

**PENGOLAHAN AIR GAMBUT MENGGUNAKAN PROSES  
ELEKTROFLOTASI-BIOKOAGULASI DENGAN KACANG  
HIJAU (*Vigna radiata*) DAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) SEBAGAI  
KOAGULAN ALAMI**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mencapai  
gelar Sarjana Sains (S.Si) pada Program Studi Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia**



diajukan oleh:

**NUKE SULIS TYAGUSTIN**

**No. Mahasiswa: 16612025**

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

**YOGYAKARTA**

**2021**

**PENGOLAHAN AIR GAMBUT MENGGUNAKAN PROSES  
ELEKTROFLOTASI-BIOKOAGULASI DENGAN KACANG  
HIJAU (*Vigna radiata*) DAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) SEBAGAI  
KOAGULAN ALAMI  
SKRIPSI**

Oleh :

**NUKE SULIS TYAGUSTIN  
No. Mahasiswa: 16612025**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi  
Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia  
Tanggal: 21 Januari 2021

Dewan Penguji

1. Rudy Syahputra, S.Si., M.Si., Ph.D.
2. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.
3. Febi Indah Fajarwati, M.Sc.

Tanda Tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Islam Indonesia



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

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nuke Sulis Tyagustin

NIM : 16612025

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan Ini Menyatakan Bahwa Skripsi Saya Dengan Judul Pengolahan Air Gambut Menggunakan Proses Elektroflotasi-Biokoagulasi dengan Kacang hijau (*Vigna radiata*) dan Lidah Buaya (*Aloe vera*) sebagai Koagulan Alami bersifat asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan didalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan didalam skripsi ini.

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

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 24 Januari 2021

Yang Menyatakan,



Nuke Sulis Tyagustin

NIM. 16612025

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum warrahamtullaah wabarakatuh

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadiran Allah yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul “PENGOLAHAN AIR GAMBUT MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROFLOTASI-BIOKOAGULASI DENGAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata*) DAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI” ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang dinantikan syafa’atnya di yaumul akhir nanti.

Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa material maupun non material, pada kesempatan ini penulis ucapkan beribu terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Prof. Dr. Is Fatimah, S.Si, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Dwiwarso Rubiyanto, S.Si., M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Rudy Syahputra, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dosen pembimbing Skripsi yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama melakukan perencanaan penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Bapak Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. dan Ibu Febi Indah Fajarwati, M.Sc. selaku dewan penguji pada sidang skripsi saya.

7. Kedua Orang Tua saya yang tanpa henti senantiasa mendoakan dan memberikan semangat baik moril maupun materil. Semoga Allah senantiasa menjaga Kedua Orang Tua saya dalam lindungan dan Keberkahan Nya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna, baik dari segi penyusunan maupun penyajian yang disebabkan keterbatasan pengalaman dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna peningkatan kualitas penulis yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat terkhusus bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 24 Januari 2021



Nuke Sulis Tyagustin

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
INTISARI.....	x
ABSTRACT .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Perumusan masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pengolahan Air Gambut menjadi Air Bersih .....	5
2.2 Aplikasi Biokoagulan dalam Pengadaan Air Bersih .....	6
2.3 Aplikasi Elektroflotasi dalam Pengadaan Air Bersih .....	8
BAB III DASAR TEORI .....	10
3.1 Proses Koagulasi .....	10
3.2 Biokoagulan .....	11
3.3 Karakterisasi Kacang Hijau ( <i>Vigna radiata</i> ) dan Lidah buaya ( <i>Aloe vera</i> ).....	12
3.4 Elektroflotasi.....	13
3.5 Air Gambut .....	15
3.6 Spektroskopi Serapan Atom (SSA) .....	17
3.7 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	18
BAB IV METODE PENELITIAN .....	21
4.1 Alat dan Bahan.....	21
4.1.1 Alat .....	21
4.1.2 Bahan .....	21
4.2 Cara Kerja .....	22
4.2.1 Preparasi sampel air gambut.....	22
4.2.2 Evaluasi proses elektroflotasi .....	22
4.2.2.1 Optimasi tegangan elektroflotasi .....	22
4.2.2.2 Validasi pengukuran gelembung dengan aplikasi ImageJ.....	23

