

**PENGOLAHAN LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN
GABUNGAN PROSES ADSORPSI KARBON AKTIF DAN
BIOKOAGULASI BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*) DAN
BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia**



diajukan oleh:

IKA YULI PRATIWI

No. Mahasiswa: 16612137

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2023

**PENGOLAHAN LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN
GABUNGAN PROSES ADSORPSI KARBON AKTIF DAN
BIOKOAGULASI BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*)
DAN BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)**

SKRIPSI

Yang diajukan oleh:



Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 14 Februari 2023

Dewan Penguji

Tanda tangan

1. Rudy Syah Putra, S.Si., M.Si, Ph.D.
2. Gani Purwiandono, S.Si., M.Sc., Ph.D.
3. Nurcahyo Iman Prakoso, S.Si., M.Sc., Ph.D,

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Prof. Riyanto S. Pd., M. Si., Ph.D.
NIK. 0060120101

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ika Yuli Pratiwi

NIM : 16612137

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**PENGOLAHAN LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN GABUNGAN PROSES ADSORPSI KARBON AKTIF DAN BIOKOAGULASI BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*) DAN BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)**” bersifat asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya kecuali yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam skripsi ini.

Apabila kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 14 Februari 2023


SEPUULUH RIBU RUPIAH
1000
TBL 20
METÉRAI
TEMPEL
C4E06AKX273700641
Ika Yuli Pratiwi

MOTTO HIDUP

Do the things you want to do. Do the things you thought were right.

Do the things you like.

-Jae-

Work hard in silence, let your success be your noise.

-Frank Ocean-

Allah SWT, konsisten, gunakan waktu dengan baik untuk hal positif,
jangan menunda dan belajar dari pengalaman.

-I.Y. Pratiwi-

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kemudahan yang telah diberikan-Nya sehingga skripsi dengan judul **“PENGOLAHAN LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN GABUNGAN PROSES ADSORPSI KARBON AKTIF DAN BIOKOAGULASI BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*) DAN BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)”** dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si.) di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

Skripsi dapat terselesaikan tanpa bimbingan dan bantuan dari beberapa pihak. Oleh sebab itu, dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas kesehatan, kekuatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Supangkat dan Ibu Kritin Indarti yang telah mendoakan, memberikan motivasi serta senantiasa bersabar sehingga skripsi dapat diselesaikan oleh penulis.
3. Almarhum Alvian Hadi Prayogo yang dulu selalu bersabar mendengarkan keluh kesah kakaknya. Terimakasih atas semua pelajaran diberikan. Semoga bahagia disurga-Nya.
4. Untuk saudara penulis yaitu Vera dan Hengky yang telah menghibur dan memberikan semangat. Serta untuk Kakung, Utik dan Mbah Wetan yang selalu menasihati dan mendoakan disaat penulis merasa lelah.
5. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Gani Purwiandono, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
7. Bapak Rudy Syah Putra, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis.

8. Ibu Mai Anugrahwati, S.Si., M.Sc. yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
9. Ibu Ika Yanti, S.Si., M.Sc. yang sudah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
10. Segenap dosen Program Studi Kimia Universitas Islam Indonesia.
11. Hamba Allah a.k.a anak alay (Yuni, S.Si., Nisa, S.Si., Resa, S.Si) dan Najib, S.Si. yang telah bersedia mendengarkan keluh kesah penulis dan memberikan semangat serta motivasi.
12. Empat belas bujang, lima *pearl aqua* dan tiga belas bujang yang selalu menghibur dan memotivasi penulis.
13. Seluruh teman-teman yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah membalas segala kebaikan dan keikhlasan semua pihak yang telah membantu. Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Sehingga pada penulisan selanjutnya dapat menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat diterima dan memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis khususnya.

Yogyakarta, 14 Februari 2023

Penulis

Ika Yuli Pratiwi

**PENGOLAHAN LIMBAH BATIK MENGGUNAKAN
GABUNGAN PROSES ADSORPSI KARBON AKTIF DAN
BIOKOAGULASI BIJI ASAM JAWA (*Tamarindus indica*) DAN
BIJI DURIAN (*Durio zibethinus*)**

INTISARI

Ika Yuli Pratiwi

16612137

Telah dilakukan penelitian pengolahan limbah cair batik menggunakan biokoagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) pada proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi. Performa biokoagulan dapat ditinjau dari *Sludge Volume Index* (SVI) dan *Sludge Mass* (SM), sedangkan performa proses koagulasi dan adsorpsi dapat ditinjau dari penurunan turbiditas, *Total Dissolved Solids* (TDS), pH larutan, konsentrasi logam Pb, COD, dan kenaikan intensitas cahaya. Hasil penelitian metode koagulasi menunjukkan penurunan nilai turbiditas sebesar 39,24 NTU (71,35%), *Total Dissolved Solids* (TDS) 106 mg/L, *Electrical Conductivity* (EC) 0,16 mS/cm, pH 7,1, penurunan nilai COD sebesar 261,71 mg/L (56,61%), intensitas cahaya 554 lux, serta nilai SVI dan SM sebesar 8,8 mg/L dan 78,72%. Penggabungan proses pengolahan koagulasi dan adsorpsi dapat menurunkan nilai kekeruhan menjadi 10,82 NTU (92,09%), *Total Dissolved Solid* (TDS) 121 mg/L, *Electrical Conductivity* (EC) 0,14 mS/cm, pH 7, intensitas cahaya sebesar 780 lux, penurunan nilai COD 186,77 mg/L (69,06%). Proses koagulasi dan adsorpsi memiliki kinerja yang baik dibandingkan proses koagulasi pada koagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dengan dosis 1500 mg dan ukuran partikel 250 mesh.

Kata kunci: Limbah cair batik, koagulasi, adsorpsi, biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*).

**TREATMENT OF “BATIK” WASTE USING A COMBINED ACTIVATED
CARBON ADSORPTION PROCESS AND BIOCOAGULATION OF
TAMARIND SEEDS (*Tamarindus indica*) AND DURIAN SEEDS (*Durio
zibethinus*)**

ABSTRACT

Ika Yuli Pratiwi

16612137

A study on wastewater treatment using plants from tamarind seeds (*Tamarindus indica*) and durian seeds (*Durio zibethinus*) has been conducted in the coagulation-flocculation and adsorption processes. The Sludge Volume Index (SVI) and Sludge Mass (SM) can be utilized to assess the performance of natural coagulations. Meanwhile, the performance of the coagulation and adsorption processes can be observed through the decrease in turbidity, Total Dissolved Solids (TDS), pH of the solution, metal concentrations of Pb, COD, and increase in light intensity. The results of the coagulation method research indicated a decrease in turbidity values of 39.24 NTU (71.35%), Total Dissolved Solids (TDS) of 106 mg/L, Electrical Conductivity (EC) of 0.16 mS/cm, pH 7.1, impairment the COD was 261.71 mg/L (56.61%), the light intensity was 554 lux, and the SVI and SM values were 8.8 mg/L and 78.72%, respectively. The combination of coagulation and adsorption treatment processes could reduce turbidity to 10.82 NTU (92.09%), Total Dissolved Solids (TDS) 121 mg/L, Electrical Conductivity (EC) to 0.14 mS/cm, pH 7, the light intensity was 780 lux, and COD to 186.77 mg/L (69,06%). The coagulation and adsorption process had good performance compared to the coagulation process of tamarind seeds (*Tamarindus indica*) coagulant with a dose of 1500 mg and a particle size of 250 mesh.

Keywords: Batik Liquid Waste, Coagulation, Adsorption, Tamarind seeds (*Tamarindus indica*) and durian seeds (*Durio zibethinus*).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
INTISARI.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian.....	5
1.4 Manfaat penelitian.....	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengolahan limbah cair tekstil dengan biokoagulan	6
2.2 Pengolahan limbah cair tekstil dengan gabungan metode biokoagulasi dan adsorpsi.....	6
2.3 Pengolahan limbah cair tekstil pada berbagai variasi operasi	7
BAB III.....	8
DASAR TEORI	8
3.1 Deskripsi batik.....	8

3.1.1	Batik.....	8
3.1.2	Limbah cair batik.....	8
3.2	Koagulasi dan flokulasi	9
3.2.1	Mekanisme koagulasi dan flokulasi	10
3.3	Koagulan	10
3.3.1	Biji asam jwa (<i>Tamarindus indica</i>)	11
3.3.2	Biji durian (<i>Durio zibethinus</i>).....	12
3.4	Adsorpsi	12
3.5	Karbon aktif	12
3.6	Adsorben dan adsorbat	13
3.7	Parameter.....	13
3.7.1	Turbiditas (kekeruhan)	13
3.7.2	<i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	13
3.7.3	<i>Electrical Conductivity</i> (EC)	14
3.7.4	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	14
3.7.5	Logam berat Cr.....	14
3.7.6	Logam berat Pb.....	15
3.7.7	<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS).....	15
3.7.8	Spektroskopi Inframerah (FTIR)	17
3.7.9	<i>Sludge Volume Index</i> (SVI) dan <i>Sludge Mass</i> (SM).....	19
BAB IV	20
METODE PENELITIAN	20
4.1	Alat dan Bahan	20
4.2	Cara kerja	20
4.2.1	Preparasi biokoagulan.....	20
4.2.2	Preparasi karbon aktif.....	20

4.2.3	Pengolahan limbah cair batik dengan biokoagulan	21
4.2.4	Pengolahan limbah cair batik dengan adsorpsi.....	21
4.3	Analisis sampel.....	21
4.3.1	Turbiditas atau kekeruhan	21
4.3.2	<i>Total Dissolved Solid (TDS)</i>	22
4.3.3	<i>Electrical Conductivity (EC)</i>	22
4.3.4	pH (derajat keasaman).....	22
4.3.5	<i>Sludge Volume Index (SVI)</i>	23
4.3.6	<i>Sludge Mass (SM)</i>	23
4.3.7	Chemical Oxygen Demand (COD).....	23
4.3.8	Penentuan kadar logam total Pb dan Cr dengan menggunakan SSA ...	24
4.3.9	Pengukuran efek tyndall (intensitas cahaya)	24
4.3.10	Karakterisasi biokoagulan menggunakan FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>)	25
4.4	Analisis proksimat.....	25
4.4.1	Penentuan kadar protein	25
4.4.2	Penentuan kadar air	26
4.4.3	Penentuan kadar abu.....	27
BAB V	28
HASIL DAN PEMBAHASAN	28
5.1	Karakterisasi limbah cair batik	28
5.1.1	Kandungan proksimat.....	29
5.1.2	Karakterisasi biokagulan dengan FTIR	30
5.2	Analisis sampel.....	31
5.2.1	Pengaruh biokoagulan terhadap penurunan turbiditas.....	31
5.2.2	Pengaruh biokoagulan terhadap TDS	34

5.2.3 Pengaruh biokoagulan terhadap EC	37
5.2.4 Penentuan pH optimum	40
5.2.5 Pengaruh biokoagulan terhadap nilai SVI dan SM	42
5.2.6 Pengaruh biokoagulan terhadap efek tyndall (intensitas cahaya).....	44
5.2.7 Pengaruh biokoagulan terhadap nilai COD	47
5.2.8 Pengaruh biokoagulan terhadap penurunan logam Pb dan Cr.....	49
BAB VI	51
PENUTUP.....	51
6.1 Kesimpulan	51
6.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema instrumentasi AAS (Filho <i>et al.</i> , 2012).	17
Gambar 2. Prinsip kerja FTIR (Barth, 2007).	19
Gambar 3. Ilustrasi pengukuran efek tyndall (maulidya, 2020).....	25
Gambar 4. Hasil FTIR biokoagulan biji asam jawa.....	30
Gambar 5. Hasil FTIR biokoagulan biji durian	30
Gambar 6. Hasil biokoagulasi biji asam jawa pada penurunan Turbiditas	31
Gambar 7. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam jawa pada penurunan	32
Gambar 8. Hasil biokoagulasi biji durian pada penurunan Turbiditas.....	33
Gambar 9. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian pada penurunan Turbiditas	33
Gambar 10. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap penurunan TDS.....	35
Gambar 11. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam jawa terhadap penurunan TDS	35
Gambar 12. Hasil biokoagulasi biji durian terhadap penurunan TDS	36
Gambar 13. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian terhadap penurunan TDS	36
Gambar 14. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap penurunan EC	37
Gambar 15. Hasil biokoagulasi biji durian terhadap penurunan EC.....	38
Gambar 16. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam pada penurunan EC.....	39
Gambar 17. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian pada penurunan EC.....	39
Gambar 18. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap penurunan pH	40
Gambar 19. Hasil biokoagulasi biji durian pada penurunan pH	40
Gambar 20. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam jawa pada penurunan pH	41
Gambar 21. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian pada penurunan pH.....	41
Gambar 22. Hasil biokoagulan biji asam jawa 200 mesh terhadap nilai SVI dan SM.....	42
Gambar 23. Hasil biokoagulan biji durian 200 mesh terhadap nilai SVI dan SM	43
Gambar 24. Hasil koagulasi biji asam jawa 250 mesh terhadap nilai SVI dan SM	43
Gambar 25. Pengaruh biokoagulan biji durian 250 mesh pada nilai SVI dan SM	44
Gambar 26. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap nilai efek tyndall	45

Gambar 27. Hasil biokoagulasi biji durian terhadap nilai efek tyndall.....	45
Gambar 28. Hasil koagulasi dan adsorpsi biji asam jawa terhadap nilai efek tyndall	46
Gambar 29. Hasil koagulasi dan adsorpsi biji durian terhadap nilai efek tyndall.	46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Baku mutu air limbah tekstil.....	8
Tabel 2. Baku mutu air limbah cair batik.....	9
Tabel 3. Gugus fungsi amida.	18
Tabel 4. Hasil karakterisasi awal limbah cair batik	28
Tabel 5. hasil analisis proksimat biokoagulan biji asam jawa (<i>Tamarindus indica</i>) dan biji durian (<i>Durio zibethinus</i>).....	29
Tabel 6. Hasil proses koagulasi terhadap nilai COD	47
Tabel 7. Hasil proses adsorpsi biji asam jawa dan biji durian pada nilai COD	48
Tabel 8. Hasil biokoagulasi dalam penurunan kadar logam Pb.....	49
Tabel 9. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi dalam penurunan kadar logam Pb.....	49
Tabel 10. Hasil biokoagulasi dalam penurunan kadar logam Cr	50
Tabel 11. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi dalam penurunan kadar logam Cr	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Batik merupakan karya budaya bangsa Indonesia dan warisan nenek moyang. Sejak tanggal 2 Oktober 2009, batik di Indonesia sudah diakui oleh UNESCO (Lestari 2012). Industri batik memiliki dampak positif dibidang produksi kreatif yaitu dapat menambah pendapatan negara Indonesia dengan corak dan tata warna yang khas membuat batik memiliki nilai yang tinggi, menambah devisa negara, dan berpotensi untuk mendukung kepariwisataan (Kementerian Perdagangan RI, 2013).

Berdasarkan data Kementerian Perindustrian, selama lima tahun sejak 2011 hingga 2015 jumlah unit usaha batik tumbuh 14,7% dari 41.623 unit menjadi 47.755 unit (Rully, 2015). Sehingga industri batik menjadi salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pemolaan, pewarnaan, pelepasan malam (lilin) pada kain (Beny, 2012). Limbah yang dihasilkan setelah proses pewarnaan akan berwarna keruh dan pekat yang mengandung polutan berupa logam berat, padatan tersuspensi dan zat organik (Purwaningsih, 2008). Logam berat tersebut berasal dari zat pewarna (CrCl_3 atau chromium chloride, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ atau pottasium dichromate) dan berasal dari zat mordan yaitu zat pengikat warna meliputi $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$ (Suharty, 1999). Logam berat yang terdapat didalam limbah cair batik antara lain: tembaga (Cu), nikel (Ni), krom (Cr), timbal (Pb), dan mangan (Mn) (Mahida, 1984). Logam berat seperti krom (Cr) dan timbal (Pb) biasanya diperoleh dari pewarna putih ($\text{Pb}(\text{OH})_2$, PbCO_3) dan pewarna merah (Pb_2O_4 , K_2CrO_4) yang dilakukan pada proses pencelupan saat pembuatan batik (Murniati, 2015). Logam berat krom (Cr) merupakan suatu senyawa yang memiliki sifat bioakumulatif, permanen, sangat beracun dan tidak dapat terdegradasi di dalam lingkungan (Palar, 2008). Krom didalam tubuh biasanya berbentuk ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Jika senyawa krom masuk ke dalam tubuh akan menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati dan ginjal (Atmono *et al.*, 2017). Timbal (Pb) merupakan logam berat yang memiliki toksisitas tinggi yang bersifat kumulatif. Keracunan

timbal dapat menyebabkan kerusakan pada otak, epilepsi, halusinasi, kerusakan pada ginjal, dan kelainan fungsi tiroid (Sudarwin, 2008). Senyawa organik yang tinggi seperti kanji, sisa lilin dan soda abu yang berasal dari limbah batik dapat meningkatkan kadar nilai dari *Chemical Oxygen Demand* (COD). Apabila kadar COD pada suatu perairan tinggi, maka perairan tersebut memiliki tingkat pencemaran yang tinggi juga (Manik, 2008). Yang mempengaruhi nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) antara lain oksigen terlarut dan zat organik (Boyd, 1990). Dalam proses pembuatan batik digunakan bahan kimia antara lain: (NaOH), (Na₂CO₃), (NaHCO₃), (H₂SO₄), sulfat, dan nitrit (Muljadi & Muniarti, 2013). Penggunaan bahan kimia dalam proses pembuatan batik menyebabkan limbah cair batik memiliki kandungan warna yang tinggi, logam berat Cr dan Zn, keasaman (pH) sebesar 10.77, *Chemical Oxygen Demand* (COD) 4092 mg/L, *Turbidity* (kekeruhan) 217 NTU, dan *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 303.03 mg/L (Khalik *et al.*, 2015). Sehingga diperlukan pengolahan terhadap limbah cair batik terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Metode yang biasa digunakan pada pengolahan limbah cair batik yaitu bioremediasi (Imron & Purwanti, 2016). Filtrasi (Prमितasari & Damayanti, 2017), elektrokoagulasi (Fatimah & Gunawan, 2018), adsorpsi (Rahmayanti *et al.*, 2020; (Fuadah *et al.*, 2019), koagulasi-flokulasi (Robinson *et al.*, 1997; Al-Kdasi *et al.*, 2004; Bruggen *et al.*, 2005; Verma *et al.*, 2012; Asghar *et al.*, 2015), koagulasi (Hendrawati *et al.*, 2013; Andre, 2015; Martina *et al.*, 2018). Metode yang paling banyak digunakan dan dikembangkan dalam pengolahan limbah cair tekstil yaitu metode koagulasi dan flokulasi (Meric *et al.*, 2005). Digunakannya metode koagulasi karena lebih cepat, mudah dan efektif dalam mengolah limbah terutama dalam bentuk larutan koloid (Suryadiputra, 1995).

Koagulasi merupakan salah satu proses pengolahan pada air limbah dengan cara mendestabilisasikan partikel koloid dengan cara menambahkan suatu kagulan. Setelah proses koagulasi, dilakukan tahapan proses lanjutan yaitu flokulasi. Pada proses flokulasi, partikel yang terdestabilisasi akan membentuk partikel yang lebih besar. Pada proses koagulasi-flokulasi ditambahkan koagulan yaitu suatu zat yang dapat membantu proses pengendapan partikel. Koagulan

tersebut akan membentuk partikel yang lebih besar disebut flok, kemudian akan mengendap (Howe *et al.*, 2012). Koagulan yang biasanya digunakan dalam pengolahan air limbah adalah PAC (Poly Aluminium Chlorida), Alum, dan FeCl₂. Walaupun koagulan kimia lebih efektif daripada koagulan alami, tetapi koagulan kimiabi biasanya harganya lebih mahal dan menghasilkan endapan yang masih sulit untuk diolah/ditangani (Eckenfelde, 2000) karena lumpur hasil koagulasi mempunyai kandungan logam yang sangat tinggi (Meraz *et al.*, 2016). Selain itu, jika airnya dikonsumsi maka akan mengalami potensi gangguan kesehatan (Yin, 2010) seperti penyakit Alzheimer (Champhell, 2002; Hendrawati *et al.*, 2013) dan memiliki sifat yaitu neuroksitas (Hendrawati *et al.*, 2013). Sehingga alternatif lain penggunaan dari koagulan sintetik yaitu dengan menggunakan koagulan alami yang memiliki kandungan protein bermuatan positif sehingga dapat berperan sebagai polielektrolit alami (Eckenfelde, 2000) seperti koagulan sintetik. Penggunaan koagulan alami/biokoagulan pada pengolahan air limbah karena koagulan alami mudah didapatkan, memiliki jumlah yang banyak, bersifat ramah lingkungan dan *biodegradable* (Madhavi, 2013). Bahan alam yang berpotensi menjadi koagulan alami adalah biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) karena koagulan tersebut mempunyai kandungan protein dan tanin yang dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang memiliki fungsi mirip dengan koagulan sintetik (Andre *et al.*, 2015; Martina *et al.*, 2018). Berdasarkan pada penelitian Napitupulu (2019) pengolahan pada air kekeruhan, koagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dapat menurunkan kekeruhan/turbiditas sebesar 97,67% dan TSS sebesar 96,56% dan koagulan biji durian (*Durio zibethinus*) dapat menurunkan kekeruhan/turbiditas sebesar 91,99% dan TSS sebesar 89,5%. Namun, penggunaan koagulan alami terkadang masih belum menunjukkan hasil yang optimum dalam menurunkan kadar polutan yang terkandung di dalam air limbah (Eckenfelde, 2000).

