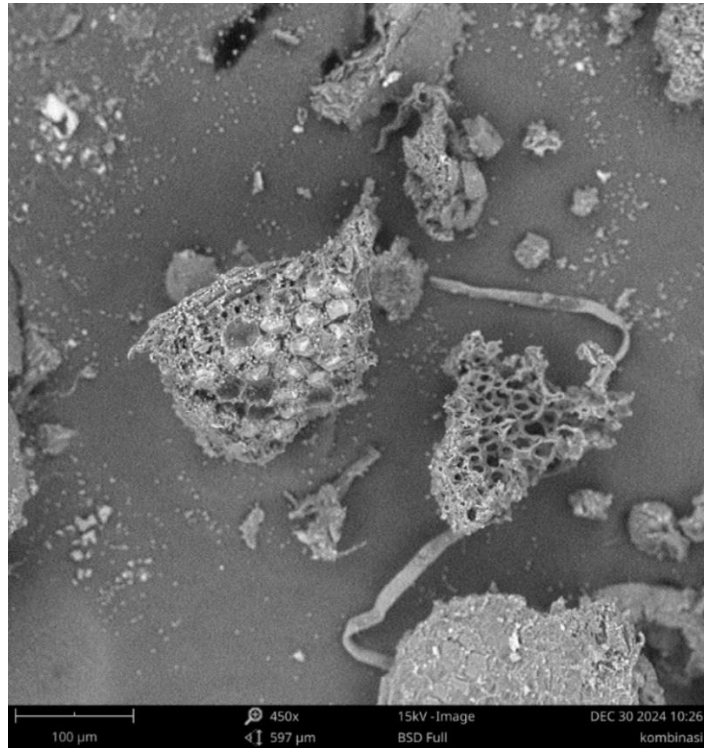
IV. Lampiran Hasil uji FITR





V. Lampiran Hasil uji SEM





VI. Lampiran dokumentasi kegiatan