4.2.2.3	Elektroflotasi air gambut dengan tegangan optimum.....	27
4.2.2.4	Penentuan efek Tyndall larutan .....	27
4.2.3	Evaluasi proses biokoagulasi.....	28
4.2.3.1	Preparasi biokoagulan .....	28
4.2.3.2	Karakterisasi biokoagulan meliputi analisis proksimat dan FTIR .....	28
4.2.3.3	Proses optimasi biokoagulasi.....	28
4.2.4	Peningkatan kinerja elektroflotasi dengan biokoagulan.....	30
4.2.4.1	Penggabungan metode elektroflotasi-biokoagulasi.....	30
4.2.4.2	Efektifitas kinerja elektroflotasi dengan biokoagulasi .....	31
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>32</b>
5.1	Karakterisasi biokoagulan dengan FTIR dan analisis proksimat .....	32
5.2	Optimasi tegangan dan distribusi ukuran gelembung elektroflotasi.....	34
5.3	Proses elektroflotasi air gambut dengan tegangan optimum.....	35
5.4	Proses Biokoagulasi.....	36
5.4.1	Proses optimasi koagulasi .....	36
5.4.2	Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai turbiditas.....	37
5.4.3	Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai TDS .....	37
5.4.4	Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai pH .....	38
5.4.5	Pengaruh dosis koagulan terhadap <i>sludge mass</i> dan SVI.....	39
5.4.6	Pengaruh dosis koagulan terhadap efek Tyndall .....	40
5.5	Peningkatan kinerja elektroflotasi dengan biokoagulan .....	41
5.5.1	Penggabungan metode elektroflotasi-biokoagulasi .....	41
5.5.2	Pengaruh terhadap turbiditas dan efek Tyndall .....	42
5.5.3	Pengaruh terhadap TDS dan <i>sludge mass</i> .....	43
5.5.4	Pengaruh terhadap SVI dan <i>sludge mass</i> .....	44
5.5.5	Pengaruh terhadap nilai pH akhir air gambut .....	45
5.5.6	Pengaruh terhadap kadar Fe .....	46
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>48</b>
6.1	Kesimpulan .....	48
6.2	Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>50</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme pembentukan flok dalam proses koagulasi-flokulasi .....	10
Gambar 2. Mekanisme interaksi antara protein dengan permukaan koloid.....	12
Gambar 3. Mekanisme yang terjadi dalam reaktor pada proses elektroflotasi .....	13
Gambar 4. Struktur asam humat .....	16
Gambar 5. Skema alat instrumen SSA.....	18
Gambar 6. Skema kerja instrumen FTIR.....	20
Gambar 7. Proses pengambilan gambar terhadap reaktor elektroflotasi .....	23
Gambar 8. Proses pemilihan gambar yang akan dianalisis.....	24
Gambar 9. Proses memperjelas visualisasi gambar.....	25
Gambar 10. Proses memberikan tanda pada daerah yang akan dianalisis .....	26
Gambar 11. Hasil analisis menggunakan aplikasi ImageJ.....	26
Gambar 12. Skema pengukuran hamburan cahaya oleh larutan koloid akibat efek Tyndall..	27
Gambar 13. Spektra infra merah kacang hijau (a) dan lidah buaya (b).....	33
Gambar 14. Pengaruh dosis koagulan dengan penurunan turbiditas (%).....	37
Gambar 15. Pengaruh dosis koagulan dengan penurunan TDS (%) .....	38
Gambar 16. Pengaruh dosis koagulan dengan tingkat derajat keasaman .....	39
Gambar 17. Pengaruh dosis koagulan terhadap SVI dan <i>sludge mass</i> .....	39
Gambar 18. Pengaruh dosis koagulan terhadap intensitas cahaya .....	41
Gambar 19. Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) selama 30 menit terhadap nilai turbiditas dan intensitas cahaya .....	43
Gambar 20. Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) selama 30 menit terhadap nilai TDS dan <i>sludge mass</i> .....	44
Gambar 21. Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) selama 30 menit terhadap SVI dan <i>sludge mass</i> .....	45
Gambar 22. Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) terhadap nilai pH .....	46



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakterisasi kacang hijau ( <i>Vigna radiata</i> ) dan lidah buaya ( <i>Aloe vera</i> ).....	13
Tabel 2. Perbandingan karakteristik air bersih dan air gambut.....	16
Tabel 3. Daerah frekuensi tiap ikatan senyawa pada FTIR .....	19
Tabel 4. Hasil analisis uji protein terhadap biokoagulan dengan metode Kjeldahl .....	32
Tabel 5. Hasil optimasi tegangan pada proses elektroflotasi.....	34
Tabel 6. Perbandingan hasil analisis sampel air gambut .....	36
Tabel 7. Pengaruh proses elektroflotasi-biokoagulasi terhadap kadar Fe .....	47



# **PENGOLAHAN AIR GAMBUT MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROFLOTASI-BIOKOAGULASI DENGAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata*) DAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) SEBAGAI KOAGULAN ALAMI**