Adsorpsi merupakan salah satu proses yang digunakan pada pengolahan air limbah dan biasanya dapat menggunakan bahan alam untuk digunakan sebagai adsorben (Widayatno *et al.*, 2017). Bahan yang biasanya digunakan sebagai adsorben adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan karbon yang sudah

diaktivasi. Fungsi dilakukannya aktivasi pada karbon aktif yaitu untuk membuka pori-pori pada karbon, sehingga karbon dapat digunakan sebagai adsorben. Selain itu, karbon aktif juga dapat digunakan sebagai penghilang bau (*deodorizing*), penjernih/pemurnian air (*water purification*), penghilang warna (*decolourizing*) dan pengolahan limbah cair/gas (*waste treatment*) (Smisek & Cerny, 1970). Pada penelitian Rochma dan Titah (2017), karbon aktif dapat menurunkan kadar COD sebesar 98,74%. Aktivasi karbon dilakukan dengan pemanasan yang berfungsi untuk menghilangkan kotoran yang mudah menguap, memperluas permukaan, tar, dan memecah kotoran hidrokarbon (Masthura & Putra, 2018). Aktivator yang biasa digunakan adalah gas CO₂, zat kimia dan uap air (Polii, 2017).

Berdasarkan kelemahan yang dimiliki oleh proses koagulasi-flokulasi, maka perlu dilakukan adanya penggabungan dengan metode lain misalnya adsorpsi, sehingga dapat meningkatkan proses dalam menurunkan kadar polutan yang terdapat di dalam air limbah cair batik. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan penggabungan metode koagulasi-flokulasi dan adsorpsi dengan menggunakan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) yang di ekstrak terlebih dahulu dan kemudian dilanjutkan dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif yaitu arang aktif pada limbah cair batik, sehingga dapat meningkatkan kualitas air yang sesuai dengan baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

1.2 Rumusan masalah

1. Efektifitas biokoagulasi menggunakan biokoagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) dengan parameter turbiditas, TDS, EC, pH, efek tyndall, COD, dan logam berat.
2. Efektifitas adsorpsi menggunakan karbon aktif dengan parameter turbiditas, TDS, EC, pH, efek tyndall, COD, dan logam berat.
3. Efektifitas gabungan proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi dengan parameter turbiditas, TDS, EC, pH, efek tyndall, COD, dan logam berat.

1.3 Tujuan penelitian

1. Mengetahui efektifitas biokoagulasi menggunakan biokoagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) dengan parameter turbiditas, TDS, EC, pH, efek tyndall, COD, dan logam berat.
2. Mengetahui efektifitas adsorpsi menggunakan karbon aktif dengan parameter turbiditas, TDS, EC, pH, efek tyndall, COD, dan logam berat.
3. Mengetahui efektifitas gabungan proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi dengan parameter turbiditas, TDS, EC, pH, efek tyndall, COD, dan logam berat.

1.4 Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat berguna sebagai masukan masyarakat tentang pemanfaatan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) yang digunakan untuk pengolahan limbah cair batik serta diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat dalam bidang ilmu pengetahuan khususnya pengolahan limbah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengolahan limbah cair tekstil dengan biokoagulan

Niken (2008), telah melakukan studi tentang pengolahan limbah cair industri tekstil dengan menggunakan biji asam jawa sebagai biokoagulan. Digunakannya biji asam jawa karena mengandung banyak protein sehingga dapat berperan sebagai polielektrolit alami yang kegunaannya mirip dengan koagulan sintetik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada rentang pengamatan yang dilakukan, dosis biji asam jawa sebagai koagulan yang optimum adalah 2000 mg/L limbah cair industri tekstil pada waktu pengendapan 70 menit mampu menyisihkan TSS sebesar 87.23% dan COD sebesar 81.95%. Sedangkan kombinasi dosis serbuk biji asam jawa dengan alum yang terbaik pada rentang pengamatan dengan rasio 1:2 (gr) pada waktu pengendapan 70 menit mampu menyisihkan TSS sebesar 50,43% dan COD sebesar 73.11%. penggunaan biji asam jawa sebagai koagulan lebih efektif dibandingkan bila dikombinasikan dengan alum.

2.2 Pengolahan limbah cair tekstil dengan gabungan metode biokoagulasi dan adsorpsi

Suryanti (2019), telah melakukan studi tentang penurunan kadar TSS dan COD pada limbah cair industri batik dengan menggunakan metode gabungan koagulasi dan adsorpsi. Tujuan dari penelitian tersebut untuk mengetahui pengaruh dari penambahan koagulan biji kelor terhadap penurunan kadar TSS dan COD. Pada penelitian tersebut dimulai dengan menentukan koagulan terbaik antara koagulan biji kelor dan ekstrak biji kelor yang selanjutnya akan digunakan pada proses pengolahan air limbah cair industri batik dengan variasi dosis 60 gr, 80 gr, 100 gr, 120 gr, dan 140 gr. Selanjutnya hasil/filtrat dari proses koagulasi, diadsorpsi menggunakan karbon aktif setinggi 25 cm. Pada lapisan bawah kolom digunakan zeolit setinggi 15 cm, kemudian pada atas kolom diisi dengan ijuk setinggi 15 cm. Setelah proses adsorpsi selesai, sampel limbah yang sudah

dilakukan pengolahan kemudian dilakukan pengujian TSS dan COD. Hasil penelitian ini dapat menghilangkan kadar TSS dan COD masing-masing sebesar 81,41% dan 85,95% pada dosis koagulan 60 gr.

Saptarini (2009) dalam penelitiannya tentang pengolahan limbah cair batik dengan menggunakan metode koagulasi-flokulasi dan adsorpsi sistem *batch* dengan koagulan tawas, flokulan kapur dan adsorben karbon aktif. Hasil menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar TDS, TSS, dan kekeruhan masing-masing sebesar 88,75%, 93,66%, dan 97,94% dengan dosis optimum tawas 25 gr dan kapur 1 gr. Dosis karbon aktif dan waktu kontak pada proses adsorpsi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan warna dengan dosis optimum 30 gr dan waktu kontak 24 jam. Dari proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi diperoleh penurunan kadar BOD, COD, dan warna berturut-turut sebesar 94,58%, 92,55%, dan 98,88%.

2.3 Pengolahan limbah cair tekstil pada berbagai variasi operasi

Martina *et al.*, 2018 telah melakukan studi tentang pengolahan limbah tekstil sintetis untuk menurunkan konsentrasi zat warna dengan menggunakan biokoagulan biji asam jawa. Limbah tekstil yang digunakan merupakan limbah sintetis zat warna *drimaren dark red* HF-CD. Rancangan penelitian dibuat dengan menggunakan *design expert 7.0.0* metode *central composite design* dengan memvariasikan variabel pH (2-7), dosis koagulan (1-3 g/L), dan dosis zat warna (20-30 ppm). Kondisi terbaik yang didapat dari penelitian diperoleh pada pH 4 dan 5, dosis koagulan 3,68 g/L, dosis zat warna 25 ppm dengan hasil persen penurunan konsentrasi zat warna sebesar 94,29%.

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Deskripsi batik

3.1.1 Batik

Batik merupakan salah satu karya seni yang dihasilkan dengan cara melukis pada kertas dengan berbagai macam corak dan warna yang menggunakan malam atau lilin sebagai bahan perintang warnanya untuk dicelupkan ke dalam zat warna menggunakan alat berupa canting (Artikasari, 2005).

3.1.2 Limbah cair batik

Pada proses pembuatan batik yaitu pewarnaan, pencelupan, pencucian, dan pengemasan menggunakan bahan kimia yang mengandung logam berat, sehingga hasil buangnya juga mengandung logam berat. Apabila hasil buangan tersebut tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan (Sasongko & Tresna, 2010) serta jika air buangan tersebut dikonsumsi oleh manusia, maka akan menyebabkan keracunan dan mengganggu kesehatan manusia. Oleh karena itu, sebelum dibuang ke lingkungan limbah harus sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Tabel 1 menunjukkan baku mutu air limbah industri tekstil yang termuat di dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 dan tabel 2 menunjukkan baku mutu air limbah industri batik yang termuat di dalam Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016.

Tabel 1. Baku mutu air limbah tekstil.

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Bahan Pencemaran Paling Tinggi (kg/Ton)
COD	150	15
TSS	50	5
Krom Total (Cr)	1,0	0,1
Minyak dan Lemak	3,0	0,3
pH	6,0-9,0	
Debit Limbah Paling Tinggi	100 m ² /ton produk tekstil	

Tabel 2. Baku mutu air limbah cair batik.

Parameter	Proses Basah		Proses Kering	
	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (kg/Ton)	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (kg/Ton)
COD	250	15	250	3,75
TDS	2.000	120	2.000	30
TSS	60	3,6	80	1,2
Krom Total (Cr)	1	0,06	2	0,03
Minyak dan Lemak Total	5	0,3	5	0,075
pH	6,0-9,0			
Debit Limbah Paling Banyak (m ² /Ton) Produk Batik	60		15	

Karakteristik limbah cair batik meliputi:

1. Karakteristik fisika: warna, bau, zat padat tersuspensi, dan temperatur.
2. Karakteristik kimia: bahan organik, anorganik, fenol, sulfur, pH, logam berat, senyawa racun (nitrit), dan gas (Muljadi, 2009).

3.2 Koagulasi dan flokulasi

Koagulasi merupakan proses kimia dengan cara pencampuran bahan kimia ke dalam air limbah yang selanjutnya diaduk cepat dalam bentuk larutan yang sudah tercampur dengan maksud mengurangi gaya tolak-menolak antar partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut menjadi flok-flok halus (Arumnika, 2018). Pengadukan cepat merupakan bagian penting dari proses koagulasi agar diperoleh campuran yang distribusi koagulannya merata sehingga proses pembentukan flok dapat terjadi secara merata.

Flokulasi merupakan proses setelah koagulasi yaitu pengelompokan antar partikel dengan koagulan (Risdianto, 2007) yang bertujuan untuk membentuk flok

dengan cara pengadukan lambat. Pada proses flokulasi terjadi penggabungan beberapa partikel yang tidak stabil menjadi flok yang berukuran besar dan lebih cepat dipisahkan agar mudah diendapkan.

3.2.1 Mekanisme koagulasi dan flokulasi

Pembentukan flok terjadi karena adanya gaya tarik-menarik partikel koloid yang memiliki sifat konstan pada air di nonstabilkan muatannya dengan bantuan koagulan. Proses pengendapan dilakukan dengan cara partikel koloid yang telah membentuk flok disaring dari air limbah. Pembentukan flok dilakukan dengan cara mencampur bahan koagulan dengan cara pengadukan cepat dan lambat. Menurut (Siregar, 2005), tahapan proses koagulasi dan flokulasi adalah:

1. Ditambahkan koagulan atau flokulan yang diikuti dengan pengadukan cepat dalam waktu yang singkat.
2. Partikel koloid akan mengalami destabilisasi.
3. Mikroflokk terbentuk dengan cara menggumpalkan material yang telah melalui proses destabilisasi.
4. Mikroflokk yang mengalami pengendapan, penyaringan atau pengapungan harus digumpalkan terlebih dahulu.

Menurut Aslamiah (2013), mekanisme koagulasi dan flokulasi adalah:

1. Terjadi interaksi tolak menolak dan saling berjauhan antara material koloid pada air limbah yang mempunyai muatan listrik yang sama. Kondisi tersebut dinyatakan konstan.
2. Pengurangan *repulse* sesama koloid dapat terjadi dikarenakan adanya penambahan ion logam seperti koagulan pada larutan. Destabilisasi membuat partikel koloid untuk saling mendekat dan membentuk flok yang berukuran besar.
3. Penggabungan mikroflokk akan membentuk makroflokk setelah proses destabilisasi dan akan mengalami pengendapan.

3.3 Koagulan

Koagulan adalah senyawa yang dapat mendestabilisasikan koloid dengan cara menetralkan muatan listrik sehingga koloid dapat bergabung membentuk mikroflokk agar mudah mengendap (Hambali *et al.*, 2017). 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 (Eckenfelde, 2002), tetapi koagulan kimia tersebut dapat menyebabkan penyakit Alzheimer (Champhell, 2002; Hendrawati *et al.*, 2013).

Karena penggunaan koagulan sintetik berbahaya, maka dilakukan pengolahan air limbah cair batik menggunakan koagulan alami. Menurut Sari (2008) dan Suwardi (2017), 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.

3.3.1 Biji asam jawa (*Tamarindus indica*)

Biji asam jawa (*Tamarindus indica*) mengandung protein yang cukup besar yaitu 2,8 gram/100 gram (Kartika *et al.*, 2016) memiliki fungsi sebagai polielektrolit alami yang mirip dengan koagulan sintetik (Andre *et al.*, 2015; Martina *et al.*, 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 *et al.*, 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 *et al.*, 2013).

3.3.2 Biji durian (*Durio zibethinus*)

Pada buah durian yang sering dikonsumsi adalah daging buah yang persentasenya sekitar 20-30%, sedangkan pada bagian kulit dan biji masing-masing sebesar 60-75% dan 5-15% belum dimanfaatkan (Sistanto *et al.*, 2017). Pada biji durian (*Durio zibethinus*) terdapat pati mengandung karbohidrat sebesar 42,1%. Pati atau amilum termasuk jenis polimer alami yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan biopolimer yang bermanfaat sebagai bahan tambahan untuk diformulasikan ke dalam koagulan supaya dapat meningkatkan kemampuan dalam mengikat material yang tersuspensi (Cristianty, 2017).

3.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses perubahan yang terjadi pada batas permukaan dari penyerapan suatu zat pada zat lain. Peristiwa tersebut melibatkan interaksi fisik, kimia, dan gaya elektrostatik antara adsorbat dengan adsorben pada permukaan adsorben. Terdapat dua jenis adsorpsi yaitu adsorpsi secara fisika dan kimia. Adsorpsi fisika terjadi akibat adanya molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan dengan ikatan yang lemah atau adanya gaya fisis. Sedangkan pada adsorpsi kimia melibatkan ikatan kimia koordinasi sebagai hasil penggunaan elektron bersama adsorben dan adsorbat (Osick, 1983; Sukardjo, 1990).

3.5 Karbon aktif

Karbon aktif atau arang aktif merupakan golongan karbon amorf dibuat dari bahan dasar yang mengandung susunan senyawa karbon. Karbon aktif biasanya digunakan dalam pengolahan limbah untuk mengadsorpsi bahan yang berasal dari cairan maupun gas. Besarnya volume pori-pori dan luas permukaan yang dimiliki oleh karbon aktif dapat menentukan performa daya serap/adsorpsi pada suatu karbon. Apabila karbon aktif memiliki daya adsorpsi yang rendah, maka dapat dilakukan dengan cara mengaktifkan arang menggunakan uap atau bahan kimia yang bertujuan untuk memperbesar luas arang dengan membuka pori-pori sehingga karbon aktif memiliki kemampuan daya adsorpsi yang lebih besar (Kateren, 1987).

3.6 Adsorben dan adsorbat

Adsorben merupakan suatu zat yang dapat mengadsorpsi zat lain yang memiliki ukuran partikel seragam dan memiliki sifat kepolaran yang sama dengan zat yang akan diserap serta mempunyai berat molekul yang besar. Adsorbat adalah zat yang teradsorpsi zat lain. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah luas permukaan adsorben, ukuran pori adsorben, kelarutan zat terlarut, pH, dan temperatur (Khopkar, 1990; Atkins, 1996), waktu kontak, dan konsentrasi adsorbat (Arisna *et al.*, 2016). Waktu kontak yang dibutuhkan pada proses adsorpsi untuk mencapai equilibrium tidak sama. Waktu kontak dapat tercapai apabila tidak terjadi perubahan konsentrasi adsorbat pada solute (Sirajuddin & Harjanto, 2018).

3.7 Parameter

3.7.1 Turbiditas (kekeruhan)

Turbiditas (kekeruhan) merupakan salah satu sifat air secara fisik (dapat dilihat) tetapi dapat juga ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air (Oktaviasari, 2016). Air dapat dinyatakan keruh apabila mengandung banyak partikel tersuspensi (TSS) sehingga dapat memberikan warna karena berlumpur atau kotor (Gusril, 2016).

3.7.2 Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan jumlah terlarutnya zat padat berupa ion maupun koloid yang terdapat di dalam air (Situmorang, 2007). Menurut Sari (2015), total padatan terlarut merupakan konsentrasi dari banyaknya ion kation dan anion yang terdapat di dalam air. Analisa total padatan terlarut digunakan sebagai pengukuran kualitatif terhadap jumlah ion terlarut, tetapi tidak dapat digunakan untuk menjelaskan sifat dan hubungan ion serta tidak dapat digunakan sebagai pengujian kualitas air secara spesifik. Sehingga analisa TDS hanya digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas umum dari air. Semua ion anion dan kation yang terdapat di dalam air merupakan padatan terlarut total. TDS

biasanya terdiri dari zat organik, garam anorganik dan gas terlarut (Slamet, 1994).

3.7.3 *Electrical Conductivity (EC)*

Electrical Conductivity (EC) atau daya hantar listrik merupakan kemampuan air untuk meneruskan arus listrik. Semakin tinggi nilai daya hantar listrik artinya semakin banyak juga garam terlarut yang dapat terionisasi. Ion garam terionisasi tersebut yang dapat menghantarkan arus listrik dalam air. Penghantar listrik (konduktor) yang baik yaitu garam, asam, dan basa. Sedangkan bahan organik seperti benzena dan sukrosa bukan konduktor (penghantar listrik) yang baik karena tidak dapat terionisasi di dalam air (Macereth, 1989). Senyawa organik yang dapat larut di dalam air biasanya dalam bentuk ion yang dapat menghantarkan aliran listrik dan akan bergerak ke arah elektroda yang suah di masukkan ke dalam suatu larutan. Ion yang bermuatan negatif akan bermigrasi ke arah elektroda yang bermuatan positif (Sihombing, 2000).

3.7.4 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

COD merupakan banyaknya oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada di dalam air. Pengujian COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi dengan cara menggunakan oksidator kuat dalam suasana asam (Metcalf dan Eddy, 2003). *Chemical Oxygen Demand (COD)* menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun sukar didegradasi secara biologis menjadi CO₂ dan H₂O. Keberadaan bahan organik dapat berasal dari alam ataupun dari aktivitas rumah tangga dan industri.

3.7.5 Logam berat Cr

Logam krom (Cr) merupakan logam yang berbahaya, memiliki sifat bioakumulasi di dalam makhluk hidup melalui rantai makanan (Kristianto *et al.*, 2017) apabila masuk kedalam tubuh suatu organisme maka kadarnya akan meningkat karena sulit untuk dikeluarkan (Prastyo *et al.*, 2016), selain itu logam krom merupakan logam yang sulit untuk didegradasi sehingga dapat bertahan

lama dalam suatu perairan (Paramita *et al.*, 2017). Krom heksavalen merupakan senyawa krom yang sangat berbahaya, keran dianggap sangat beracun, memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik. Jika ion krom masuk kedalam tubuh manusia maka akan menyebabkan kerusakan hati, kerusakan saluran pernapasan, kerusakan ginjal, kanker paru-paru (Sy *et al.*, 2016), mutasi gen, dan bersifat teratogenik (Kristianto *et al.*, 2017).

3.7.6 Logam berat Pb

Logam berat Pb (timbal) merupakan sebuah unsur yang 95% bersifat anorganik dan umumnya dalam bentuk garam anorganik yang kurang larut dalam air. Biasanya ditemukan didalam tumbuhan, tanah, batu-batuan dan hewan. Keberadaan logam Pb dialam umumnya berikatan dengan molekul lain seperti $PbBr_2$ dan $PbCl_2$. Kandungan Pb dalam bentuk oksida dapat dijumpai pada pewarna dalam industri tekstil (Gusnita, 2012). Limbah yang mengandung logam Pb (timbal) dipastikan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Hidayati, 2020). Jika senyawa Pb terkonsumsi oleh manusia melalui makanan, maka akan mengendap di jaringan tubuh dan sisannya akan terbuang bersama sisa metabolisme. Jenis senyawa Pb hampir tidak larut dalam air tetapi dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik seperti lipid. Logam Pb sulit untuk didegradasi maupun dihancurkan (Tyas, 1998). Dalam kehidupan sehari-hari, logam Pb dapat digunakan sebagai bahan campuran untuk membuat keramik yang disebut *glaze* dan digunakan untuk produksi *allow* (Ferdiaz, 1995).

3.7.7 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) merupakan metode analisis kualitatif digunakan untuk menentukan suatu unsur yang terdapat di dalam cuplikan dengan menggunakan proses penyerapan radiasi sumber oleh atom yang ada ditingkat energi dasar (*ground state*). Setiap unsur mengalami proses penyerapan energi terjadi pada panjang gelombang tertentu, sehingga atom akan mengalami eksitasi yaitu perpindahan elektron dari kulit atom tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Semakin banyak intensitas radiasi yang diserap, maka jumlah atom yang ada pada tingkat energi dasar yang menyerap radiasi tersebut akan semakin banyak (Boybul dan Haryati, 2009).