## **INTISARI**

Nuke Sulis Tyagustin  
NIM 16612025

Telah dilakukan pengolahan air gambut dengan proses elektroflotasi-biokoagulasi menggunakan biokoagulan kacang hijau (*Vigna radiata*) dan lidah buaya (*Aloe vera*). Optimasi tegangan elektroflotasi dilakukan dengan 10, 20 dan 30 V menggunakan elektroda grafit dan *stainless steel* yang ditentukan dengan perhitungan populasi gelembung gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> serta verifikasi hasil menggunakan *software imageJ*. Karakterisasi biokoagulan dilakukan dengan analisis proksimat dan FTIR. Evaluasi kinerja biokoagulan dilakukan dengan angka SVI dan *sludge mass* dosis 1, 1,5 dan 2 g dengan pembandingan koagulan PAC. Parameter biokoagulasi meliputi kekeruhan, TDS, pH, intensitas cahaya dan kadar logam Fe. Kondisi awal air gambut dengan parameter tersebut berturut-turut adalah 112,7 NTU, 189,7 mg/L, 3,5, 152 Lux dan 2,40 mg/L Fe. Hasil penelitian menunjukkan terdapat protein pada biokoagulan kacang hijau sebesar 18,90% dan lidah buaya sebesar 1,66%. Kemampuan biokoagulasi optimal terdapat pada biokoagulan kacang hijau dosis 1,5 g dan lidah buaya 2 g dengan angka SVI 3,18 mL/g dan 3,86 mL/g, *sludge mass* 74,08% dan 52,78% mendekati angka SVI dan *sludge mass* 2 g PAC yaitu 4,43 mL/g dan 72,81%. Penurunan parameter biokoagulasi meliputi kekeruhan, TDS, pH, intensitas cahaya dan kadar logam Fe menggunakan kacang hijau 1,5 g adalah berturut-turut sebesar 87,93%, 60,4%, 6,7, 323 Lux, 81,25% sedangkan biokoagulasi dengan lidah buaya 2 g adalah berturut-turut sebesar 89,96%, 75,54%, 7,1, 305 Lux dan 92,08%. Proses elektroflotasi dengan tegangan optimum 20 V memberikan penurunan parameter biokoagulasi berturut-turut sebesar 87,40%, 70,40%, 5, 361 Lux dan 61,25%. Sedangkan penambahan biokoagulan pada proses elektroflotasi menurunkan parameter biokoagulasi berturut-turut sebesar 87,48%, 76,52%, 6,9, 323 Lux, 73,33% dengan kacang hijau 1,5 g dan 75,49%, 70,67%, 6,8, 311 Lux, 64,58% dengan lidah buaya 2 g. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi efektif dalam pengolahan air gambut.

**Kata kunci:** Air gambut, Elektroflotasi-biokoagulasi, Kacang hijau (*Vigna radiata*), Lidah buaya (*Aloe vera*).

# PEAT WATER TREATMENT USING ELECTROFLOTATION-BIOCOAGULATION PROCESS WITH MUNG BEAN (*Vigna radiata*) AND ALOE VERA (*Aloe vera*) AS NATURAL COAGULANT

## ABSTRACT

Nuke Sulis Tyagustin  
NIM 16612025

Peat water treatment has been carried out by an electroflotation-biocoagulation process using mung bean (*Vigna radiata*) and aloe vera (*Aloe vera*) as biocoagulants. Voltage optimization of the electroflotation was carried out by 10, 20 and 30 V using graphite and stainless steel electrode which were determined by calculating of H<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> gas bubbles population and the results were verified using imageJ software. Proximate analysis and FTIR were used to characterize the bioagulant properties. The performance of biocoagulants were evaluated by calculating the SVI and sludge mass on the dosage of 1, 1,5 and 2 g and the results was compared with PAC. Performance of biocoagulation process was evaluated through the measurement of turbidity, TDS, pH, light intensity and iron (Fe) concentration. The initial conditions of peat water with those biocoagulation parameters were as much as 112,7 NTU, 189,7 mg/L, 3,5, 152 Lux and 2,40 mg/L of Fe. The protein content in mung bean and aloe vera was 18,90% and 1,66%. There was an optimum coagulation process with 1,5 g mung bean as much as 3,18 mL/g of SVI and 74,08% of sludge mass, while for 2 g aloe vera as much as 3,86 mL/g of SVI and 52,78% of sludge mass. For 2g PAC, it was showed that the SVI as much as 4,43 mL/g and 72,81% of sludge mass. For those bioagulation parameters, biocoagulation using 1,5 g of mung bean decreased as much as 87,93%, 60,4%, 6,7, 323 Lux, 81,25%, while 2 g of aloe vera decreased as much as 89,96%, 75,54%, 7,1, 305 Lux and 92,08%. Electroflotation process in the constant voltage of 20 V decreased 87,40%, 70,40%, 5, 361 Lux and 61,25% respectively for turbidity, TDS, pH, light intensity and iron (Fe) concentration. Meanwhile similar process with the addition of 1,5 g of mung bean decreased as much as 87,48%, 76,52%, 6,9, 323 Lux, 73,33% of biocoagulation process and in 2 g of aloe vera decreased as much as 75,49%, 70,67%, 6,8, 311 Lux, 64,58% of similar biocoagulation parameters. In general conclusion, the combination of electroflotation and biocoagulation process was used effective in peat water treatment.

**Keywords:** Aloe vera (*Aloe vera*), electroflotation-biocoagulation, Mung bean (*Vigna radiata*), Peat water

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar belakang**

Air gambut banyak diperoleh didaerah dataran rendah seperti Kalimantan dan Sumatera. Sifat yang terdapat pada air gambut adalah intensitas warna yang cenderung pekat seperti merah kecokelatan, memiliki derajat keasaman (pH) tinggi dengan konsentrasi partikel tersuspensi dan ion rendah (Samosir, 2009). Senyawa utama yang terkandung dalam air gambut adalah asam humat, asam fulvat, dan humin yang mana ketiga senyawa tersebut berperan dalam zat warna pada air gambut (Suherman, 2013).