Cara kerja AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) berdasarkan penyerapan energi sinar oleh atom-atom netral dalam fasa gas (Gandjar dan Rohman, 2007). Prinsip dasar AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) yaitu interaksi antara sampel dengan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu (Khopkar, 2010). Radiasi cahaya yang dihasilkan katoda akan diserap oleh atom, kemudian jumlah radiasi yang diserap oleh atom akan diukur menggunakan panjang gelombang dari logam yang akan di analisa. Sehingga akan diperoleh hubungan antara konsentrasi dan absorbansi berdasarkan Hukum Lambert-Beer (Day & Underwood, 2002).

1. Hukum Lambert: sinar monokromatik yang dilewatkan pada suatu medium transparan, akan meneruskan cahaya dengan berkurangnya intensitas. Semakin tebal medium yang mengabsorpsi sinar tersebut, maka intensitas cahaya yang diteruskan akan semakin berkurang.
2. Hukum Beer: intensitas cahaya yang diteruskan akan semakin berkurang diiringi dengan besarnya konsentrasi dari spesi yang menyerap sinar tersebut.

Sehingga diperoleh persamaan Hukum Lambert-Beer (Day & Underwood, 2002):

$$A = a \cdot b \cdot c$$

1

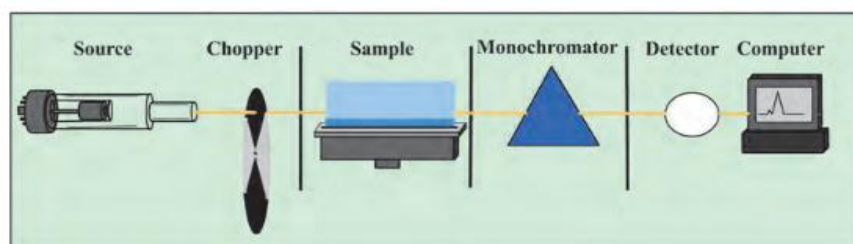
Keterangan:

A = absorbansi tanpa dimensi

a = koefisien serapan

b = panjang jejak sinar dalam medium berisi atom penyerap

c = konsentrasi



Gambar 1. Skema instrumentasi AAS (Filho *et al.*, 2012).

a. Lampu katoda

Lampu katoda berfungsi untuk memancarkan cahaya untuk mengeksitasi atom dari unsur yang akan dianalisis dengan masa pakai selama 1000 jam. Lampu katoda bersifat spesifik sesuai dengan unsur yang akan dianalisis. Apabila unsur yang akan dianalisis merupakan Fe, maka digunakan lampu katoda Fe. Lampu katoda dibagi menjadi dua yaitu lampu katoda monologam yang digunakan untuk mengukur satu jenis unsur dan lampu katoda monologam yang digunakan untuk analisis beberapa jenis unsur sekaligus.

b. Burner

Burner berfungsi dalam mengubah ion logam menjadi atom. Dalam burner, pencampuran bahan dan gas dinyalakan untuk menghasilkan nyala untuk mengatomkan unsur yang akan diuji. Campuran gas yang biasa digunakan dalam menghasilkan nyala yaitu asetilen-udara, asetilen-N₂O, dan propana-udara.

c. Monokromator

Monokromator digunakan dalam memilah cahaya dengan tujuan agar cahaya yang menuju ke larutan berupa cahaya tunggal. Monokromator terdiri atas difraksi dan prisma.

d. Detektor

Detektor berfungsi dalam mengubah energi cahaya menjadi energi listrik untuk memperoleh data. Detektor yang umum digunakan adalah photomultiplier tube yang terdiri dari katoda yang dilapisi dengan senyawa peka cahaya dan anoda yang mengumpulkan elektron. Detektor akan meneruskan sinyal ke amplifier.

e. Sistem pembacaan

Amplifier akan menguatkan sinyal dari detektor dan akan diolah sehingga dapat terbaca pada alat pembaca dan dapat dibaca oleh mata.

3.7.8 Spektroskopi Inframerah (FTIR)

Spektroskopi inframerah (FTIR) merupakan instrumen yang digunakan untuk menentukan jenis gugus fungsional yang terdapat di dalam suatu senyawa organik dengan memanfaatkan interaksi antara cahaya dengan materi. Analisis

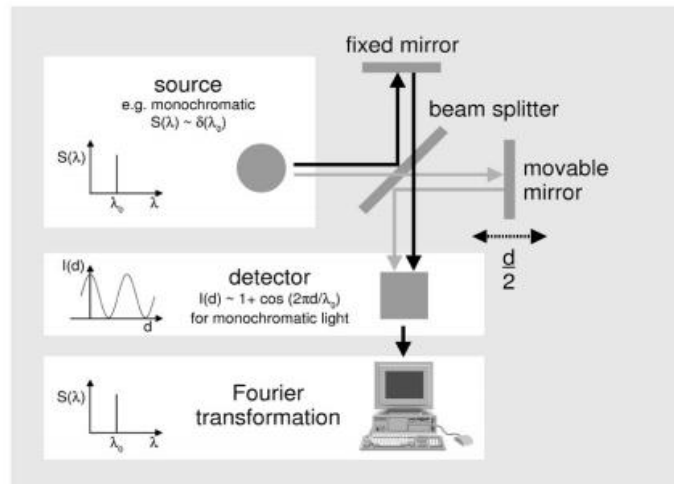
gugus fungsi protein yang terdapat di dalam koagulan biji asa jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) di lakukan menggunakan FTIR. Protein merupakan sumber asam amino yang mengandung unsur-unsur C, H, O, dan N (Winarno, 2004). Asam amino memiliki gugus fungsi (-NH₂) dan (-COOH).

Tabel 3. Gugus fungsi amida.

Tipe Amida	Gugus fungsi spesifik	Bilangan gelombang(cm ⁻¹)
Amida A	N—H	3300
Amida B	N—H	3100
Amida I	C=O	1600-1690
Amida II	C—N, N—H	1480-1575
Amida III	C—N, N—H	1229-1301
Amida IV	O—C—N	625-767
Amida V	C=O	640-800
Amida VI	N—H	537-606
Amida VII	Skeletal torsion	200

Sumber: Jilie dan Shaoning, 2007.

Prinsip FTIR yaitu sinar infra merah ditembakkan menuju sampel. Sebagian sinar akan diserap oleh sampel dan sebagian lainnya akan diteruskan menuju detektor. Perubahan intensitas sinar akan menghasilkan interferens yang diubah oleh detektor menjadi sinyal dan diperkuat sehingga diperoleh sinyal digital (Thermo, 2001).



Gambar 2. Prinsip kerja FTIR (Barth, 2007).

3.7.9 Sludge Volume Index (SVI) dan Sludge Mass (SM)

Sludge Volume Index (SVI) merupakan metode untuk mengetahui kemampuan *sludge* (lumpur) dalam mengendap dengan cara larutan yang berisi campuran air limbah dan lumpur yang di dapatkan setelah proses koagulasi-flokulasi dimasukkan kedalam tabung imhoff 1 L dan dibiarkan mengendap (Mudenur *et al.*, 2016) selama 30 menit (Said & Utomo, 2007), sehingga dapat diketahui volume lumpur yang mengendap (mL/L) dan padatan tersuspensi (mg/L) yang selanjutnya dapat digunakan dalam penentuan nilai SVI (Mudenur *et al.*, 2016). Sedangkan *Sludge Mass* (SM) merupakan selisih antara massa dari *sludge* basah dan massa *sludge* kering per miligram *sludge* basah (Dick, 1978). Nilai SVI dan SM diperoleh untuk mengetahui seberapa banyak endapan yang dihasilkan. Nilai tersebut dapat menentukan kemampuan partikel untuk mengendap dan memadat. Nilai SVI yang rendah menunjukkan bahwa pembentukan *sludge* yang dihasilkan baik dan cepat, sehingga nilai SM akan semakin tinggi dikarenakan flok yang terendapkan akan semakin banyak (Mudenur *et al.*, 2016).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas beaker (Pyrex dan Herma), pengaduk magnetik (Faithful SH-2B, Cina), desikator, furnace, oven (Mettler, Jerman), neraca analitik (KERN & SOHN GmbH EMB 200-3, Jerman), lumpang dan alu, sendok sungsung, ayakan 200 dan 250 mesh (Test Sieve, Indonesia), blender (Miyako, Indonesia), senter (Krisbow, Indonesia), Lux meter (LT Lutron LX-103, Taiwan), Turbidimeter (Thermo Scientific Eutech TN-100, USA), Total Dissolved Solid dan Electrical Conductivity (Hanna Instruments 9813-5, Romania), Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (Nicolet Avatar 360 IR, USA), dan Spektrometer Serapan Atom (Perkin Elmer PinAAcle 900T, USA).

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel limbah cair batik, biji asam jawa (*Tamarindus indica*), biji durian (*Durio zibethinus*), karbon aktif (PR. Brataco), aquades, kertas saring whatman 42 (GE Healthcare Life Science, USA), dan larutan buffer pH 4, 7, 10 (Merck, Jerman).

4.2 Cara kerja

4.2.1 Preparasi biokoagulan

Biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) yang sudah matang berwarna kecoklatan, dipisahkan dari daging buahnya dan dibersihkan kemudian dikeringkan dengan cara dijemur. Biji yang sudah bersih dan kering, ditumbuk menjadi serbuk dan kemudian diayak dengan ukuran 200 dan 250 mesh.

4.2.2 Preparasi karbon aktif

Pada penelitian ini digunakan karbon aktif yang berasal dari PT. Brataco, sehingga tidak perlu dilakukan karbonisasi dan hanya melakukan aktivasi secara fisika. Karbon aktif diayak dengan menggunakan ayakan 200 dan 250 mesh.

Karbon diaktivasi secara fisika dengan cara dipanaskan pada suhu 60 °C selama 1 jam dan disimpan dalam desikator. Selanjutnya karbon aktif disimpan dalam wadah tertutup rapat.

4.2.3 Pengolahan limbah cair batik dengan biokoagulan

Limbah cair batik diambil 100 mL, lalu diencerkan 5x dengan akuades menggunakan labu ukur 1000 mL sampai tanda batas. Larutan sampel limbah cair batik dimasukkan ke dalam *beaker* sebanyak 500 mL. Serbuk biji biokoagulan ditambahkan ke dalam *beaker* yang berisi sampel limbah yang sudah diencerkan dengan variasi dosis 500 mg, 1000 mg dan 1500 mg, setiap sampel dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan cara pengadukan cepat 40 rpm selama 25 menit (Risdianto, 2007). Hasil yang diperoleh dari proses koagulasi-flokulasi disaring dengan menggunakan kertas saring whatman No. 42 kemudian filtrat yang dihasilkan setelah proses koagulasi-flokulasi dilakukan pengujian dengan parameter turbiditas, TDS, EC, pH, efek tyndal, COD, logam berat Pb dan Cr, *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass* (SM).

4.2.4 Pengolahan limbah cair batik dengan adsorpsi

Filtrat yang dihasilkan dari proses koagulasi yang sudah diuji performa (TDS, EC, pH, efek tyndal, COD, logam berat Pb dan Cr, *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass* (SM)) dilakukan pengolahan lanjut dengan proses adsorpsi. Adsorben dan filtrat yang dihasilkan, dimasukkan ke dalam *beaker* kemudian dilakukan pengadukan menggunakan magnetic stirrer dengan variasi dosis karbon aktif 500 mg, 1000 mg dan 1500 mg. Hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring whatman no. 40 kemudian filtrat yang dihasilkan setelah proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi dilakukan pengujian dengan parameter TDS, EC, pH, efek tyndal, COD, logam berat Pb dan Cr.

4.3 Analisis sampel

4.3.1 Turbiditas atau kekeruhan

Turbidimeter dilakukan kalibrasi dengan cara menggunakan larutan standar 800, 100, 20 dan 0,02 NTU. Sampel dimasukkan ke dalam vial sampai

tanda batas, kemudian vial disekan dengan kain yang lembut untuk membersihkan dan mengeringkan bagian luar vial. Selanjutnya, vial dimasukkan kedalam wadah dengan benar dan bagian atas vial ditutup. Ditunggu selama ± 10 menit untuk mengetahui nilai turbiditas sampel, pengukuran turbiditas dilakukan secara triplo. Penurunan turbiditas dilakukan dengan persamaan:

$$\text{Penurunan Turbiditas (\%)} = \left[\frac{T - T'}{T} \right] \times 100 \quad 1)$$

Keterangan:

T = turbiditas awal (NTU)

T' = turbiditas akhir (NTU)

4.3.2 Total Dissolved Solid (TDS)

Alat TDS dikalibrasi dengan cara mencelupkan elektroda kedalam larutan TDS HI 70442 (1500 ppm). Ditekan tombol 'ppm' lalu diputar kenop kalibrasi TDS sampai menunjukkan hasil yang stabil. Dimasukkan sampel kedalam wadah plastik dan dicelupkan elektroda kedalam larutan sampel. Pembacaan hasil dilakukan dengan cara menunggu beberapa saat sampai layar menunjukkan angka nilai yang stabil.

4.3.3 Electrical Conductivity (EC)

Alat EC meter dikalibrasi dengan cara mencelupkan elektroda kedalam larutan EC HI 70031 ($1413 \mu\text{S}/\text{cm} = 1,413 \text{ mS}/\text{cm}$). Ditekan tombol 'mS/cm' lalu diputar kenop kalibrasi EC sampai layar menunjukkan angka yang stabil. Dimasukkan sampel kedalam wadah plastik lalu elektroda dicelupkan kedalam sampel dan dilakukan pembacaan dengan cara ditunggu beberapa menit sampai layar menunjukkan hasil yang stabil. Hasil tersebut menunjukkan konduktivitas suatu sampel.

4.3.4 pH (derajat keasaman)

Alat pH meter dikalibrasi pada pH 4,7, dan 10. Setiap sampel pada proses koagulasi dan adsorpsi dilakukan pengukuran pH (tingkat keasamannya). Pengukuran pH dilakukan dengan cara mencelupkan elektroda kedalam sampel

(sampai elektroda terendam). Pembacaan hasil dilakukan dengan cara menunggu beberapa saat sampai layar menunjukkan angka nilai pH sampel yang stabil.

4.3.5 *Sludge Volume Index (SVI)*

Pengukuran *Sludge Volume Index (SVI)* dilakukan dengan cara memasukkan 500 mL ke dalam corong *imhoff* sampel hasil dari proses koagulasi sampai mengendap selama 1 jam. Pengukuran *Sludge Volume Index (SVI)* dilakukan dengan persamaan:

$$SVI = \frac{SV \left(\frac{mL}{L} \right) \times 1000 \left(\frac{mg}{g} \right)}{MLSS \left(\frac{mg}{L} \right)} \quad (2)$$

Keterangan:

SV = volume *sludge* di dalam corong *imhoff* (mL/L)

MLSS = *mixed liquor suspended solid* (mg/L)

4.3.6 *Sludge Mass (SM)*

Sludge mass (SM) ditentukan dengan cara menyaring *sludge* yang diperoleh dari hasil koagulasi-flokulasi menggunakan kertas saring whatman no. 42 yang sudah ditimbang. Pengukuran *sludge mass* dilakukan dengan persamaan:

$$\text{Sludge Mass (\%)} = \frac{SM_o - SM_t}{SM_o} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

SM_o = berat *sludge* basah (gram)

SM_t = berat *sludge* kering (gram)

4.3.7 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Penentuan kadar COD dilakukan berdasarkan SNI 6989-2-2009. Sampel pengolahan dimasukkan ke dalam tabung uji, ditambahkan oksiator K₂Cr₂O₄ dan H₂SO₄ kemudian dikocok hingga homogen. Diletakkan tabung pada pemanas dengan suhu 150°C dan dilakukan refluks selama 2 jam. Di dinginkan sampel yang sudah direfluks pada suhu ruang dan dilanjutkan dengan membiarkan suspensi mengendap hingga bagian yang akan dianalisis dengan benar-benar jernih. Selanjutnya, sampel tersebut dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis

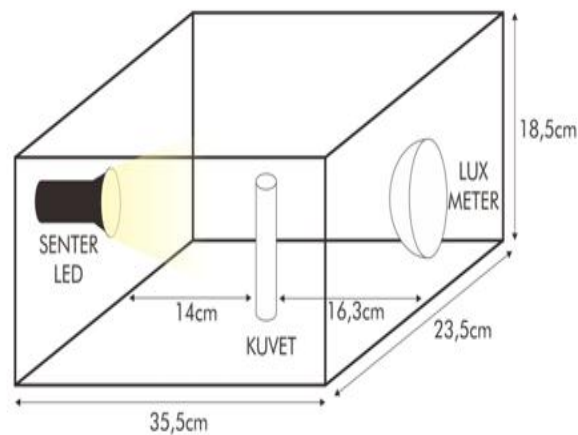
menggunakan panjang gelombang 600 nm. Kadar COD dihitung berdasarkan kurva kalibrasi.

4.3.8 Penentuan kadar logam total Pb dan Cr dengan menggunakan SSA

Penentuan kadar logam total Pb dan Cr dilakukan dengan berdasarkan SNI 6989-8-2009 dan SNI 6989-17-2009. Didestruksi terlebih dahulu sampel uji menggunakan HNO₃ 5-10 mL. Setelah sampel didestruksi, dilanjutkan dengan pembuatan kurva kalibrasi menggunakan larutan blank (aquades) dan larutan standar Pb dengan panjang gelombang yang digunakan 283,3 nm atau 217,0 nm. Kemudian dibuat kurva kalibrasi. Jika koefisien regresi linier <0,995, maka proses kalibrasi harus diulang kembali. Dilanjutkan dengan proses analisis kadar logam total Pb pada sampel uji. Aspirasikan sampel uji ke SSA kemudian diukur serapannya pada panjang gelombang 283,3 nm atau 217,0 nm. Penentuan kadar logam Cr dilakukan dengan cara yang sama pada penentuan kadar logam total Pb, tetapi dengan menggunakan panjang gelombang 357,9 nm. Dicatat hasil pengukurannya.

4.3.9 Pengukuran efek tyndall (intensitas cahaya)

Pengukuran efek tyndall dilakukan dengan menggunakan media berbentuk kotak yang terbuat dari kardus dengan dimensi 35 cm (P) x 23,5 cm (L) x 18,5 cm (T). Jarak antara sampel dengan sensor *lux* meter sebesar 16,5 cm. Sedangkan jarak antara sampel dengan kuvet sebesar 14 cm. Alat efek tyndall dikalibrasi menggunakan akuafest dengan cara memasukkan akuadest kedalam masing-masing kuvet (3 kuvet) dan kuvet diletakkan pada titik yang sudah ditentukan. Senter dinyalakan hingga cahaya yang ditembakkan dari sente LED melewati kuvet kemudian akan ditangkap oleh sensor. Nilai efek tyndall dapat diketahui dengan cara membaca hasil yang ditunjukkan pada *lux* meter. Kemudian dilakukan pengukuran efek tyndall pada masing-masing sampel secara triplo.



Gambar 3. Ilustrasi pengukuran efek tyndall (maulidya, 2020)

4.3.10 Karakterisasi biokoagulan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Biokoagulan dianalisis menggunakan spektrum FTIR untuk mengetahui keberadaan protein dengan cara membuka aplikasi spektrum dan diatur *range* bilangan gelombang pada $4000-400\text{ cm}^{-1}$. Diklik *background* dan diletakkan sampel diatas permukaan kristal *diamond*. Kemudian klik *scan* sampai muncul spektra IR. Setelah itu sampel diatur dengan cara ditekan sampai nilai *force gauge* 60 *newton* lalu diklik *scan*. Proses *scanning* akan selesai apabila sudah mencapai 100%. Hasil spektra IR yang diperoleh kemudian dicetak untuk dilakukan analisis.

4.4 Analisis proksimat

Analisis proksimat pada sampel biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) dilakukan sesuai dengan SNI 01-2891-1992. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan kadar abu, kadra protein dan kadar air yang terkandung didalam biokoagulan.

4.4.1 Penentuan kadar protein

Penentuan kadra protein dari biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) dilakukan dengan metode *Kjeldahl*. Serbuk biji asam

jawa dan biji durian ditimbang sebanyak 0,5g dan dimasukkan kedalam labu *Kjeldahl*. Kemudian ditambahkan reagen destruksi 20 mL H₂SO₄ pekat dan 5 mL H₂O₂. Destruksi dilakukan selama dua tahap yaitu dilakukan pemanasan selama 30 menit pada suhu 300°C dan dilanjutkan dengan proses destilasi-titrasi sedikit demi sedikit. Destilat ditampung dengan erlenmeyer yang sudah berisi 30 mL 0,1 N H₃BO₃. Kemudian destilat yang diperoleh dititrasi dengan HCl 0,1 N. Persen (%) kadar protein dihitung menggunakan persamaan:

$$\% N = \frac{14,008 \times (V1 - V2) \times N \times 5,75}{W} \times 100 \quad 5$$

Keterangan:

- N = normalitas HCl (mgrek/mL)
- V1 = volume HCl untuk titrasi sampel (mL)
- V2 = volume HCl untuk titrasi blanko (mL)
- 5,75 = faktor konversi protein kacang kedelai
- 14,008 = berat atom nitrogen (g)
- W = berat sampel (g)

4.4.2 Penentuan kadar air

Penentuan kadar air dilakukan dengan cara menimbang 1-2 gram sampel biji asam jawa dan biji durian kemudian dioven pada suhu 105°C selama 3 jam. Selanjutnya di dinginkan kedalam desikator dan dihitung hasil yang diperoleh dengan persamaan:

$$\text{Kadar air} = \frac{W - (W1 - W2)}{W} \times 100 \quad 6$$

Keterangan:

- W = bobot awal sampel (g)
- W1 = bobot sampel dan cawan setelah dikeringkan (gr)
- W2 = bobot cawan kosong (gr)

4.4.3 Penentuan kadar abu

Penentuan kadar abu dilakukan dengan cara menimbang 3-5 gr sampel biji asam jawa dan biji durian. Lalu diabukan dengan furnace pada suhu maksimal 550°C sampai proses pengabuan sempurna. Kadar abu dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kadar abu} = \frac{W_1 - W_2}{W} \quad 7$$

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakterisasi limbah cair batik

Limbah cair batik diperoleh dengan dari Industri Batik Sekar Idaman yang lokasinya berada di Plalangan RT 03/RW 41, Plalangan, Pandowoharjo, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Limbah cair batik dikarakterisasi untuk mengetahui karakteristiknya yaitu derajat keasaman (pH), nilai kekeruhan, *Total Dissolved Solid* (TDS), *Electrical Conductivity* (EC). Limbah cair batik diencerkan sebanyak 5 kali pengenceran untuk menurunkan nilai kepekatan yang tinggi dari limbah cair batik murni.

Tabel 4. Hasil karakterisasi awal limbah cair batik

Parameter	Hasil karakterisasi	Baku mutu Permen LH RI No. 5 Th 2014	Baku mutu Gubernur DIY No. 7 Th 2016	Satuan
Turbiditas	137	-	-	NTU
TDS	880	2.000	-	mg/L
EC	2,56	-	-	mS/cm
Ph	8,3	6,0-9,0		
COD	603,3	250	150	mg/L
Logam Pb	0,275	-	-	mg/L
Logam Cr	1,656	1	1	mg/L

Limbah cair batik dengan karakteristik tersebut apabila limbah langsung dibuang ke lingkungan, maka akan berdampak buruk bagi manusia dan menjadi pencemaran lingkungan. Penggunaan biokoagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*) dengan metode koagulasi-flokulasi dan adsorpsi diharapkan dapat menurunkan nilai karakteristik dari limbah cair batik murni sebelum dibuang ke lingkungan, serta dapat meningkatkan kualitas air yang sesuai dengan standar baku mutu menurut PERMEN LH No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah dan Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah.

5.1.1 Kandungan proksimat

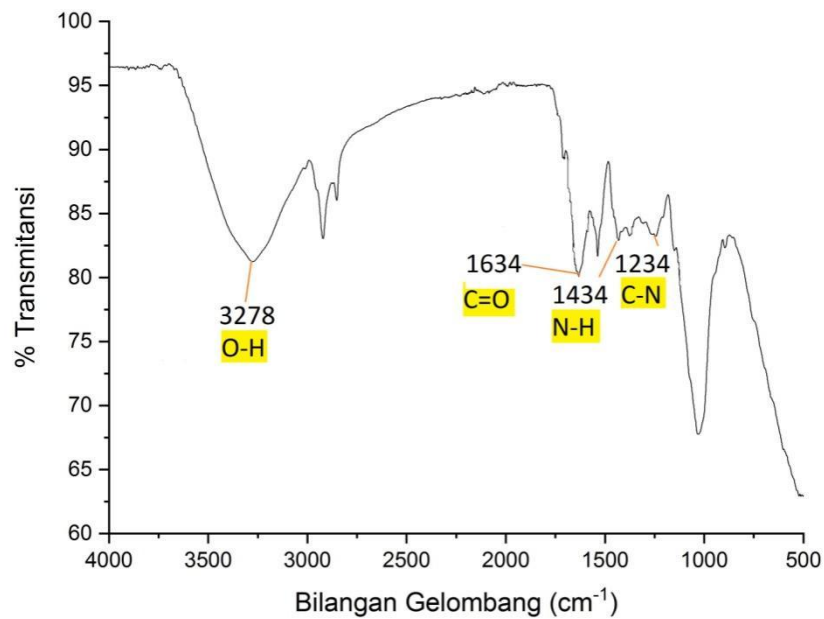
Analisis protein dari biokoagulan biji asam jawa dan biji durian dilakukan dengan analisis proksimat untuk mengetahui kadar protein, kadar abu, dan kadar air yang terkandung di dalam sampel. Penentuan kadar protein dilakukan dengan metode Kjeldahl. Sedangkan penentuan kadar abu dan kadar air dilakukan dengan metode gravimetri (Winata *et al.*, 2015). Analisis proksimat pada biji asam jawa dan biji durian ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. hasil analisis proksimat biokoagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) dan biji durian (*Durio zibethinus*)

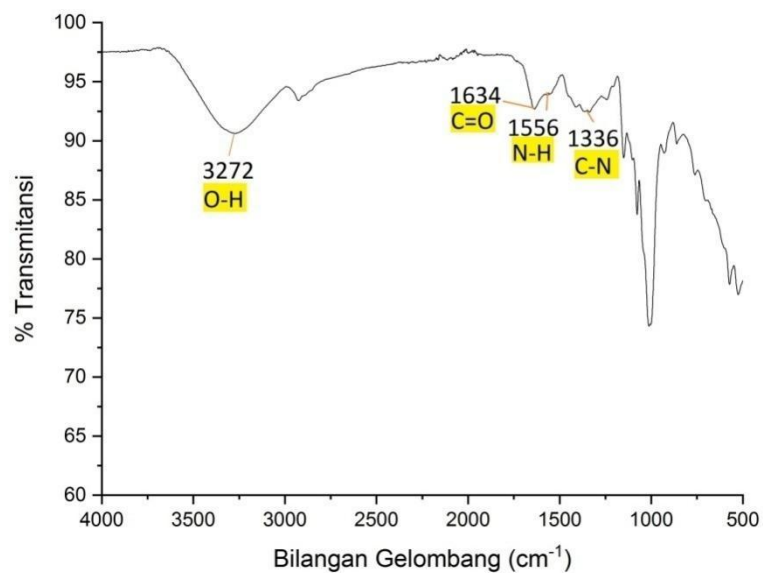
Sampel	Parameter		
	Kadar Air (%b/b)	Kadar Abu (%b/b)	N total (%) (protein)
Biji asam jawa	14,5235	3,1386	11,418
Biji durian	12,4469	4,4289	6,866

Berdasarkan data diatas, diperoleh kadar air sebesar 14,52 %, kadar abu 3,13 % serta kadar protein 11,41% untuk sampel biji asam jawa. Sedangkan untuk sampel biji durian diperoleh kadar air sebesar 12,44 %, kadar abu 4,42 % serta kadar protein 6,86%. Kadar air menentukan daya awet. Hasil persentase kadar abu menunjukkan total komponen organik atau mineral yang terdapat di dalam sampel.

5.1.2 Karakterisasi biokoagulan dengan FTIR



Gambar 4. Hasil FTIR biokoagulan biji asam jawa



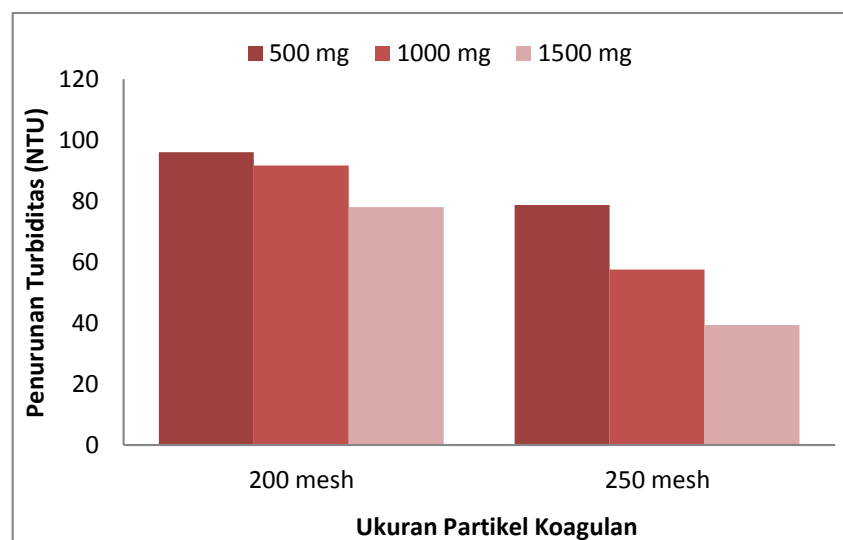
Gambar 5. Hasil FTIR biokoagulan biji durian

Pengujian dengan FTIR berfungsi untuk mengetahui adanya kandungan protein yang terdapat di dalam biokoagulan biji asam jawa dan biji durian yang berfungsi sebagai polielektrolit dengan ditandai adanya gugus -OH, -COOH, dan

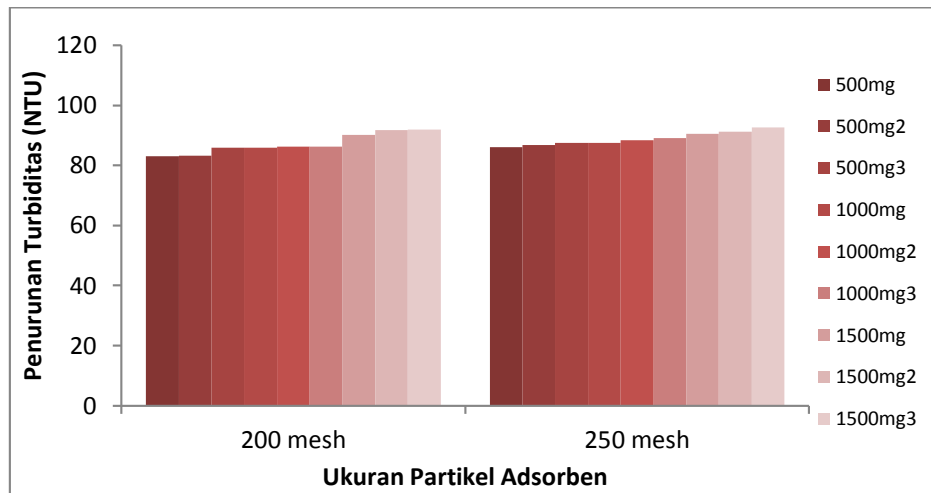
-NH. gugus -OH, -COOH, dan -NH. Gugus fungsi yang terdapat di dalam koagulan alami adalah -COOH dan -NH sehingga koagulan dapat berinteraksi dengan partikel yang terdapat di dalam larutan (Kumar *et al.*, 2017). Karakterisasi protein yang terkandung di dalam biji asam jawa dan biji durian berdasarkan pada puncak serapan protein yaitu pada Amida I, II, dan III (Sari, 2011). Pada Gambar 4 hasil interpretasi gugus fungsi dari biji asam jawa (*Tamarindus indica*) diperoleh pada puncak serapan 1634 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C=O (amida I), pada puncak serapan 1434 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi N-H (amida II), serta diperoleh gugus C-N pada puncak serapan 1243 cm^{-1} (amida III). Pada Gambar 5 didapatkan hasil interpretasi gugus fungsi dari biji durian (*Durio zibethinus*) pada puncak serapan 1634 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi C=O (amida I), puncak serapan 1556 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi N-H (amida II) dan gugus fungsi C-N (amida III) pada puncak serapan 1336 cm^{-1} . Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa polimer yang polier yang terkandung di dalam biokoagulan biji asam jawa dan biji durian adalah protein.

5.2 Analisis sampel

5.2.1 Pengaruh biokoagulan terhadap penurunan turbiditas



Gambar 6. Hasil biokoagulasi biji asam jawa pada penurunan Turbiditas

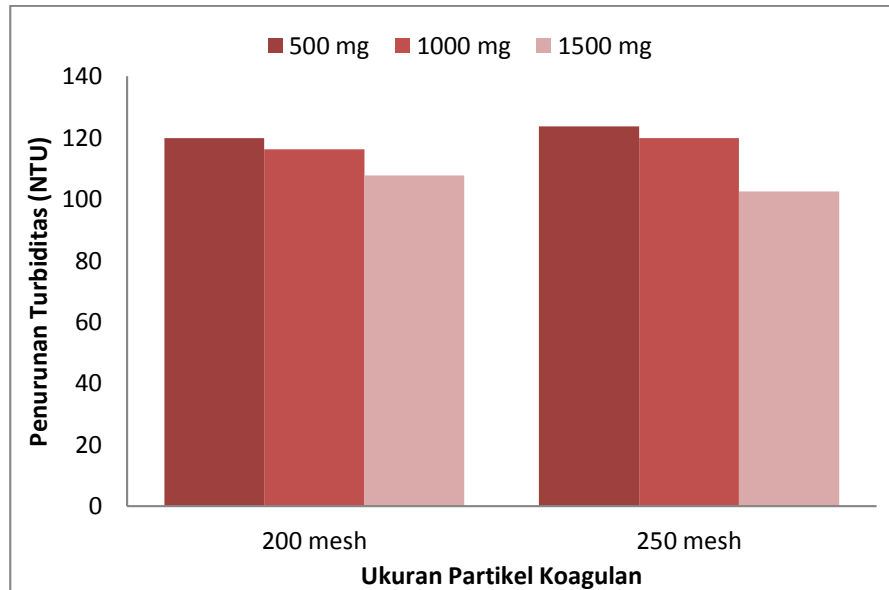


Gambar 7. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam jawa pada penurunan Turbiditas

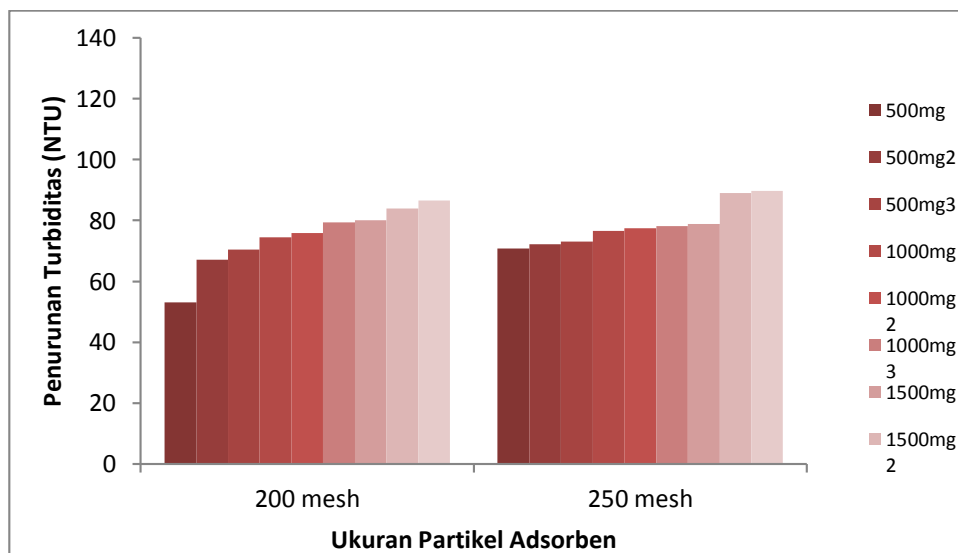
Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa hasil pengolahan dengan koagulan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) pada ukuran partikel koagulan 200 mesh dengan dosis koagulan 500 mg, 1000 mg, dan 1500 mg diperoleh hasil turbiditas masing-masing sebesar 96,03 NTU (29,90%), 91,64 NTU (33,10%) dan 78,03 NTU (43,04%). Sedangkan pada ukuran partikel koagulan 250 mesh dengan dosis koagulan masing-masing 500 mg, 1000 mg dan 1500 mg diperoleh hasil turbiditas sebesar 78,65 NTU (42,58%), 57,43 NTU (58,07%) dan 39,24 NTU (71,35%). Setelah mengalami proses adsorpsi, pada dosis optimum adsorben 1500 mg dengan ukuran partikel adsorben 200 mesh mampu mereduksi turbiditas sebesar 11,09 NTU dengan presentase penurunan mencapai 91,90% dan pada ukuran partikel adsorben 250 mesh dengan dosis optimum adsorben 1500mg/L mampu mereduksi turbiditas sebesar 10,82 NTU dengan presentase penurunan mencapai 92,09%.

Berdasarkan grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran partikel diameter biji asam jawa (*Tamarindus indica*), 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.



Gambar 8. Hasil biokoagulasi biji durian pada penurunan Turbiditas



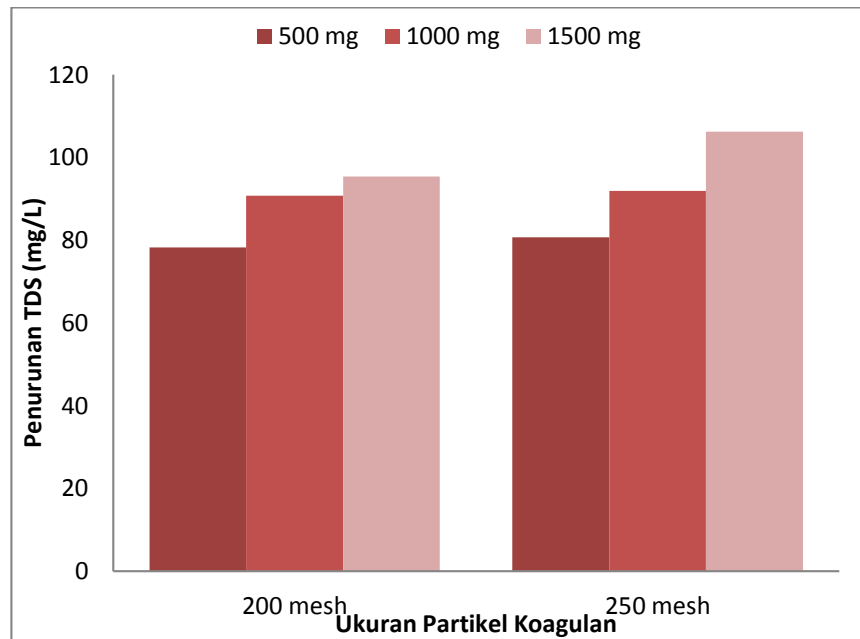
Gambar 9. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian pada penurunan Turbiditas

Bedasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa hasil pengolahan dengan biokoagulan biji durian (*Durio zibethinus*) pada ukuran partikel koagulan 200 mesh dengan dosis koagulan 500 mg, 1000 mg, dan 1500 mg diperoleh hasil turbiditas masing-masing sebesar 119,88 NTU (12,48%), 116,22 NTU (15,16%) dan 107,66 NTU (21,41%). Sedangkan pada ukuran partikel koagulan 250 mesh

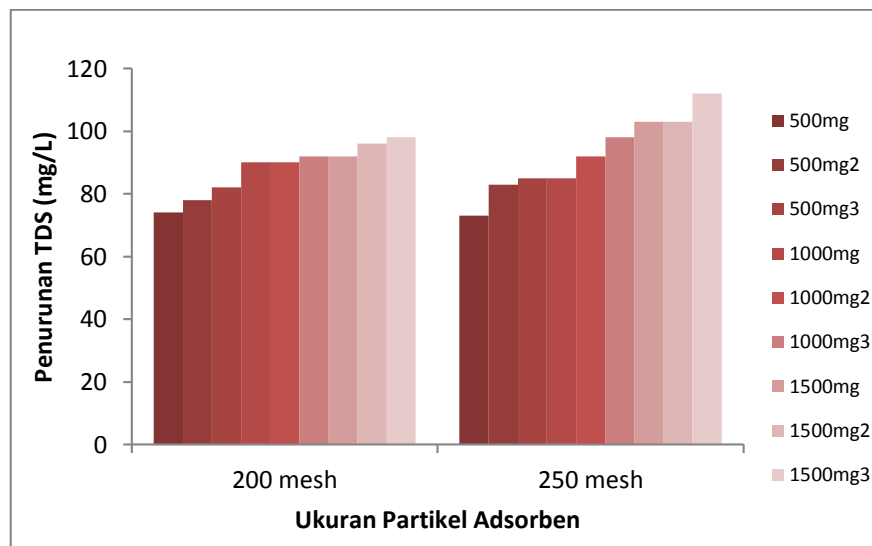
dengan dosis koagulan masing-masing 500 mg, 1000 mg dan 1500 mg diperoleh hasil turbiditas sebesar 123,66 NTU (9,73%), 119,90 NTU (12,48%) dan 102,55 NTU (25,14%). Setelah mengalami proses adsorpsi, pada dosis optimum adsorben 1500 mg dengan ukuran partikel adsorben 200 mesh mampu mereduksi turbiditas sebesar 18,48 NTU dengan presentase penurunan mencapai 86,50% dan pada ukuran partikel adsorben 250 mesh dengan dosis optimum adsorben 1500mg/L mampu mereduksi turbiditas sebesar 14,04 NTU dengan presentase penurunan mencapai 89,74%. Hasil analisis menunjukkan koagulan biji asam jawa lebih efektif dalam menurunkan nilai turbiditas dibandingkan koagulan biji durian serta penggunaan adsorben dengan dosis optimum dan ukuran partikel 250 mesh menghasilkan nilai dengan penurunan turbiditas yang rendah dan presentase penurunan yang tinggi. Selain itu, penurunan disebabkan karena kandungan protein yang terdapat didalam koagulan berfungsi sebagai polielektrolit kationik yang bekerja sebagai koagulan melalui proses netalisasi muatan sehingga dapat mengikat koloid yang bermuatan negatif dan mengakibatkan terjadinya destabilisasi muatan koloid.