Sifat asam humat dapat merusak sel endotelial ketika terakumulasi didalam tubuh manusia (Hseu dkk, 2002). Asam humat dalam air gambut mampu membentuk senyawa kompleks dengan logam melalui adsorpsi ikatan kompleks dan kelat (Tan, 2003) . Logam berat seperti besi (Fe) dalam air gambut memiliki potensi sebagai penyebab toksik bagi organisme, sehingga akan sangat berbahaya jika terakumulasi dalam tubuh manusia serta menyebabkan pencemaran dalam sistem perairan (Firda, 2016). Asam humat dalam air gambut dapat menyebabkan gigi keropos ketika dikonsumsi (Perez dkk, 2014).

Metode konvensional yang umum digunakan dalam pengolahan air adalah koagulasi (Nastiti dkk, 2015). Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi adalah feri klorida dan polialumunium klorida (PAC) (Vishali dkk, 2014). Koagulan berbahan kimia seperti PAC dapat menyebabkan kerusakan terhadap sistem saraf jika terakumulasi dalam tubuh manusia seperti penyakit Alzheimer (Rondeau dkk, 2001; Flaten, 2001) sehingga digunakan biokoagulan sebagai pengganti koagulan kimia. Biokoagulan adalah koagulan alami yang digunakan dalam proses sedimentasi partikel kecil yang sulit mengendap. Biokoagulan bekerja dengan cara mengikat partikel terlarut dalam air sehingga dapat mengendap (Suharto, 2011). Penggunaan biokoagulan dalam penyediaan air bersih mampu menurunkan zat warna dan kekeruhan dalam air gambut (Chaibakhsh dkk, 2014). Biokoagulasi dengan

biokoagulan berdasarkan interaksi hidrofilik dari protein yang terdapat dalam biokoagulan. Biokoagulasi merupakan proses aditif secara kimiawi. Metode biokoagulasi memiliki kelemahan yaitu dapat meningkatkan jumlah partikel terlarut akibat penambahan biokoagulan ke dalam larutan sampel. Dosis biokoagulan yang tidak tepat dapat meningkatkan kekeruhan dan membentuk masa endapan yang besar dalam sistem perairan (Rahimah, 2018). Salah satu metode fisika yang dapat dikombinasikan dengan metode biokoagulasi adalah elektroflotasi.

Elektroflotasi adalah suatu metode pemurnian dengan membentuk gas hidrogen dan oksigen dari hasil reaksi elektrolisis air. Elektroflotasi bekerja dengan cara mengangkat partikel polutan terdispersi ke permukaan oleh gas hidrogen dan oksigen (Haryono, 2018). Kinerja elektroflotasi dipengaruhi oleh kuat arus listrik, jenis elektoda, dan ukuran gelembung gas (Wang dkk, 2013; Priya dkk, 2011). Keunggulan metode elektroflotasi dibandingkan dengan metode flotasi konvensional adalah gelembung gas yang dihasilkan dari metode elektroflotasi lebih kecil dan dapat dikendalikan sehingga probabilitas tumbukan antara partikel dan gelembung akan lebih besar (Sarkar, 2012). Metode elektroflotasi telah diterapkan dalam penyediaan air bersih pada daerah industri di Tamil Nadu, India dengan menurunkan nilai TDS dan kekeruhan (Priya dkk, 2011).

Kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi dapat digunakan untuk melengkapi kekurangan masing masing metode. Partikel yang menyebabkan kekeruhan dalam proses biokoagulasi dapat dikurangi oleh metode elektroflotasi. Gas hidrogen dan oksigen dari proses elektroflotasi dapat meningkatkan kemampuan pemisahan polutan dalam perairan. Kemampuan metode elektroflotasi untuk mengurangi partikel terlarut dapat mencapai 83% (Rochman, 2016). Kekurangan dari proses elektroflotasi adalah tidak dapat dilakukan kontrol pH akibat produksi gas dalam metode elektroflotasi berlangsung kontinyu (Raju, 1984). Biokoagulan bekerja dengan memanfaatkan protein yang bersifat amfoter untuk mengatur pH dalam gabungan proses elektroflotasi dan biokoagulasi. Gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi telah dilakukan oleh Mansour (2016) dengan menggunakan koagulan polialumunium klorida. Elektroda yang digunakan adalah grafit sebagai anoda dan

*stainless steel* sebagai katoda dengan arus searah sebesar 20 V selama 30 menit (Haryono dkk, 2018).

Dalam penelitian ini digunakan biokoagulan berbahan dasar kacang hijau (*Vigna radiata*) dan lidah buaya (*Aloevera*) dengan gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi karena memiliki sifat biodegradable, bebas toksik dan aman bagi lingkungan. Proses biokoagulasi memanfaatkan protein dalam biokoagulan untuk mengendapkan partikel terlarut dalam air gambut. Kacang hijau (*Vigna radiata*) dan lidah buaya (*Aloevera*) dipilih sebagai biokoagulan karena mengandung asam amino polar yang memiliki sifat zwitter ion sehingga dapat memiliki muatan positif atau negatif tergantung pada kondisi larutan sampel sehingga mampu menjerap partikel dalam air (Triyono, 2010).

Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja biokoagulan berbasis protein yang terdapat dalam kacang hijau (*Vigna radiata*) dan lidah buaya (*Aloevera*) dalam gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi untuk mengurangi polutan pencemar air gambut. Partikel yang terjerap bersama biokoagulan kemudian terangkat ke permukaan oleh gelembung gas  $H_2$  dan  $O_2$  dari hasil elektrolisis air dalam proses elektroflotasi. Kinerja hasil biokoagulasi dengan biokoagulan dalam kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan koagulan kimia PAC.

## **1.2 Perumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat disimpulkan bahwa pokok permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana kemampuan biokoagulan dari pengukuran *sludge mass* dan SVI dengan parameter turbiditas, TDS, pH, efek Tyndall (intensitas cahaya) dan analisis logam berat Fe?
2. Bagaimana kinerja elektroflotasi dengan tegangan optimum menghasilkan distribusi gas  $H_2$  dan  $O_2$  dengan parameter turbiditas, TDS, pH, efek Tyndall (intensitas cahaya) dan analisis logam berat Fe?

3. Bagaimana performa gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi berdasarkan parameter turbiditas, TDS, pH, efek Tyndall (intensitas cahaya) dan analisis logam berat Fe?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan Latar Belakang tersebut, maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemampuan biokoagulan dari pengukuran *sludge mass* dan SVI dengan parameter turbiditas, TDS, pH, efek Tyndall (intensitas cahaya) dan analisis logam berat Fe dibandingkan dengan koagulan kimia PAC.
2. Mengetahui kinerja elektroflotasi dengan tegangan optimum menghasilkan distribusi gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> dengan parameter turbiditas, TDS, pH, efek Tyndall (intensitas cahaya) dan analisis logam berat Fe.
3. Mengetahui performa gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi berdasarkan parameter turbiditas, TDS, pH, efek Tyndall (intensitas cahaya) dan analisis logam berat Fe.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini harapannya ada beberapa manfaat. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan terkait kemampuan proses biokoagulasi elektroflotasi untuk menjernihkan dari air gambut. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi efek negatif yang dihasilkan dari air gambut yang mengandung asam humat dengan menggunakan proses biokoagulasi dan gabungan metode elektroflotasi-biokoagulasi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengolahan Air Gambut menjadi Air Bersih

Air gambut memiliki sifat asam dengan pH berkisar antara 3-4, berwarna merah kecoklatan dan mengandung zat organik tinggi. Pengolahan air gambut menjadi air bersih dilakukan dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan cair dari lempung dan tawas (aluminium sulfat) sehingga mampu menurunkan TDS sebesar 9,20% dari 385,87 mg/L menjadi 7,19 mg/L dan perubahan nilai pH dari 4,3 menjadi 8 (Nyoman, 2013). Penelitian terkait dengan penurunan turbiditas air gambut pernah dilakukan dengan menggunakan proses koagulasi menggunakan koagulan *poly aluminium chloride* (PAC) dan aluminium sulfat. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah *jar test* menggunakan kecepatan 100 rpm selama 10 menit. Hasil dalam penelitian tersebut terjadi penurunan intensitas warna air gambut dengan koagulan PAC 160 mg/L turun sebesar 95% yaitu menjadi 34 NTU dan dengan koagulan aluminium sulfat 160 mg/L turun sebesar 96,17% yaitu menjadi 28 NTU dari intensitas warna awal air gambut 121 NTU (Ignasius, 2014).

Penelitian terkait pengurangan warna, zat organik dan kekeruhan air gambut pernah dilakukan dengan kombinasi metode proses koagulasi-flokulasi dengan koagulan aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) dan membran ultrafiltrasi (Nastiti, 2015). Hasil dari penelitian mampu menurunkan kekeruhan air gambut dari 32 NTU menjadi 5,11 NTU. Pengolahan air gambut menggunakan membrane ultrafiltrasi diperoleh fluks rata-rata tertinggi pada tekanan 1,5 bar yaitu 223,086 L/m<sup>2</sup>. Pengolahan air gambut menggunakan kombinasi metode proses koagulasi-flokulasi dan membran ultrafiltrasi mampu menurunkan tingkat kekeruhan air gambut dari 32 NTU menjadi 0 NTU (Nastiti, 2015).



## 2.2 Aplikasi Biokoagulan dalam Pengadaan Air Bersih

Studi terkait penggunaan biokoagulan dalam pengurangan polutan pencemar air telah banyak dilakukan. Penggunaan biokoagulan dilakukan untuk mengurangi penggunaan koagulan sintetik yang memberikan efek samping pada lingkungan dan kesehatan. Pemanfaatan biokoagulan dilakukan karena ketersediaan bahan yang murah serta mudah ditemukan untuk pengurangan polutan pencemar dalam sistem perairan (Idris dkk, 2013). Biokoagulan biji kelor (*Moringa oleifera*) pernah digunakan untuk pengurangan polutan dalam perairan yang berasal dari kegiatan penambangan batubara sehingga menyebabkan penurunan padatan terlarut sebesar 99,93% dan penurunan logam berat Fe sebesar 99,71% (Nugraha, 2010). Pemanfaatan biji kelor (*Moringa oleifera*) sebagai biokoagulan dapat menurunkan turbiditas dari limbah tahu sebesar 72,21% (Pulungan, 2007). Ekstrak biji kelor (*Moringa oleifera*) dapat digunakan untuk mengurangi kekeruhan limbah cair sintetik kaolin dengan menggunakan variasi dosis ekstrak biji kelor (*Moringa oleifera*) 2 mL/L, 3 mL/L, dan 4 mL/L sehingga diperoleh kekeruhan air gambut 28,3 NTU, 16,6 NTU dan 20,2 NTU dari kekeruhan awal air gambut dalam penelitian tersebut adalah 6360 NTU (Herawati, 2017).