5.2.2 Pengaruh biokoagulan terhadap TDS

TDS (*Total Dissolve Solid*) merupakan ukuran zat terlarut baik itu zat organik maupun anorganik yang terdapat dalam larutan. Konsentrasi nilai TDS yang tinggi dapat berbahaya karena akan menyebabkan perubahan pada salinitas, perubahan pada ion-ion, dan toksisitas pada masing-masing ion. Akibat dari perubahan salinitas dapat mengganggu keseimbangan pada biota air, biodiversitas, dan menyebabkan toksisitas yang tinggi pada tahapan hidup suatu organisme (Weber-Scannell & Duffy, 2007).



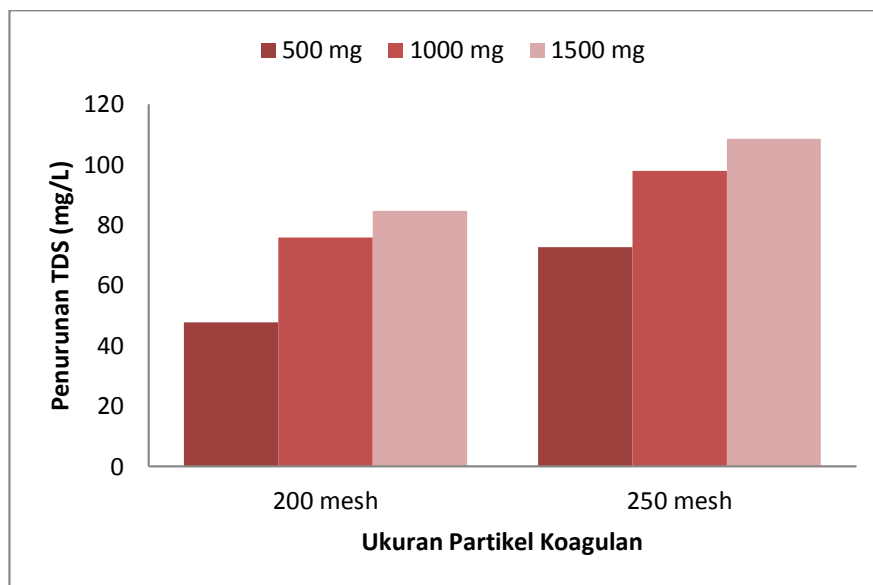
Gambar 10. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap penurunan TDS



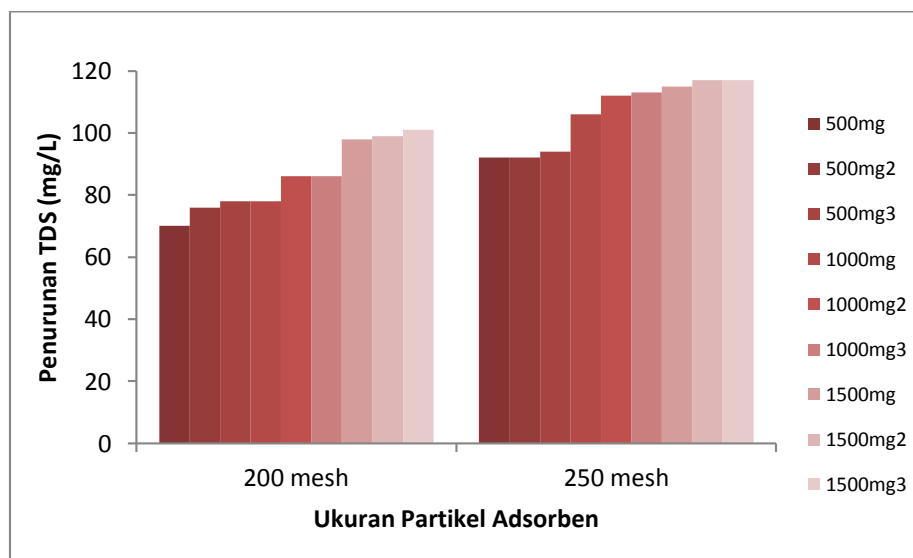
Gambar 11. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam jawa terhadap penurunan TDS

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya dosis pada biokoagulan, maka penurunan kadar TDS akan semakin besar. Pada ukuran partikel koagulan 200 mesh dengan dosis koagulan 500 mg, 1000 mg dan 1500 mg dapat menurunkan kadar TDS secara berturut-turut sebesar 78,22 mg/L, 90,77 mg/L, dan 95,33 mg/L. Sedangkan pada ukuran partikel koagulan 250 mesh

dengan dosis koagulan 500 mg, 1000 mg, dan 1500 mg mampu menurunkan kadar TDS sebesar 80,66 mg/L, 91,88 mg/L, dan 106 mg/L. Setelah mengalami proses adsorpsi, pada dosis optimum adsorben 1500 mg dengan ukuran partikel adsorben 200 mesh mereduksi TDS menjadi 104 mg/L. Pada dosis optimum adsorben 1500 mg dengan ukuran partikel adsorben 250 mesh mereduksi TDS menjadi 121 mg/L.



Gambar 12. Hasil biokoagulasi biji durian terhadap penurunan TDS

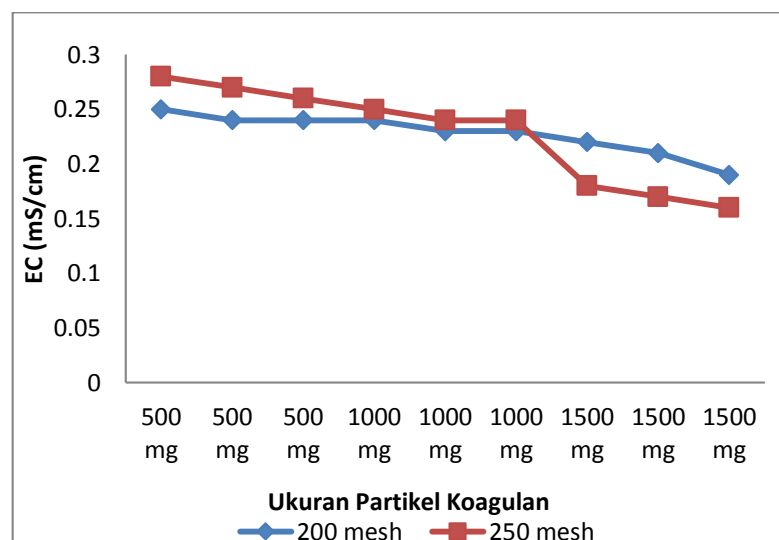


Gambar 13. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian terhadap penurunan TDS

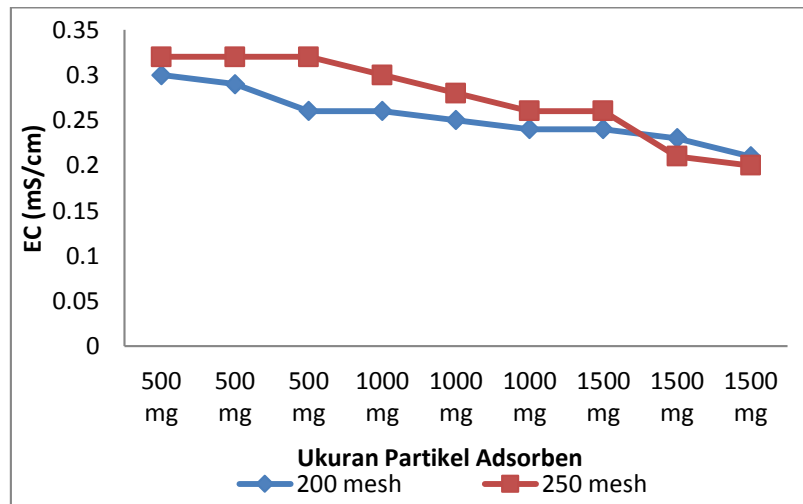
Pada ukuran partikel koagulan biji durian 200 mesh dengan dosis koagulan 500 mg, 1000 mg dan 1500 mg dapat menurunkan kadar TDS secara berturut-turut menjadi 47,77 mg/L, 75,88 mg/L, dan 84,55 mg/L. Sedangkan pada ukuran partikel koagulan 250 mesh dengan dosis koagulan 500 mg, 1000 mg, dan 1500 mg mampu menurunkan kadar TDS 72,66 mg/L, 97,88 mg/L, dan 108,44 mg/L. Setelah mengalami proses adsorpsi, pada dosis optimum adsorben 1500 mg dengan ukuran partikel adsorben 200 mesh mereduksi TDS menjadi 101 mg/L. Pada dosis optimum adsorben 1500 mg dengan ukuran partikel adsorben 250 mesh mereduksi TDS menjadi 117,66 mg/L.

Penurunan TDS terbaik terjadi pada koagulan biji durian dengan dosis koagulan 500 mg dan ukuran partikel koagulan 200 mesh mampu menurunkan TDS menjadi 47,77 mg/L. Sedangkan semakin bertambahnya dosis, maka nilai TDS akan meningkat karena senyawa ionik akan semakin banyak yang larut dan padatan terlarut sisa biokoagulasi tidak dapat mengikat partikel koloid di dalam air.

5.2.3 Pengaruh biokoagulan terhadap EC

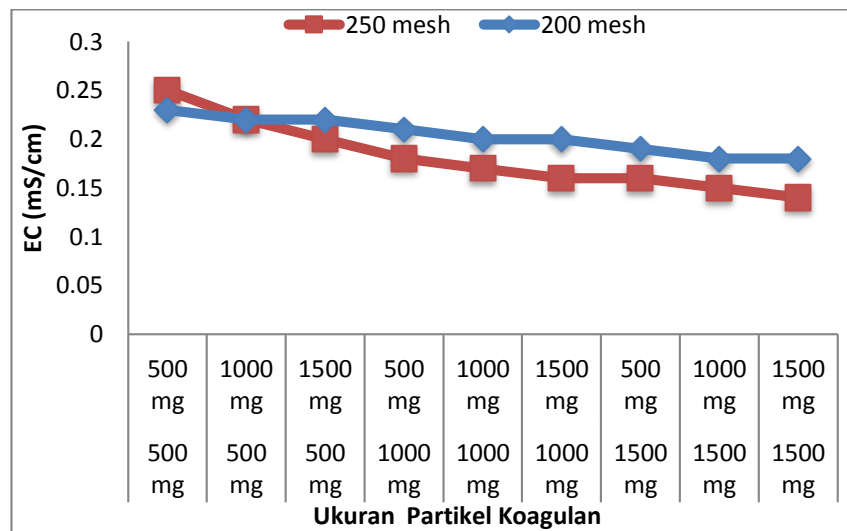


Gambar 14. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap penurunan EC

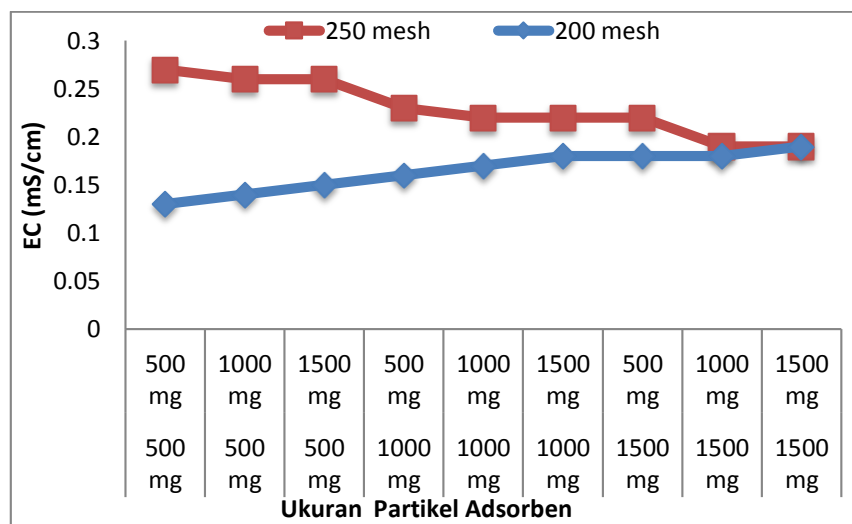


Gambar 15. Hasil biokoagulasi biji durian terhadap penurunan EC

Penurunan nilai EC terjadi karena interaksi antara zat dalam koagulan (polielektrolit) dengan ion dalam larutan. Penurunan EC terbaik terjadi pada dosis optimum yaitu dengan ukuran partikel 200 mesh pada dosis 1500 mg koagulan biji asam jawa mampu menurunkan nilai EC sebesar 0,19 mS/cm, sedangkan untuk koagulan biji durian menurunkan nilai EC sebesar 0,21 mS/cm. Pada ukuran partikel 250 mesh dengan dosis 1500 mg, biji asam jawa dan biji durian mampu menurunkan kadar nilai EC sebesar 0,16 mS/cm dan 0,20 mS/cm. Penurunan kadar EC terjadi karena interaksi antara polielektrolit yang bermuatan positif dengan ion dalam larutan yang bermuatan negatif, sehingga akan menyebabkan penurunan konduktivitas listrik dalam larutan (Hendrawati *et al.*, 2013).



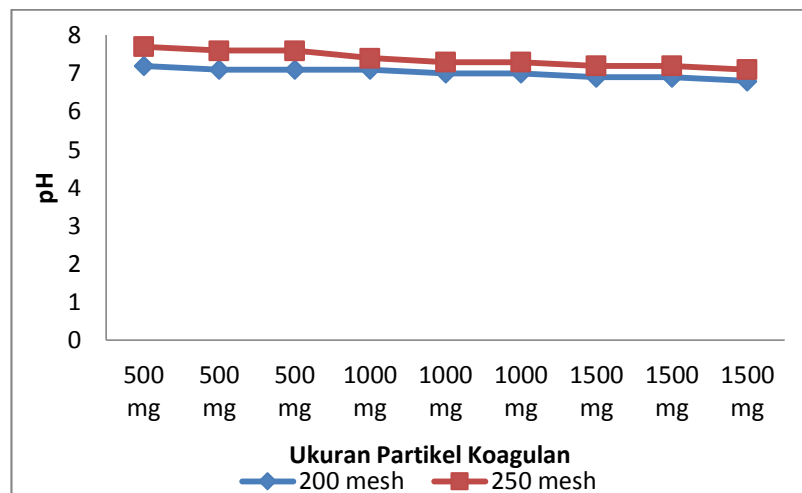
Gambar 16. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam pada penurunan EC



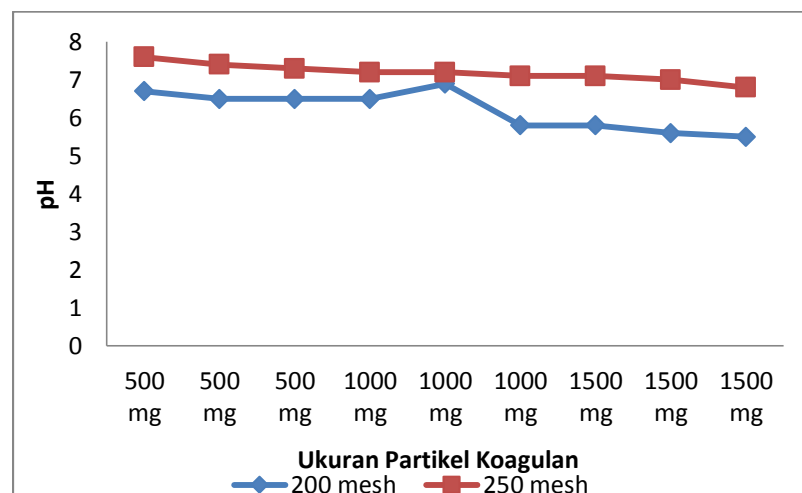
Gambar 17. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian pada penurunan EC

Setelah proses adsorpsi dengan dosis 1500 mg pada diameter ukuran partikel 200 mesh, koagulan biji asam jawa dan biji durian mampu menurunkan nilai EC sebesar 0,18 mS/cm dan 0,19 mS/cm. Sedangkan penurunan terbaik terjadi pada diameter ukuran partikel 250 mesh dengan dosis 1500 mg mengalami penurunan terbaik, biji asam jawa dan biji durian sebesar 0,14 mS/cm dan 0,19 mS/cm.

5.2.4 Penentuan pH optimum

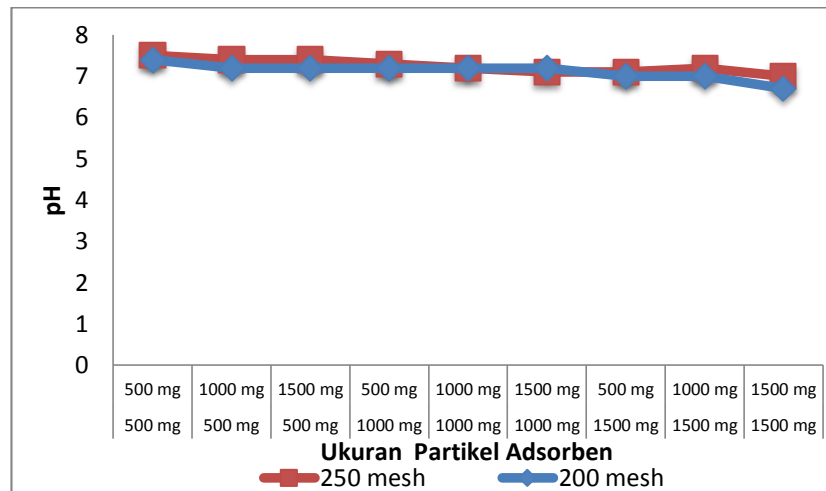


Gambar 18. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap penurunan pH

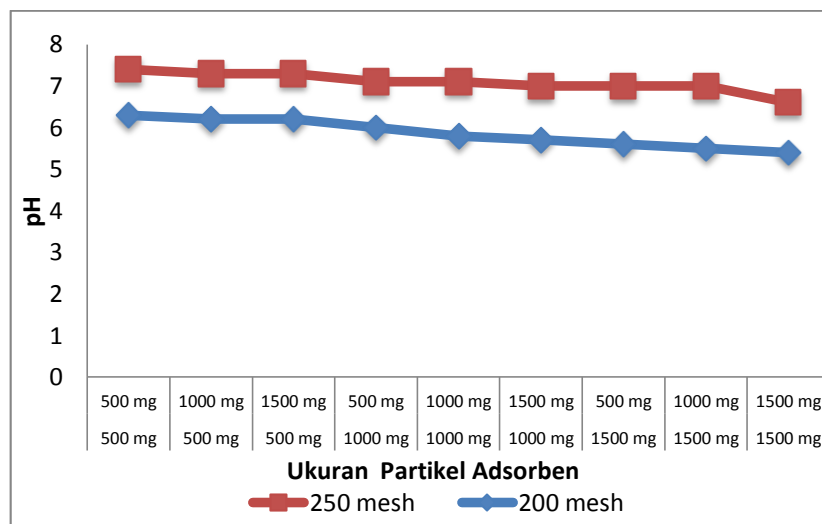


Gambar 19. Hasil biokoagulasi biji durian pada penurunan pH

Terjadi penurunan pH pada dosis 1500 mg dan ukuran partikel 200 mesh koagulan biji asam jawa dan biji durian secara berturut-turut mengalami penurunan pH sebesar 6,8 dan 5,5. Pada ukuran partikel 250 mesh dan dosis 1500 mg, koagulan biji asam jawa dan biji durian mengalami penurunan pH sebesar 7,1 dan 6,8.



Gambar 20. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji asam jawa pada penurunan pH



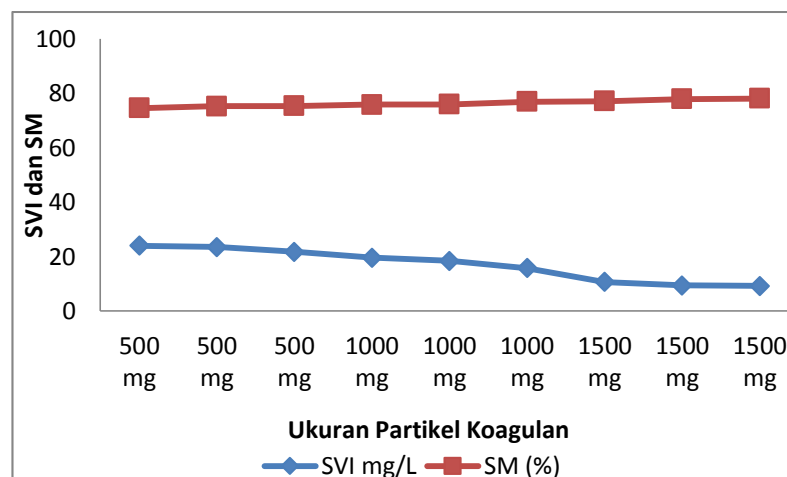
Gambar 21. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi biji durian pada penurunan pH

Setelah proses adsorpsi, pada dosis 1500 mg dengan ukuran partikel 200 mesh, koagulan biji asam jawa mengalami penurunan pH sebesar 6,7. Sedangkan untuk koagulan biji durian dengan dosis 1500 mg pada ukuran partikel koagulan 200 mesh terjadi penurunan pH menjadi 5,4. Penurunan pH terbaik terjadi pada proses koagulasi dan adsorpsi dengan biokoagulan biji asam jawa dengan ukuran partikel 250 mesh dan dosis koagulan 1500 mg sebesar 7. Sedangkan untuk koagulan biji durian penurunan pH menjadi 6,6. Berdasarkan hasil tersebut, nilai pH setelah proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi sudah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

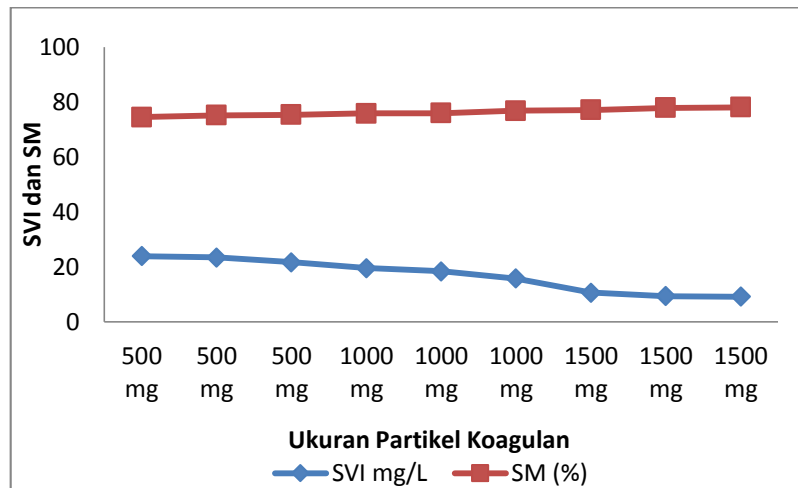
dan Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2006 tentang air limbah untuk parameter pH yang aman jika dibuang ke lingkungan yaitu 6,0-9,0.

Penurunan pH yang terjadi pada asam jawa yang menyebabkan larutan menjadi asam karena dosis koagulan yang digunakan. Semakin banyak koagulan biji asam jawa yang digunakan, maka nilai pH pada air limbah akan semakin rendah. Menurut Poerwanto dkk (2015) pH biji asam jawa adalah 2-4 yaitu bersifat asam sehingga dapat menurunkan nilai pH pada air limbah. Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Lafiyah dkk (2015) semakin tinggi dosis koagulan, maka nilai pH pada larutan akan semakin asam disebabkan karena adanya asam tartarat yang terdapat dalam biji asam jawa sehingga ion H^+ pada asam tartarat berikatan dengan ion negatif pada partikel koloid pada air limbah (Jannah, 2020).

5.2.5 Pengaruh biokoagulan terhadap nilai SVI dan SM

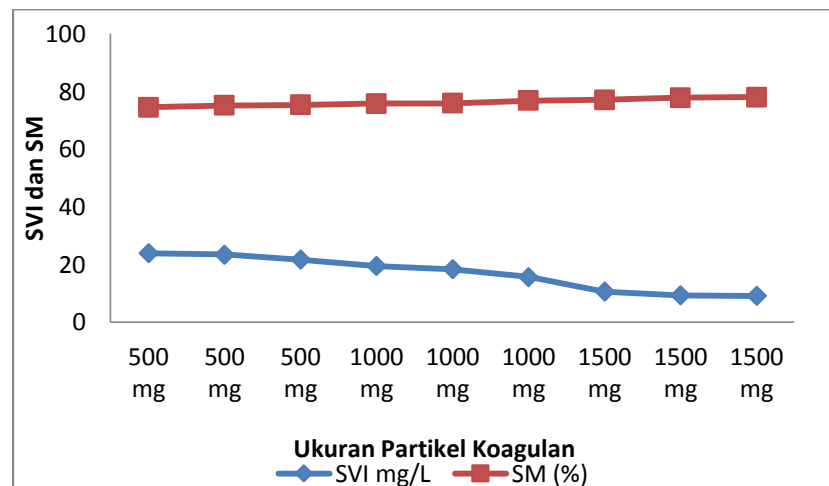


Gambar 22. Hasil biokoagulan biji asam jawa 200 mesh terhadap nilai SVI dan SM

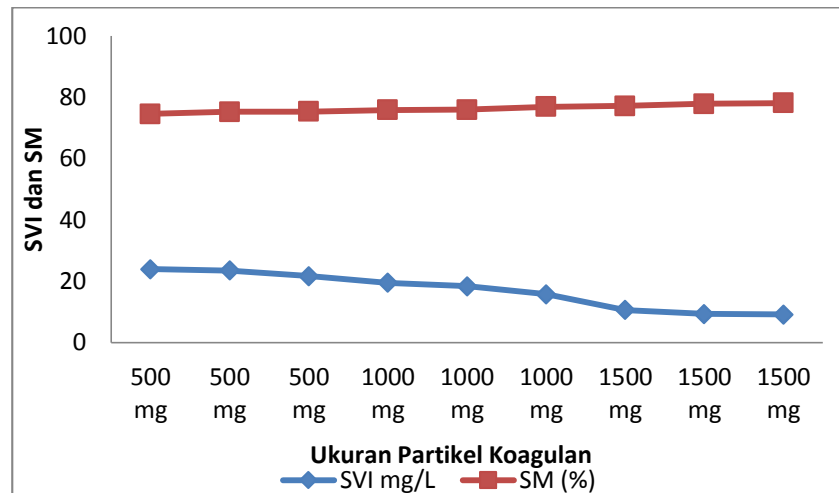


Gambar 23. Hasil biokoagulan biji durian 200 mesh terhadap nilai SVI dan SM

Didapatkan nilai SM dan SVI pada ukuran partikel 200 mesh dengan dosis 1500 mg, koagulan biji asam jawa mengalami penurunan sebesar 77,96% dan SVI sebesar 9,06 mL/g. Sedangkan pada koagulan biji durian dengan ukuran partikel 200 mesh dengan dosis 1500 mg, terjadi penurunan SM dan SVI secara berturut-turut sebesar 77,93% dan 10,06 mL/g.



Gambar 24. Hasil koagulasi biji asam jawa 250 mesh terhadap nilai SVI dan SM

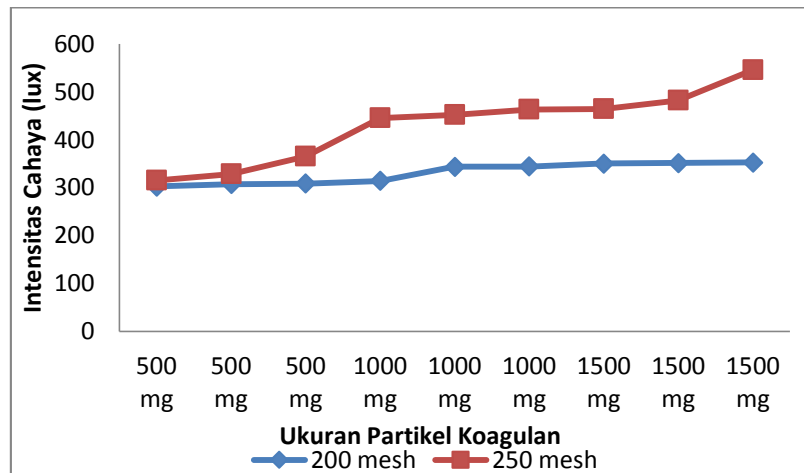


Gambar 25. Pengaruh biokoagulan biji durian 250 mesh pada nilai SVI dan SM

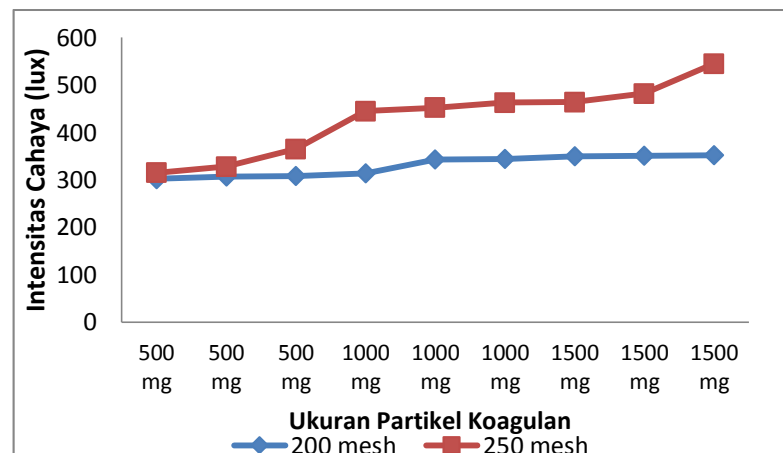
Pada dosis 1500 mg dengan ukuran partikel koagulan biji asam jawa 250 mesh terjadi penurunan SM dan SVI sebesar 78,72% dan 8,8 mL/g. Pada diameter koagulan biji durian 250 mesh dan dosis 1500 mg, nilai SM dan SVI sebesar 78,05% dan 9,12 mL/g. Berdasarkan data nilai SVI dan SM, maka dapat diketahui bahwa performa biokoagulan biji asam jawa lebih baik dibandingkan biji durian karena biji asam jawa memiliki kemampuan pengendapan yang baik, hal tersebut diketahui berdasarkan nilai SVI yang rendah. Semakin rendah nilai SVI maka pembentukan sludge akan semakin cepat dan baik, sehingga akan membuat flok yang terendapkan semakin banyak, maka nilai SM akan semakin tinggi.

5.2.6 Pengaruh biokoagulan terhadap efek tyndall (intensitas cahaya)

Pengukuran efek tyndall dengan *lux* meter dilakukan untuk mengukur besarnya intensitas cahaya yang melewati sampel. Intensitas cahaya dapat terjadi karena penghamburan cahaya yang disebabkan oleh partikel koloid yang terdapat di dalam suatu sampel (Syukri, 1999). Semakin banyak partikel koloid yang terkandung di dalam suatu sampel, maka nilai intensitas cahaya akan semakin menurun.

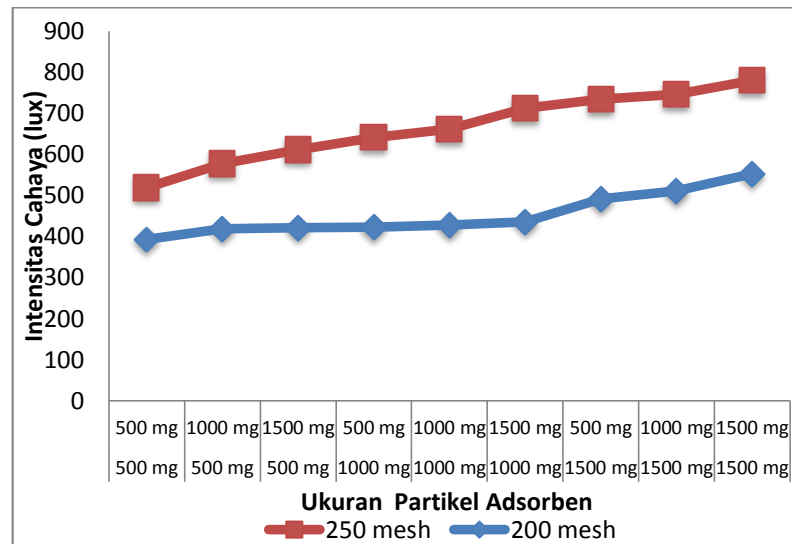


Gambar 26. Hasil biokoagulasi biji asam jawa terhadap nilai efek tyndall

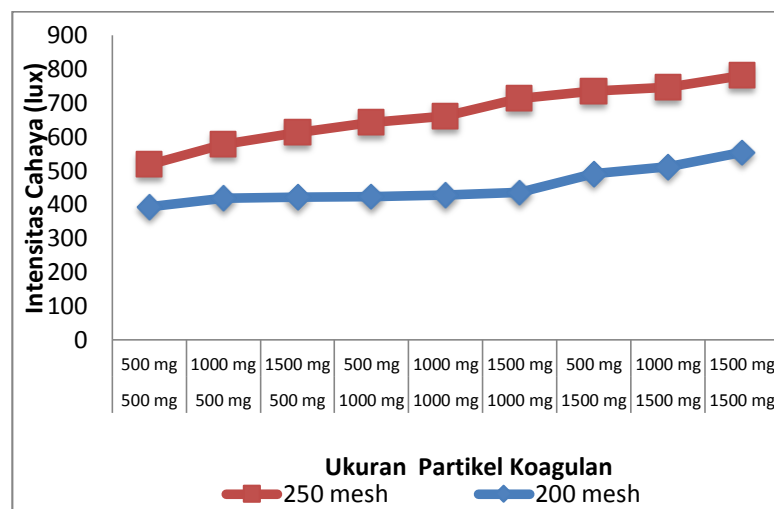


Gambar 27. Hasil biokoagulasi biji durian terhadap nilai efek tyndall

Pada proses koagulasi, biji asam jawa pada dosis optimum 1500 mg dengan ukuran partikel 200 mesh dan 250 mesh menunjukkan nilai intensitas cahaya sebesar 364 dan 554 *lux*. Sedangkan pada koagulan biji durian, nilai intensitas cahaya yang di peroleh pada dosis 1500 mg dengan ukuran partikel 200 mesh dan 250 mesh sebesar 352 dan 545 *lux*.



Gambar 28. Hasil koagulasi dan adsorpsi biji asam jawa terhadap nilai efek tyndall



Gambar 29. Hasil koagulasi dan adsorpsi biji durian terhadap nilai efek tyndall

Setelah mengalami proses adsorpsi, biokoagulan biji asam jawa memiliki nilai intensitas terbaik pada dosis 1500 mg dengan ukuran partikel 200 dan 250 mesh diperoleh sebesar 553 dan 780 *lux*. Sedangkan pada koagulan biji durian pada dosis 1500 mg dengan ukuran partikel 200 dan 250 mesh diperoleh nilai intensitas cahaya sebesar 357 dan 562 *lux*.

Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa biokoagulan biji asam jawa pada dosis optimum dengan ukuran partikel 250 mesh mendapatkan hasil nilai intensitas cahaya yang tinggi yaitu 780 *lux*. Hal tersebut terjadi karena dosis

optimum dan 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 dan nilai kekeruhan akan menurun sehingga membuat limbah lebih jernih. Semakin jernih limbah yang dihasilkan maka kandungan koloid dalam limbah akan semakin kecil.

5.2.7 Pengaruh biokoagulan terhadap nilai COD

Pengujian COD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksigen yang diperlukan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik yang terdapat di dalam air. Semakin tinggi nilai COD, maka tingkat pencemaran suatu perairan akan semakin tinggi (Manik, 2018). Tingginya nilai COD dipengaruhi oleh oksigen terlarut, zat organik, dan sumber pencemar lainnya (Boyd, 1990).

Tabel 6. Hasil proses koagulasi terhadap nilai COD

Nama biokoagulan	Konsentrasi COD mula-mula (mg/L)	Dosis (mg)	Ukuran partikel koagulan (mesh)	Konsentrasi akhir COD (mg/L)	Penurunan (%)	SD
Biji asam jawa	603,3	1500	200	308,776	48,81	7,39
Biji durian				502,24	16,75	14,78
Biji asam jawa			250	261,71	56,61	4,92
Biji durian				575,44	4,61	9,85

Berdasarkan tabel diatas, koagulan biji asam jawa dan biji durian mampu menurunkan kadar COD yang sebelum perlakuan sebesar 603,3 mg/L. Setelah biokoagulasi dapat diketahui bahwa biji asam jawa pada ukuran partikel 250 mesh dengan dosis optimum 1500 mg dapat menurunkan nilai COD menjadi 261,71 mg/L dengan persentase sebesar 56,61%. Kadar COD yang diperoleh melebihi ambang batas baku mutu Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 sebesar 250 mg/L dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 sebesar 150 mg/L kadar COD yang aman apabila dibuang ke lingkungan.

Tabel 7. Hasil proses adsorpsi biji asam jawa dan biji durian pada nilai COD

Nama biokoagulan	Konsentrasi COD mula-mula (mg/L)	Dosis (mg)	Ukuran partikel koagulan (mesh)	Konsentrasi akhir COD (mg/L)	Penurunan (%)	SD
Biji asam jawa	603,3	1500	200	174,57	71,06	4,92
Biji durian				704,42	-16,76	14,78
Biji asam jawa			250	186,77	69,04	2,46
Biji durian				479,58	20,5	12,32

Setelah mengalami proses adsorpsi, biji asam jawa dengan dosis 1500 mg dan ukuran partikel 200 mesh mampu menurunkan kadar COD menjadi 174,4 mg/L serta mengalami penurunan 71,06%. Hasil tersebut sesuai dengan baku buku Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang kadar COD yang berasal dari limbah industri batik yang aman jika dibuang kelingkungan sebesar 250 mg/L. Penurunan kadar COD dipengaruhi oleh dosis optimum yang dapat menurunkan kandungan total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi secara biologis menjadi CO₂ dan H₂O (Rusydi *et al.*, 2017). Penurunan COD juga dipengaruhi oleh pH. Pada pH yang tinggi jumlah ion H⁺ berlimpah, sehingga menyebabkan proses difusi bahan-bahan organik menjadi terhalangi. Sedangkan pada biji durian dengan ukuran partikel 200 mesh dan dosis koagulan 1500 mg, mengalami kenaikan kadar COD yaitu sebesar 704,4 mg/L. Hal tersebut dikarenakan efektifitas COD dengan menggunakan karbon aktif akan meningkat seiring dengan menurunnya pH. Hal ini disebabkan karena pada pH rendah, jumlah ion H⁺ akan lebih besar. Dimana ion H⁺ tersebut akan menetralkan permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif. Sehingga dapat mengurangi halangan untuk terjadinya difusi organik pada pH yang lebih tinggi. Pernyataan tersebut sudah sesuai dengan hasil pH yang dihasilkan pada adsorpsi biji durian dengan dosis 1500 mg dan ukuran partikel adsorben 200 mesh nilai pH 5,4.

5.2.8 Pengaruh biokoagulan terhadap penurunan logam Pb dan Cr

Logam berat Pb dan Cr merupakan karakteristik kimia dari limbah cair batik (Muljadi, 2013) yang merupakan salah satu pencemar berbahaya yang dapat terakumulasi di lingkungan membentuk senyawa kompleks dengan bahan organik dan anorganik di dalam ekosistem suatu perairan dan dapat berpotensi merusak sistem fisiologi dan biologi manusia jika melewati ambang batas jika logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup yang melalui saluran pernapasan, pencernaan, dan penetrasi melalui kulit (Anthony & Godfrey, 2014).

Tabel 8. Hasil biokoagulasi dalam penurunan kadar logam Pb

Nama biokoagulan	Konsentrasi logam Pb awal (mg/L)	Dosis (mg)	Ukuran partikel koagulan (mesh)	Konsentrasi akhir logam Pb (mg/L)	Penurunan (%)
Biji asam jawa	0,275	1500	200	0,232	15,63
Biji durian				0,262	4,72
Biji asam jawa	0,275	1500	250	<0,193	0
Biji durian				0,225	18,18

Tabel 9. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi dalam penurunan kadar logam Pb

Nama biokoagulan	Konsentrasi logam Pb awal (mg/L)	Dosis (mg)	Ukuran partikel koagulan dan adsorben (mesh)	Konsentrasi akhir logam Pb (mg/L)	Penurunan (%)
Biji asam jawa	0,275	1500	200	<0,193	0
Biji durian				<0,193	0
Biji asam jawa	0,275	1500	250	<0,193	0
Biji durian				<0,193	0

Konsentrasi awal logam berat Pb yang terkandung di dalam air limbah setelah diencerkan sebanyak 5x adalah 1,375 mg/L. Setelah mengalami proses koagulasi, biji asam jawa dan biji durian pada ukuran partikel 200 mesh dengan dosis koagulan 1500 mg mampu menurunkan kadar Pb menjadi 0,232 mg/L dan 0,262 mg/L dengan konsentrasi penurunan 15,63% dan 4,72%. Sedangkan pada

ukuran partikel 250 mesh dan dosis 1500 mg biji durian mampu menurunkan konsentrasi Pb menjadi 0,225 mg/L dengan penurunan persentase 18,18%.

Penurunan kadar logam karena penambahan koagulan akan membentuk flok dan menarik logam tersebut kedalam flok. Selain itu, protein kationik yang terkandung di dalam biji asam jawa dan biji durian dapat berikatan dengan muatan negatif dari senyawa yang mengikat ion-ion logam tersebut sehingga ion logam dapat terendapkan. Pada dosis koagulan biji asam jawa 1500 mg/L dengan ukuran partikel 250 mesh dan hasil Pb setelah adsorpsi sangat rendah atau kurang dari LOD (*Limit of Detection*) standar.