Penggunaan kitosan sebagai biokoagulan dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas air danau. Hasil yang diperoleh dalam penelitian tersebut adalah biokoagulan dengan konsentrasi 20 ppm diketahui dapat menurunkan turbiditas sebesar 96,95% dari konsentrasi turbiditas awal adalah 20,34 NTU menjadi 0,62 NTU. Penggunaan kitosan sebagai biokoagulan dalam penelitian tersebut berpengaruh terhadap nilai pH air danau dengan memberikan penurunan pH sebesar 13,17% dari kondisi pH awal air danau cenderung basa yaitu 8,1 menjadi 6,9 (Hendrawati dkk, 2015).

Biji polong-polongan dan biji labu-labuan sebagai biokoagulan pernah digunakan untuk menjernihkan air keruh untuk menggantikan tawas sebagai koagulan kimia. Potensi biji-bijian dalam penelitian tersebut ditentukan dengan metode turbidimetri sehingga dapat dihitung persentase penurunan. Persen penurunan turbiditas menggunakan biokoagulan biji polong-polongan (lamtoto, merak, asam jawa) berturut-turut adalah 32,35%, 39,99% dan 62,75% dari nilai turbiditas awal air keruh 340 NTU menjadi 240, 218 dan 125 NTU. Persen penurunan kekeruhan terhadap

air keruh menggunakan biji dari suku labu-labuan (labu kuning, melon, semangka) adalah 47,50%, 44,71% dan 51,81 dari nilai turbiditas awal 340 menjadi 180, 215 dan 160 NTU (Ariati dkk, 2017).

Biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*) dapat digunakan sebagai pengganti koagulan kimia. Biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*) dapat digunakan untuk menurunkan tingkat kekeruhan air sumur gali. Biji kecipir yang digunakan dalam penelitian tersebut berupa serbuk. Penelitian tersebut menggunakan variasi dosis biokoagulan serbuk biji kecipir 0,02, 0,03 dan 0,04 g. Persentase penurunan kekeruhan air sumur dengan menggunakan variasi dosis biji kecipir dalam penelitian tersebut sebesar 76%, 89% dan 93% atau 106,6, 124 dan 130,6 NTU dari nilai awal kekeruhan air sumur gali adalah 139 NTU (Adeko, 2019).

Biokoagulan biji trembesi (*Samanea saman*) sebagai pengganti koagulan kimia dapat digunakan untuk menurunkan TSS dan kekeruhan pada pengolahan limbah cair yang dihasilkan dari industri pembuatan tempe dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 menit kemudian dilanjutkan dengan 230 rpm selama 25 menit. Nilai TSS dan kekeruhan limbah cair yang dihasilkan dari industri tempe adalah 5.016 mg/L dan 901 NTU. Persentase penurunan TSS dan kekeruhan penggunaan 2,2 g/L biokoagulan biji trembesi (*Samanea saman*) dalam penelitian tersebut adalah 79% dan 97% dengan nilai TSS 1.021 mg/L dan 22 NTU (Amanda dkk, 2019).

Penggunaan biokoagulan dengan menggunakan bahan dasar lidah buaya (*Aloe vera*) digunakan untuk menjernihkan air sumur sehingga berhasil menurunkan tingkat kekeruhan, warna dan pH air sumur. Hasil penelitian menunjukkan penurunan terhadap nilai kekeruhan air dari 18 NTU menjadi 5 NTU, perubahan terhadap warna air sumur dari 187 TCU menjadi 58,67 TCU, serta penurunan terhadap nilai padatan terlarut dari 314,28 mg/L menjadi 114,77 mg/L (Mujariah, 2016). Lidah buaya (*Aloe vera*) efektif menurunkan kekeruhan air rawa sebesar 29,85% dari 42 NTU menjadi 29,46 NTU (Pranata, 2019).

### 2.3 Aplikasi Elektroflotasi dalam Pengadaan Air Bersih

Kinerja metode-metode pemisahan, termasuk elektroflotasi, umumnya dinyatakan sebagai persen penyingkiran terhadap polutan dari air yang diolah. Efektivitas kinerja elektroflotasi dalam pengadaan air bersih dipengaruhi oleh beberapa faktor operasi yaitu kuat arus listrik atau tegangan, waktu kontak, jenis elektroda dan gelembung yang dihasilkan selama proses elektroflotasi untuk mengangkat zat atau partikel terdispersi ke permukaan (Wang dkk, 2013). Gelembung yang dihasilkan dari metode elektroflotasi memiliki kelebihan diantaranya dapat mengurangi produksi lumpur serta meminimalisasi bahan penggunaan bahan kimia (Koby, 2006). Penelitian terhadap pengaruh kuat arus pada proses elektroflotasi yang dilakukan dengan variasi kuat arus 2,4,6, dan 8 ampere diketahui bahwa semakin besar kuat arus yang diberikan menyebabkan peningkatan terhadap daya reduksi limbah cair dalam metode elektroflotasi (Rochman dkk, 2016).