Tabel 10. Hasil biokoagulasi dalam penurunan kadar logam Cr

Nama biokoagulan	Konsentrasi logam Cr awal (mg/L)	Dosis (mg)	Ukuran partikel koagulan (mesh)	Konsentrasi akhir logam Cr (mg/L)	Penurunan (%)
Biji asam jawa	1,656	1500	200	<0,071	0
Biji durian				<0,071	0
Biji asam jawa	1,656	1500	250	<0,071	0
Biji durian				<0,071	0

Tabel 11. Hasil biokoagulasi dan adsorpsi dalam penurunan kadar logam Cr

Nama biokoagulan	Konsentrasi logam Cr awal (mg/L)	Dosis (mg)	Ukuran partikel koagulan dan adsorben (mesh)	Konsentrasi akhir logam PCr (mg/L)	Penurunan (%)
Biji asam jawa	1,656	1500	200	<0,071	0
Biji durian				<0,071	0
Biji asam jawa	1,656	1500	250	<0,071	0
Biji durian				<0,071	0

Bedasarkan tabel 9 dan 10 tidak terjadi perubahan dalam penurunan logam Cr. Hal tersebut terjadi karena limbah cair batik diencerkan sebanyak 5x sehingga konsentrasi logam Cr sangat rendah atau kurang dari LOD (*Limit of Detection*) standar dan logam Cr juga mudah mengalami oksidasi.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

1. Ukuran partikel dan dosis optimum dari koagulan sangat berpengaruh dalam proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan limbah cair batik. 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, EC (*Electrical Conductivity*) 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 (*Total Dissolved Solid*) 108,44 mg/L, EC (*Electrical Conductivity*) 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 sehingga dapat membuat hasil pengolahan limbah cair batik aman jika dibuang ke lingkungan.

2. Penggunaan karbon sebagai adsorben setelah proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan limbah cair batik pada dosis optimum 1500 mg dan ukuran partikel 250 mesh dapat menurunkan nilai parameter yang terdapat dalam limbah menjadi lebih baik dari biokoagulasi biji asam jawa.
3. Penggabungan proses pengolahan biokoagulasi-flokulasi dan adsorpsi pada limbah cair batik pada dosis optimum 1500 mg dan ukuran partikel 250 mesh dengan menggunakan biokoagulan biji asam jawa dapat menurunkan nilai kekeruhan menjadi 10,82 NTU (92,09%), Total

Dissolved Solids (TDS) 121 mg/L, Electrical Conductivity (EC) 0,14 mS/cm, pH 7, intensitas cahaya sebesar 780 lux, penurunan nilai COD 186,77 mg/L (69,06%). Penggabungan proses pengolahan biokoagulasi-flokulasi dan adsorpsi pada limbah cair batik pada dosis optimum 1500 mg dan ukuran partikel 250 mesh dengan menggunakan biokoagulan biji durian dapat menurunkan nilai kekeruhan menjadi 14,04 NTU (89,74%), *Total Dissolved Solids* (TDS) 117 mg/L, *Electrical Conductivity* (EC) 0,19 mS/cm, pH 6,6, intensitas cahaya sebesar 562 lux, penurunan nilai COD 479,58 mg/L (20,5%).

6.2 Saran

Perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut terhadap penurunan logam berat Pb dan Cr yang dihasilkan dari proses koagulasi-flokulasi dan adsorpsi, sehingga hasil pengolahan (limbah) dapat lebih aman jika dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K., & Guan, C. T. (2004). Treatment of Textile Wastewater by Advanced Oxidation Process. *Global Nest the Int. J*, 6, 222-230.
- Andre. (2015). Penggunaan Tepung Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) sebagai Biokoagulan untuk Meurunkan Kadar Fosfat dan COD pada Air Limbah Usaha Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(4), 1-5.
- 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.
- Arisna, R., & Rudiyanayah, T. A. (2016). Adsorpsi Besi Dan Bahan Organik Pada Air Gambut Oleh Karbon Aktif Kulit Durian. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3).
- Artikasari, A. (2005). *Kualitas Tahan Luntur Warna Batik Cap di Griya Batik Larrisa Pekalongan*. Semarang: Universitas Negri Semarang.
- Aslamiah, S. S. (2013). Aktivitas Koagulasi Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera* L.) dalam Larutan NaCl terhadap Limbah Cair IPAL PT. SierPier Pasuruan. *Skripsi*.
- Atkins, P. W. (1996). *Physical Chemistry (Kimia Fisik Jilid 2)*. (I. Kartohadiprodo, Penerj.) Jakarta: Erlangga.
- Atmono, Natalia, & Mukti, A. D. (2017). Pengaruh Arang Aktif dan Zeolit sebagai Media Adsorben dalam Penurunan Kadar Logam Krom pada Air Limbah Cair Penyablonan Pakaian. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, 1(1), 21-27.
- Beny, G. (2012). *Teknik Pewarnaan Batik*. Jakarta: Beny Grata.

- Boyd, C. (1990). *Water Quality Management in Alabama in Aquaculture Experiment Station Ponds for Aquaculture*. Alabama: Auburn University.
- Chambell, & Arezoo. (2002). The Potential Role of Aluminium in Alzheimer's Disease. *Neprhol Dial transplant*, 17 [Suppl 2], 17-20.
- Eckenfelde, W. (2000). *Industrial Water Pollution Control*. New York: McGraw-Hill Inc Edition 3.
- Enrico, B. (2008). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica*) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri tahu. *Tesis*.
- Fatimah, N. A., & Gunawan, R. (2018). Penurunan Intensitas Warna Remazol Red RB 133 dalam Limbah Batik dengan Elektrokoagulasi Menggunakan NaCl. *Jurnal Atomi*, 3(1), 39-46.
- Filho, H. J., & et al. (2012). State of the Art and Trends In Atomic Absorption Spectrometry. *INTECH*, 13-36.
- Fuadah, S. V., & Rahmayanti, M. (2019). Adsorpsi-Desorpsi Zat Warna Naftol Blue Back Menggunakan Adsorben Humin Hasil Isolasi Tanah Gambut Riau, Sumatera. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 4(2), 59-67.
- Gubernur DIY. (2016). *Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 7 Tahun 2016*. Yogyakarta: Pemerintah Daerah Provinsi DIY.
- Gusril, H. (2016). Studi kualitas air minum PDAM di Kota Duri Riau. *Jurnal Geografi*, 8(2), 190-196.
- Hambali, M., Wijaya, E., & Reski, A. (2017). Pembuatan Kitosan dan Pemanfaatannya sebagai Agen Koagulasi-Flokulasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 104-113.

- Hendrawati, Syamsumarsih, D., & Nurhasni. (2013). Penggunaan Biji Asam Jawa (*Tamarindus Indica*) dan Biji Kecipir (*Psophocarpus tetragonolus L.*) sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Tanah. *Jurnal Valensi*, 3(1), 22-23.
- Howe, K. J., Hand, W., David, Jhon, C., Rhodes, R., & George, T. (2012). *Principle of Water Treatment*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Imron, M. F., & Purwanti, I. F. (2016). Uji Kemampuan Bakteri *Azotobacter S8* dan *Bacillus Subtilis* untuk Menyisihkan Trivalent Chromium (Cr^{3+}) pada Limbah. *Jurnal Teknik ITS*, 5(1), F4-F10.
- Jannah, R. (2020). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica L.*) sebagai Koagulan untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Ikan. *Skripsi*.
- Kartika, D., Nurjazuli, N., & Budiyo, B. (2016). Kemampuan Serbuk Biji Asam Jawa Dalam Menurunkan TSS, Turbiditas, Dan Amoniak Pengolahan Limbah Cair PT. Utama Multiniaga Indonesia. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(4), 917-924.
- Kateren. (1987). *Pengantar Teknologi dan Lemak Pangan Edisi 1*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Kemen LH. (2014). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Khopkar. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik Edisi kedua*. Jakarta: UI Press.
- Kumar, V., Othman, N., & Asharuddin, S. (2017). Applications of Natural Coagulants to Treat Wastewater-a review. *MATEC Web of Conferences ISCEE*, (hal. 1-9).

- Lafiyah, I., Arifin, & Kadaria, U. (2015). *Pemanfaatan Biji Asam Jawa sebagai Koagulan untuk Menurunkan Kadar BOD dan TSS Limbah Cair Rumah Makan*. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- Latifah, W. N., & Rahmayanti, M. (2020). Desorption of Indigosol Blue from Humic Acid Coated Fe₃O₄ Particles. *Proceeding International Conference Science and Engineering*, 3, hal. 169-170.
- Madhavi. (2013). Utilision of Natural Coagulant for Reduction of Turbidity from Wastewater. *International Journal of ChemTech Research*, 5(3), 1119-1123.
- Mahida, U. N. (1984). *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Bandung: CV. Rajawali.
- Manik. (2008). *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Kencana.
- Martina, A., Effendy, D. S., & Soetedjo, J. N. (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), 98-103.
- Martina, A., Effendy, D. S., & Soetedjo, J. N. (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), 40-45.
- Masthura, M., & Putra, Z. (2018). Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau. *Elkawanie*, 1(4), pp. 45-54.
- Meraz, S. M., Vargas, J. T., Maldonado, & Mishra, A. K. (2016). Flocculation of Polymers and Nanomaterials for The Treatment of Industrial Wastewaters. *Journal Smart Material For Waste Water Application*, 213-236.

- Mudenur, C., & et al. (2016). Green Approach to Dye Wastewater Treatment Using Biocoagulants. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 04, 2495-2506.
- Muljadi. (2009). Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak dengan Metode Fisika-Kimia dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter Pencemar (BOD, COD, dan Logam Berat Krom (Cr) Studi Kasus di Desa Butulan Makam Haji Sukoharjo). *Ekuilibrum*, 8(1), 7-16.
- Muljadi, & Muniarti, T. (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. *Jurnal Ekuilibrum*, 12(1), 27-36.
- Murniati, T. (2015). Batik dengan Metode Elektrolisis Konsentrasi Logam Berat. *Jurnal Batik*, 2(1), 77-83.
- Niken, I. S. (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*.
- Osick, J. (1983). *Adsorption*. New York: Wiley-Interscience.
- Palar, H. (2008). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- 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.
- Polii, F. F. (2017). Pengaruh Suhu dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa Effects of Activation Temperature and Duration Time on the Quality of the Active Charcoal of Coconut Wood. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 2(12), pp. 21-28.

- Pramitasari, N., & Damayanti, A. (2017). Pemanfaatan Zeolit dan Silika sebagai Material Membran Filtrasi untuk Menurunkan Konsentrasi Warna Limbah Batik. *Jurnal Purifikasi*, 17(1).
- Purwaningsih, I. (2008). *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) dan Warna*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Rahmayanti, M., Yunita, M., & Putri, N. F. (2020). Study of Adsorption-Desorption on Batik Industrial Dyes (Naphthol Blue Black) on Magnetite Modified Humic Acid (HA-Fe₃O₄). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 23(7), 244-248.
- Risdianto, D. (2007). *Thesis Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Robinson, Odom, & Holtzclaw. (1997). *General Chemistry*. New York: Houghton Mifflin.
- Rochma, N., & Titah, H. S. (2017). Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara Batch. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F324-F329.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan air limbah tekstil melalui proses koagulasi–flokulasi dengan menggunakan lempung sebagai penyumbang partikel tersuspensi (Studi kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2).
- Said, N. I., & Utomo, K. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif yang Diisi dengan Media Bioball. *JAI*, 3(2), 160-174.

- Sapatarini, D. (2009). Pengolahan Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Koagulasi-Flokulasi dan Adsorpsi Sistem Batch. *Program Pascasarjana, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.*
- Sasongko, D. P., & Tresna, W. P. (2010). Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat pada Limbah Pewarna Batik dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (aan). *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH*, 27, 22-27.
- Sihombing. (2000). *Teknik Pengelolaan Limbah Kegiatan/Usaha Peternakan*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sirajuddin, S., & Harjanto, H. (2018). Pengaruh ukuran adsorben dan waktu adsorpsi terhadap penurunan kadar cod pada limbah cair tahu menggunakan arang aktif tempurung kelapa. *In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 3(1).
- Siregar, S. A. (2005). *Instalansi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sistanto, S., Sulistyowati, E., & Yuwana, Y. (2017). Pemanfaatan limbah biji durian (*Durio zibethinus Murr*) sebagai Bahan Penstabil es krim susu sapi perah. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 12(1), 9-23.
- Situmorang, M. (2007). *Kimia Lingkungan*. Medan: Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Medan.
- Smisek, M., & Cerny. (1970). *Activated Carbon: Manufacture, Properties and Application*. New York: Elsevier Publishing Company.
- Sudarwin, S. (2008). *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb dan Cd) pada Sedimen Aliran Sungai dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*. Semarang.
- Suharty, N. S. (1999). *Dasar-dasar Pengelolaan Limbah Industri*. Jakarta: UI-Press.

- Sukardjo. (1990). *Kimia Anorganik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Suryadiputra. (1995). *Pengantar Kuliah Pengolahan Limbah: Pengolahan Air Limbah dengan Metode Kimia (Koagulasi dan Flokulasi)*. Bogor: IPB Press.
- Suryanti, T., Ambarwati, D. A., Udyani, K., & Purwaningsih, D. Y. (2019). Penurunan Kadar TSS dan COD pada Limbah Cair Industri Batik dengan Metode Gabungan Koagulasi dan Adsorpsi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*, 113-118.
- Syukri. (1999). *Kimia Dasar Jilid 2*. Bandung: UI Press.
- Thermo, S. (2001). *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. Madison, USA: Thermo Nicolet Corporation .
- Weber-Scannell, P., & Duffy, I. (2007). Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species. *American Journal of Environmental Science*, 3, 1-6.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., & Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17-23.
- Winarno. (1992). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno, F. G. (2004). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Yin, C. Y. (2010). Emerging Usage of Plant-Based Coagulants for Water and Wastewater Treatment. *Process Biochemistry*, 45, 1437-1444.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap penurunan turbiditas.

$$\text{Penurunan kekeruhan} = \frac{\text{Kekeruhan awal} - \text{kekeruhan akhir}}{\text{kekeruhan awal}} \times 100\%$$

Nilai turbiditas limbah awal (5x pengenceran) = 137 NTU

a. Biji asam jawa

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
	1	2	3		
500	97,4	97,1	97	97,1667	29,07
500	96,8	95,7	94,3	95,6	30,21
500	95,1	95,6	95,3	95,3333	30,41
1000	92,4	91,3	92,7	92,1333	32,74
1000	91,9	91,6	91,3	91,6	33,13
1000	90,6	91,8	91,2	91,2	33,43
1500	82,7	81,6	82,9	82,4	39,85
1500	80,6	80,8	81,7	81,0333	40,85
1500	70,6	70,9	70,5	70,6667	48,41

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
		1	2	3		
500	500	23,3	23,2	23,1	23,2	83,06
500	1000	22,9	22,9	22,8	22,8667	83,3
500	1500	19,4	19,29	19,3	19,33	85,89
1000	500	19	19,4	19,2	19,2	85,98
1000	1000	18,85	18,82	18,9	18,8567	86,24
1000	1500	18,77	18,72	18,7	18,73	86,33
1500	500	13,28	13,69	13,6	13,5233	90,13
1500	1000	11,26	11,23	11,2	11,23	91,8
1500	1500	11,1	11,08	11,1	11,0933	91,9

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
	1	2	3		
500	84,3	85,2	85,1	84,8667	38,05
500	82,7	83,2	83,4	83,1	39,34
500	67,6	68,2	68,2	68	50,36
1000	61,4	61,6	61,5	61,5	55,1
1000	60,7	60,3	60,5	60,5	55,83
1000	50,3	50,5	50,1	50,3	63,28
1500	46,4	46,4	46,3	46,3667	66,15
1500	45,5	45,6	45,5	45,5333	66,76
1500	25,5	26,1	25,9	25,8333	81,14

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
		1	2	3		
500	500	18,7	19,16	19,02	18,96	86,16
500	1000	18,46	18,56	18,52	18,5133	86,48
500	1500	17,43	16,76	17,5	17,23	87,42
1000	500	17,16	17,09	17,05	17,1	87,51
1000	1000	10,01	19,85	19,89	16,5833	87,89
1000	1500	16	15,91	15,93	15,9467	88,36
1500	500	13,45	13,47	13,44	13,4533	90,18
1500	1000	11,76	11,96	11,8	11,84	91,35
1500	1500	10,88	10,77	10,82	10,8233	92,09

b. Biji durian

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
	1	2	3		
500	120	124	119	121	11,67
500	120	116	121	119	13,13
500	119	123	117	119,667	12,65
1000	122	117	116	118,333	13,62
1000	116	116	115	115,667	15,57
1000	117	119	108	114,667	16,3
1500	108	112	115	111,667	18,49
1500	107	107	106	106,667	22,14
1500	104	108	102	104,667	23,6

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
		1	2	3		
500	500	64,4	64,1	64,1	64,2	53,13
500	1000	45,3	44,7	44,9	44,9667	67,17
500	1500	40,6	40,4	40,5	40,5	70,43
1000	500	34,7	35,5	35	35,0667	74,4
1000	1000	32,9	33,2	33	33,0333	75,88
1000	1500	28,61	28,31	28,1	28,34	79,31
1500	500	27,16	27,4	27,4	27,32	80,06
1500	1000	22	21,9	22	21,9667	83,96
1500	1500	18,43	18,52	18,5	18,4833	86,5

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
	1	2	3		
500	129	126	121	125,333	8,51
500	123	127	121	123,667	9,73
500	121	126	119	122	10,94
1000	121,12	121	121	121,04	11,62
1000	119	124	118	120,333	12,16
1000	122	117	116	118,333	13,62
1500	107	107	107	107	21,89
1500	106	103	97	102	25,54
1500	98	97	101	98,6667	27,98

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Kekeruhan			rata-rata (NTU)	penurunan (%)
		1	2	3		
500	500	39,84	40,57	39,78	40,0633	70,75
500	1000	37,7	37,87	37,71	37,76	72,43
500	1500	36,74	36,73	36,52	36,6633	73,23
1000	500	32,51	32,34	32,23	32,36	76,37
1000	1000	31,4	31,35	31,4	31,3833	77,09
1000	1500	30,98	30,5	30,49	30,6567	77,62
1500	500	29,36	29,54	29,2	29,3667	78,56
1500	1000	14,78	14,66	14,61	14,6833	89,28
1500	1500	14,12	14,01	14,01	14,0467	89,74

Lampiran 2. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap penurunan TDS (*Total Dissolved Solid*).

Nilai TDS limbah awal (5x pengenceran)= 880 mg/L

a. Biji asam jawa

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
	1	2	3	
500	74	74	75	74,3333
500	78	79	78	78,3333
500	81	83	82	82
1000	89	90	91	90
1000	89	91	91	90,3333
1000	91	93	92	92
1500	92	91	93	92
1500	96	95	97	96
1500	98	98	98	98

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
		1	2	3	
500	500	87	88	89	88
500	1000	86	88	90	88
500	1500	91	91	92	91,3333
1000	500	96	99	99	98
1000	1000	97	98	99	98
1000	1500	98	98	98	98
1500	500	98	99	100	99
1500	1000	99	99	99	99
1500	1500	103	104	105	104

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
	1	2	3	
500	74	73	73	73,3333
500	84	83	83	83,3333
500	85	86	85	85,3333
1000	85	85	87	85,6667
1000	91	93	92	92
1000	96	99	99	98
1500	101	104	104	103
1500	102	105	104	103,667
1500	112	112	112	112

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
		1	2	3	
500	500	113	116	116	115
500	1000	106	107	109	107,333
500	1500	122	123	122	122,333
1000	500	110	109	111	110
1000	1000	112	112	114	112,667
1000	1500	115	117	116	116
1500	500	116	117	118	117
1500	1000	123	122	122	122,333
1500	1500	121	121	121	121

b. Biji durian

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
	1	2	3	
500	36	36	36	36
500	48	49	51	49,3333
500	57	59	58	58
1000	75	75	76	75,3333
1000	75	77	77	76,3333
1000	76	76	76	76
1500	76	78	78	77,3333
1500	86	88	90	88
1500	87	88	90	88,3333

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
		1	2	3	
500	500	70	70	70	70
500	1000	75	77	77	76,3333
500	1500	78	78	78	78
1000	500	78	78	79	78,3333
1000	1000	85	87	88	86,6667
1000	1500	86	86	87	86,3333
1500	500	98	99	98	98,3333
1500	1000	98	99	101	99,3333
1500	1500	99	102	103	101,333

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
	1	2	3	
500	43	42	42	42,3333
500	86	88	88	87,3333
500	88	88	89	88,3333
1000	95	99	98	97,3333
1000	98	99	98	98,3333
1000	98	98	98	98
1500	105	103	106	104,667
1500	109	109	110	109,333
1500	110	112	112	111,333

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	TDS			rata-rata (mg/L)
		1	2	3	
500	500	92	93	93	92,6667
500	1000	92	94	92	92,6667
500	1500	93	95	96	94,6667
1000	500	105	107	107	106,333
1000	1000	109	113	114	112
1000	1500	113	113	113	113
1500	500	115	115	116	115,333
1500	1000	116	118	117	117
1500	1500	119	117	117	117,667

Lampiran 3. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap nilai EC (*Electrical Conductivity*).