Metode elektroflotasi pernah digunakan untuk penyediaan air bersih dari limbah tekstil di Aljazair. Penelitian tersebut menggunakan variasi tegangan 10, 15 dan 20 V dengan menggunakan alumunium sebagai elektroda. Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari proses elektroflotasi memberikan pengaruh terhadap pengurangan partikel terlarut (Holt, 2005). Hasil penelitian berhasil menurunkan turbiditas dari 765,5 NTU menjadi 162,5 NTU dengan menggunakan tegangan optimum 20 V selama 20 menit. Metode elektroflotasi berhasil menurunkan logam berat dalam penelitian tersebut sebesar 93% serta penurunan warna dari 200 TCU menjadi 15 TCU (Balkacem dkk, 2008).

Aplikasi metode elektroflotasi dilaporkan dapat digunakan untuk mengolah zat warna tekstil terdispersi dengan menggunakan variasi tegangan 6 dan 12 V dan waktu kontak 30, 40, 50 dan 60 menit pada kapasitas limbah 500 mL dan dengan menggunakan katoda alumunium dan anoda *stainless steel*. Waktu kontak dalam proses elektroflotasi mempengaruhi jumlah spesi kimia dalam reaksi redoks (Chang, 2010). Kinerja elektroflotasi akan semakin meningkat seiring semakin lama waktu yang digunakan dalam proses elektroflotasi. Penelitian tersebut berhasil menurunkan COD sebesar 88,9% yaitu 122,4 mg/L dari nilai COD awal 1.100 mg/L dengan tegangan

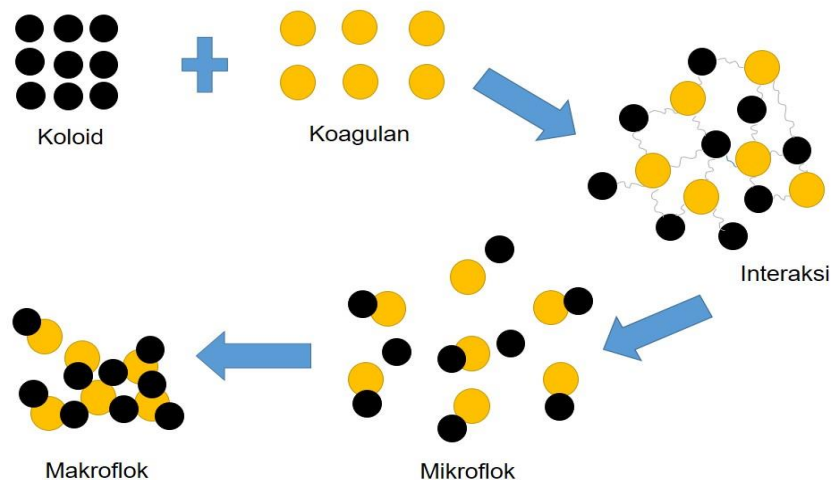
optimum 12 V selama 60 menit. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap tingkat warna limbah tekstil dari 1.500 mg/L Pt-Co menjadi 100 mg/L Pt-Co atau dengan kinerja penyingkiran 93,3%. Penurunan COD dan warna dalam penelitian tersebut secara konsisten seiring dengan semakin lama dan tingginya tegangan listrik serta semakin banyak gas H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> yang dihasilkan dari hasil reaksi elektrolisis selama proses elektroflotasi berlangsung (Haryono dkk, 2018).



## BAB III DASAR TEORI

### 3.1 Proses Koagulasi

Koagulasi merupakan proses kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air limbah dengan penambahan koagulan sehingga menyebabkan terjadinya penggumpalan partikel-partikel akibat adanya gaya gravitasi. Pemisahan koloid dapat dilakukan dengan cara penambahan koagulan sintetik maupun koagulan alami dengan proses pengadukan lambat sehingga menyebabkan partikel-partikel mengendap dan dapat dipisahkan dengan cara sedimentasi (Tebbut, 1982). Koagulasi merupakan pencampuran koagulan ke dalam air sehingga membentuk partikel berukuran mikro (Rifa'I, 2007). Sedangkan flokulasi merupakan proses untuk menjernihkan air dengan cara merubah partikel berukuran mikro menjadi partikel-partikel berukuran makro (Yuliastri, 2010). Namun kedua metode tersebut masih belum maksimal disebabkan oleh proses yang kompleks dan memerlukan biaya yang mahal (Malaka, 2011). Gambar 1 menunjukkan mekanisme kerja koagulasi-flokulasi.