Nilai EC limbah awal (5x pengenceran)= 2,56 mS/cm

a. Biji asam jawa

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
	1	2	3	
500	0,27	0,23	0,26	0,25333
500	0,23	0,26	0,25	0,24667
500	0,23	0,25	0,26	0,24667
1000	0,25	0,24	0,23	0,24
1000	0,22	0,22	0,25	0,23
1000	0,26	0,21	0,22	0,23
1500	0,23	0,2	0,25	0,22667
1500	0,21	0,23	0,21	0,21667
1500	0,18	0,19	0,22	0,19667

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
		1	2	3	
500	500	0,23	0,21	0,26	0,23333
500	1000	0,24	0,21	0,22	0,22333
500	1500	0,27	0,24	0,21	0,24
1000	500	0,24	0,21	0,2	0,21667
1000	1000	0,19	0,23	0,2	0,20667
1000	1500	0,17	0,22	0,23	0,20667
1500	500	0,19	0,18	0,21	0,19333
1500	1000	0,16	0,19	0,21	0,18667
1500	1500	0,19	0,17	0,19	0,18333

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
	1	2	3	
500	0,3	0,28	0,26	0,28
500	0,29	0,25	0,27	0,27
500	0,25	0,26	0,28	0,26333
1000	0,22	0,26	0,29	0,25667
1000	0,21	0,26	0,25	0,24
1000	0,22	0,24	0,27	0,24333
1500	0,18	0,17	0,19	0,18
1500	0,12	0,18	0,21	0,17
1500	0,15	0,17	0,18	0,16667

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
		1	2	3	
500	500	0,24	0,25	0,26	0,25
500	1000	0,2	0,25	0,23	0,22667
500	1500	0,22	0,21	0,19	0,20667
1000	500	0,17	0,21	0,18	0,18667
1000	1000	0,19	0,16	0,18	0,17667
1000	1500	0,18	0,15	0,16	0,16333
1500	500	0,14	0,19	0,15	0,16
1500	1000	0,17	0,14	0,15	0,15333
1500	1500	0,12	0,15	0,17	0,14667

b. Biji durian

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
	1	2	3	
500	0,31	0,32	0,29	0,30667
500	0,31	0,29	0,27	0,29
500	0,24	0,27	0,29	0,26667
1000	0,27	0,25	0,27	0,26333
1000	0,23	0,27	0,25	0,25
1000	0,25	0,23	0,26	0,24667
1500	0,27	0,24	0,21	0,24
1500	0,23	0,21	0,26	0,23333
1500	0,23	0,21	0,21	0,21667

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
		1	2	3	
500	500	0,12	0,14	0,15	0,13667
500	1000	0,14	0,13	0,15	0,14
500	1500	0,12	0,17	0,16	0,15
1000	500	0,14	0,15	0,19	0,16
1000	1000	0,15	0,17	0,19	0,17
1000	1500	0,18	0,16	0,22	0,18667
1500	500	0,15	0,21	0,19	0,18333
1500	1000	0,17	0,16	0,21	0,18
1500	1500	0,15	0,19	0,23	0,19

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
	1	2	3	
500	0,34	0,32	0,31	0,32333
500	0,31	0,33	0,32	0,32
500	0,35	0,31	0,32	0,32667
1000	0,32	0,28	0,31	0,30333
1000	0,28	0,29	0,29	0,28667
1000	0,27	0,25	0,28	0,26667
1500	0,28	0,27	0,24	0,26333
1500	0,21	0,22	0,22	0,21667
1500	0,18	0,21	0,22	0,20333

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	EC			rata-rata (mS/cm)
		1	2	3	
500	500	0,26	0,28	0,27	0,27
500	1000	0,28	0,27	0,24	0,26333
500	1500	0,23	0,26	0,29	0,26
1000	500	0,21	0,23	0,26	0,23333
1000	1000	0,23	0,21	0,24	0,22667
1000	1500	0,21	0,22	0,23	0,22
1500	500	0,25	0,21	0,21	0,22333
1500	1000	0,17	0,19	0,22	0,19333
1500	1500	0,16	0,22	0,21	0,19667

Lampiran 4. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap nilai pH.

Nilai pH limbah awal (5x pengenceran)= 8,3

a. Biji asam jawa

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	pH			rata-rata
	1	2	3	
500	7,1	7,4	7,2	7,23333
500	7,1	7,1	7,1	7,1
500	6,9	7,1	7,3	7,1
1000	7	7,2	7,1	7,1
1000	6,8	7	7,3	7,03333
1000	6,9	7,1	7,1	7,03333
1500	6,3	6,8	7,6	6,9
1500	6,5	7,1	7,3	6,96667
1500	6,8	6,5	7,1	6,8

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	pH			rata-rata
		1	2	3	
500	500	7	7,8	7,6	7,46667
500	1000	6,5	7,3	7,8	7,2
500	1500	7,3	6,8	7,5	7,2
1000	500	7	7,4	7,3	7,23333
1000	1000	7,5	7,1	7,2	7,26667
1000	1500	7,3	7,3	7,1	7,23333
1500	500	7	7	7	7
1500	1000	7,3	6,8	7	7,03333
1500	1500	6,5	6,4	7,3	6,73333

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	pH			rata-rata
	1	2	3	
500	7,5	7,8	7,9	7,73333
500	7,8	7,6	7,5	7,63333
500	7,1	7,9	7,8	7,6
1000	7,6	7,2	7,5	7,43333
1000	7,5	7	7,6	7,36667
1000	7,3	7,2	7,4	7,3
1500	7,1	7,1	7,5	7,23333
1500	7	7,3	7,5	7,26667
1500	6,8	7,3	7,2	7,1

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	pH			rata-rata
		1	2	3	
500	500	7,6	7,4	7,7	7,56667
500	1000	7,3	7,5	7,4	7,4
500	1500	7,2	7,5	7,7	7,46667
1000	500	7,2	7,4	7,3	7,3
1000	1000	7	7,3	7,4	7,23333
1000	1500	7,1	7,3	6,9	7,1
1500	500	7,5	7,2	6,7	7,13333
1500	1000	7,5	7,2	7,1	7,26667
1500	1500	6,8	7,1	7,3	7,06667

b. Biji durian

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	pH			rata-rata
	1	2	3	
500	6,5	6,8	7	6,76667
500	6,3	6,7	6,6	6,53333
500	6,1	6,8	6,8	6,56667
1000	6,5	6,3	6,7	6,5
1000	5,7	6,1	5,9	5,9
1000	5,3	6	6,1	5,8
1500	6,2	5,7	5,5	5,8
1500	5,5	5,8	5,6	5,63333
1500	5,1	5,7	5,9	5,56667

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	pH			rata-rata
		1	2	3	
500	500	6,5	6,1	6,3	6,3
500	1000	5,8	6,2	6,6	6,2
500	1500	6	6,3	6,5	6,26667
1000	500	5,7	6,2	6,1	6
1000	1000	5,6	6,1	5,8	5,83333
1000	1500	5,4	5,8	5,9	5,7
1500	500	5,3	6	5,7	5,66667
1500	1000	5,5	5,3	5,7	5,5
1500	1500	5	5,7	5,7	5,46667

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	pH			rata-rata
	1	2	3	
500	7,8	7,4	7,6	7,6
500	7,9	7,3	7,1	7,43333
500	7,6	7,1	7,4	7,36667
1000	7,2	6,9	7,5	7,2
1000	7,5	7,3	7	7,26667
1000	7,2	7,1	7,2	7,16667
1500	7,4	7	7,1	7,16667
1500	6,8	7,2	7	7
1500	6,6	7,1	6,7	6,8

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	pH			rata-rata
		1	2	3	
500	500	7,6	7,2	7,5	7,43333
500	1000	7,5	7,3	7,1	7,3
500	1500	7	7,6	7,3	7,3
1000	500	7,4	7	7,1	7,16667
1000	1000	7,3	7,2	6,8	7,1
1000	1500	7,2	6,7	7,3	7,06667
1500	500	7,1	7,3	6,8	7,06667
1500	1000	7,3	6,7	7,1	7,03333
1500	1500	6,5	6,6	6,7	6,6

Lampiran 5. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap intensitas cahaya.

a. Biji asam jawa

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
	1	2	3	
500	324	319	323	322
500	329	327	324	326,667
500	342	355	348	348,333
1000	364	350	336	350
1000	352	348	345	348,333
1000	361	358	355	358
1500	367	357	359	361
1500	368	361	358	362,333
1500	363	366	365	364,667

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
		1	2	3	
500	500	417	411	352	393,333
500	1000	416	420	419	418,333
500	1500	420	426	418	421,333
1000	500	426	426	416	422,667
1000	1000	429	429	428	428,667
1000	1500	435	432	438	435
1500	500	483	509	481	491
1500	1000	518	509	507	511,333
1500	1500	585	542	533	553,333

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
	1	2	3	
500	406	410	415	410,333
500	425	424	435	428
500	485	423	422	443,333
1000	465	440	468	457,667
1000	471	425	495	463,667
1000	462	464	467	464,333
1500	406	498	493	465,667
1500	494	490	489	491
1500	574	542	546	554

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
		1	2	3	
500	500	517	518	520	518,333
500	1000	579	576	576	577
500	1500	612	611	611	611,333
1000	500	645	642	637	641,333
1000	1000	661	663	661	661,667
1000	1500	711	713	712	712
1500	500	733	731	738	734
1500	1000	747	745	748	746,667
1500	1500	776	781	784	780,333

b. Biji durian

➤ 200 mesh

dosis koagulan (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
	1	2	3	
500	302	298	306	302
500	315	306	302	307,667
500	310	309	306	308,333
1000	317	308	319	314,667
1000	312	347	371	343,333
1000	352	341	340	344,333
1500	353	350	348	350,333
1500	320	347	386	351
1500	368	357	331	352

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
		1	2	3	
500	500	309	313	310	310,667
500	1000	316	322	306	314,667
500	1500	316	320	319	318,333
1000	500	321	316	370	335,667
1000	1000	352	326	337	338,333
1000	1500	344	346	348	346
1500	500	361	346	352	353
1500	1000	361	354	350	355
1500	1500	367	354	351	357,333

➤ 250 mesh

dosis koagulan (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
	1	2	3	
500	318	313	314	315
500	322	327	336	328,333
500	367	365	365	365,667
1000	440	449	447	445,333
1000	453	455	450	452,667
1000	463	462	465	463,333
1500	462	469	464	465
1500	480	482	484	482
1500	548	543	546	545,667

dosis koagulan (mg)	dosis adsorben (mg)	Intensitas Cahaya			rata-rata (Lux)
		1	2	3	
500	500	427	431	429	429
500	1000	439	437	438	438
500	1500	436	441	445	440,667
1000	500	442	449	447	446
1000	1000	454	448	452	451,333
1000	1500	462	456	453	457
1500	500	464	454	457	458,333
1500	1000	462	461	465	462,667
1500	1500	560	562	564	562

Lampiran 6. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap penurunan nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*).

Nilai COD limbah awal (5x pengenceran)= 603,3 mg/L

$$\text{Penurunan konsentrasi} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

a. Koagulasi

Nama biokoagulan	Konsentrasi COD mula-mula (mg/L)	Dosis biokoagulan (mg)	Ukuran partikel koagulan (mesh)	Absorbansi		Konsentrasi akhir COD mg/L		Rata-rata (mg/L)	Penurunan (%)
				1	2	1	2		
Biji asam jawa	603,3	1500	200	0,096	0,093	314,005	303,547	308,776	48,81883
Biji durian				0,147	0,153	491,784	512,7	502,242	16,75087
Biji asam jawa			250	0,146	0,141	265,203	258,231	261,717	56,61909
Biji durian				0,173	0,169	582,417	568,474	575,446	4,617023

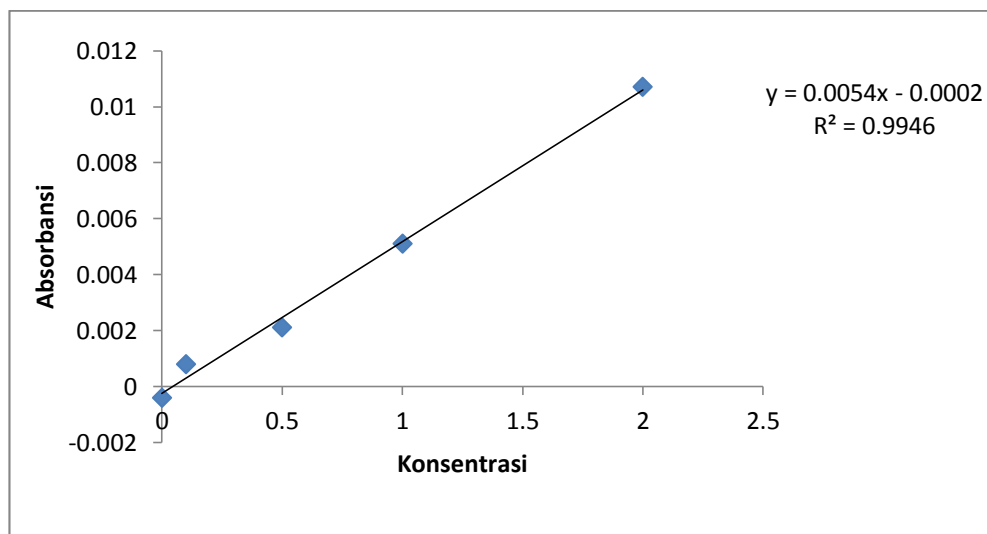
b. Adsorpsi

Nama biokoagulan	Konsentrasi COD mula-mula (mg/L)	Dosis biokoagulan dan adsorben (mg)	Ukuran partikel koagulan dan adsorben (mesh)	Absorbansi		Konsentrasi akhir COD mg/L		Rata-rata (mg/L)	Penurunan (%)
				1	2	1	2		
Biji asam jawa	603,3	1500	200	0,055	0,057	171,084	178,056	174,57	71,0641
Biji durian				0,205	0,211	693,965	714,88	704,423	-16,762
Biji asam jawa			250	0,059	0,06	185,028	188,514	186,771	69,0418
Biji durian				0,146	0,141	488,299	470,869	479,584	20,5065

Lampiran 7. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap penurunan logam berat Pb dan Cr.

a. Logam berat Pb

Konsentrasi	Absorbansi
0	-0,0004
0,1	0,0008
0,5	0,0021
1	0,0051
2	0,0107
0	0



$$\text{Penurunan konsentrasi} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Konsentrasi Pb limbah awal AAS= 0,275 mg/L

Konsentrasi Pb awal sebenarnya= 1,375 mg/L

Faktor pengenceran= 5 kali

a) Koagulasi

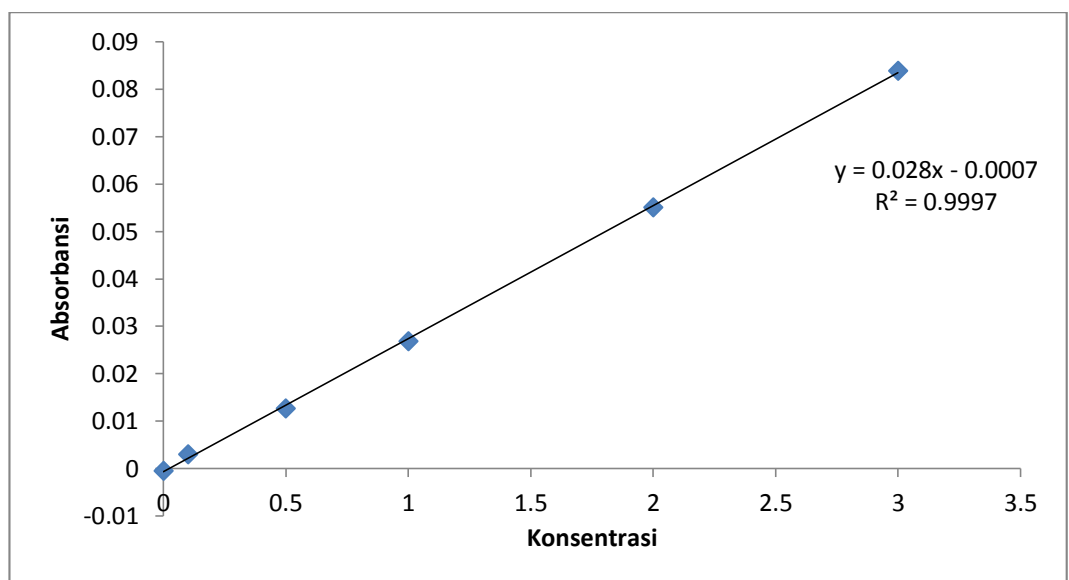
Nama biokoagulan	Konsentrasi awal logam Pb (mg/L)	Dosis biokoagulan (mg)	Ukuran partikel koagulan (mesh)	Absorbansi	Konsentrasi akhir logam Pb mg/L	Penurunan (%)
Biji asam jawa	0,275	1500	200	0,001	0,232	15,6363636
Biji durian				0,0012	0,262	4,72727273
Biji asam jawa			250	0,0006	<0,193	0
Biji durian				0,001	0,225	18,1818182

b) Adsorpsi

Nama biokoagulan	Konsentrasi awal logam Pb (mg/L)	Dosis biokoagulan dan adsorben (mg)	Ukuran partikel koagulan dan adsorben (mesh)	Absorbansi	Konsentrasi akhir logam Pb mg/L	Penurunan (%)
Biji asam jawa	0,275	1500	200	0,0008	<0,193	0
Biji durian				0,0004	<0,193	0
Biji asam jawa			250	0,0004	<0,193	0
Biji durian				0,0002	<0,193	0

b. Logam Cr

Konsentrasi	Absorbansi
0	-0,0005
0,1	0,003
0,5	0,0127
1	0,0268
2	0,0551
3	0,0839



$$\text{Penurunan konsentrasi} = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Konsentrasi Cr limbah awal AAS= 1,656 mg/L

Konsentrasi Cr awal sebenarnya= 8,28 mg/L

Faktor pengenceran= 5 kali

a) Koagulasi

Nama biokoagulan	Konsentrasi awal logam Cr (mg/L)	Dosis biokoagulan (mg)	Ukuran partikel koagulan (mesh)	Absorbansi	Konsentrasi akhir logam Cr mg/L	Penurunan (%)
Biji asam jawa	1,656	1500	200	0	<0,071	0
Biji durian				0	<0,071	0
Biji asam jawa			250	0	<0,071	0
Biji durian				0	<0,071	0

b) Adsorpsi

Nama biokoagulan	Konsentrasi awal logam Cr (mg/L)	Dosis biokoagulan dan adsorben (mg)	Ukuran partikel koagulan dan adsorben (mesh)	Absorbansi	Konsentrasi akhir logam Cr mg/L	Penurunan (%)
Biji asam jawa	1,656	1500	200	0	<0.071	0
Biji durian				0	<0,071	0
Biji asam jawa			250	0	<0,071	0
Biji durian				0	<0,071	0

Lampiran 8. Pengaruh ukuran partikel dan dosis biokoagulan dan adsorben terhadap SVI (*Sludge Volume Index*) dan SM (*Sludge Mass*).

$$SVI = \frac{SV \left(\frac{mL}{L} \right) \times 1000 \left(\frac{mg}{g} \right)}{MLSS \left(\frac{mg}{L} \right)}$$

Keterangan:

SV = volume *sludge* di dalam corong imhoff (mL/L)

MLSS = *Mixed Liquor Suspended Solid* (mg/L)

$$\text{Sludge Mass (\%)} = \frac{SM_o - SM_t}{SM_o} \times 100$$

Keterangan:

SM_o = berat *sludge* basah (gram)

SM_t = berta *sludge* kering (gram)

a. Biji asam jawa

➤ 200 mesh

Ukuran partikel koagulan (mesh)	Dosis biokoagulan (mg)	SM	SM	SVI (mL/g)	Sludge Mass (%)
200	500	3471	871	24,74	74,906367
	500	3751	993	24,34	73,527059
	500	4091	1013	20,55	75,238328
	1000	5798	1396	18,4	75,922732
	1000	6456	1501	17,76	76,75031
	1000	7938	1825	16,37	77,009322
	1500	8491	1921	11,69	77,376045
	1500	6340	1417	10	77,649842
	1500	8986	1980	9,06	77,965724

➤ 250 mesh

Ukuran partikel koagulan (mesh)	Dosis biokoagulan (mg)	SM	SM	SVI (mL/g)	Sludge Mass (%)
250	500	7302	1895	22,75	74,048206
	500	3321	854	21,97	74,284854
	500	5402	1356	17,38	74,898186
	1000	8041	1921	15,81	76,109937
	1000	3889	911	15,77	76,574955
	1000	6021	1410	14,74	76,581963
	1500	5971	1391	10,14	76,70407
	1500	8956	1996	8,8	77,713265
	1500	4362	928	8,39	78,725355

b. Biji durian

➤ 200 mesh

Ukuran partikel koagulan (mesh)	Dosis biokoagulan (mg)	SM	SM	SVI (mL/g)	Sludge Mass (%)
200	500	3292	928	28,57	71,81045
	500	3697	957	27,03	74,114147
	500	5401	1324	25,21	75,486021
	1000	6119	1487	23,36	75,698644
	1000	5823	1405	23,25	75,871544
	1000	8123	1902	21,54	76,585006
	1500	7754	1811	12,19	76,644313
	1500	4254	986	11,88	76,821815
	1500	8956	1976	10,06	77,936579

➤ 250 mesh

Ukuran partikel koagulan (mesh)	Dosis biokoagulan (mg)	SM	SM	SVI (mL/g)	Sludge Mass (%)
250	500	5182	1320	23,92	74,52721
	500	3305	820	23,42	75,189107
	500	3298	813	21,64	75,348696
	1000	5673	1372	19,48	75,815265
	1000	7526	1813	18,33	75,910178
	1000	8193	1897	15,69	76,846088
	1500	3936	901	10,57	77,10874
	1500	6328	1401	9,25	77,860303
	1500	8764	1923	9,12	78,057964