**Gambar 1.** Mekanisme pembentukan flok dalam proses koagulasi-flokulasi (Sumber: Mickova, 2015)

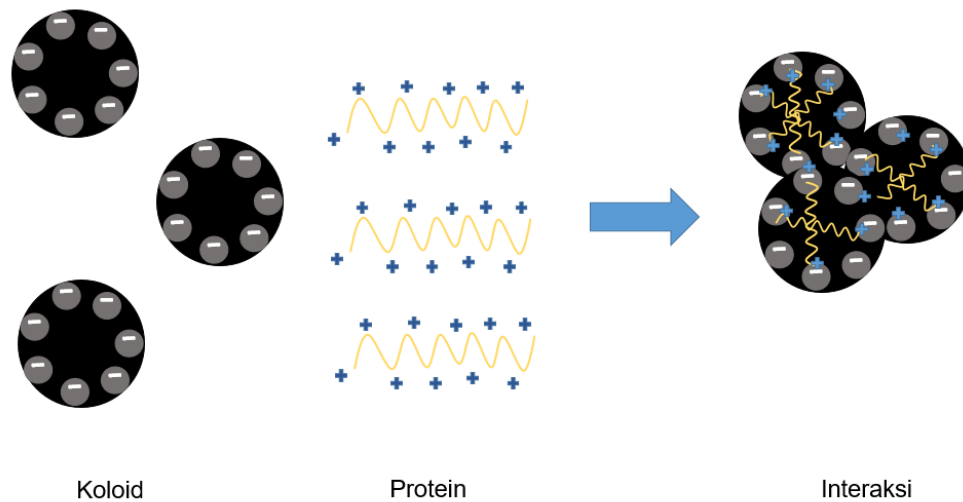
Koagulan akan membuat partikel menjadi partikel berukuran mikro kemudian partikel berukuran mikro tersebut diflokulasi dengan flokulan sehingga partikel akan berubah menjadi berukuran makro. Gumpalan yang terbentuk kemudian dapat mengapung atau mengendap dalam bentuk sedimentasi (Mickova, 2015). Proses koagulasi-flokulasi memiliki kekurangan salah satunya adalah destabilisasi partikel dalam pembentukan flok (Rahimah, 2016).

### 3.2 Biokoagulan

Biokoagulan memegang peranan cukup penting dalam pengolahan air yaitu dalam hal menurunkan kekeruhan, total dissolved solid (TDS) dan total suspended solid (TSS). Biokoagulan merupakan koagulan alami yang biasanya berasal dari tanaman dan memiliki peran untuk proses sedimentasi partikel-partikel kecil yang sulit mengendap (Bija, 2020). Biokoagulan dapat menjadi alternatif pengganti koagulan kimia karena biokoagulan bersifat tidak beracun, tingkat *biodegradable* yang tinggi dan produksi lumpur yang lebih sedikit (Wang dkk, 2009). Biokoagulan memiliki beberapa kelebihan diantaranya tersedia dalam jumlah banyak, harga relatif murah dan non toksik (Kristianto, 2019). Bahan aktif yang terdapat dalam biokoagulan adalah polisakarida, polifenol atau protein ( Kristianto, 2019). Polisakarida tersusun dari rantai panjang monomer monosakarida yang terhubung oleh ikatan glikosidik. Polisakarida dalam tanaman pada umumnya dapat dijumpai sebagai pembentuk dinding sel (selulosa, kitin) dan cadangan makanan pati (Guom 2017). Polifenol yang berasal dari tumbuhan dapat digunakan sebagai bahan aktif biokoagulan. Beberapa jenis tumbuhan yang mengandung polifenol adalah biji anggur, biji pohon ek dan biji pohon akasia (Kristianto, 2019).

Mekanisme kerja biokoagulan menggunakan protein sebagai zat aktif biokoagulan dilakukan berdasarkan proses netralisasi muatan. Netralisasi muatan pada protein terjadi karena protein merupakan senyawa yang bersifat amfoterik yaitu dapat bermuatan positif atau negatif tergantung pada titik isoelektriknya (Kristianto, 2019). Netralisasi muatan (*charge neutralization*) terjadi ketika muatan negatif pada partikel koloid dinetralkan oleh protein dalam biokoagulan bermuatan positif yang mengakibatkan terjadinya gaya tolak menolak elektrostatik pada partikel koloid

sehingga membentuk flok. Gugus amino dalam protein berperan sebagai pusat kationik dalam mekanisme netralisasi muatan partikel koloid yang umumnya bermuatan negatif (Ndabigengesere dkk, 1995). Gambar 2 menunjukkan interaksi antara protein pada biokoagulan dengan partikel koloid menurut Kristianto (2019).



**Gambar 2.** Mekanisme interaksi antara protein dalam biokoagulan dengan permukaan koloid.

### 3.3 Karakterisasi Kacang Hijau (*Vigna radiata*) dan Lidah buaya (*Aloe vera*)

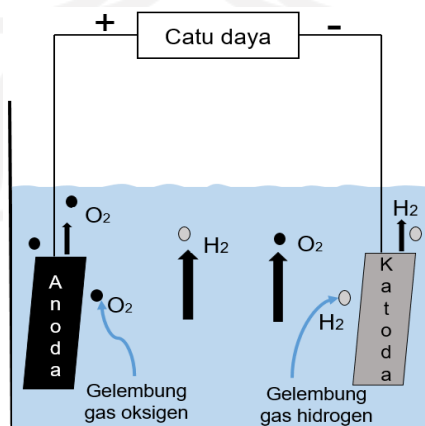
Kacang hijau merupakan sumber protein nabati yang baik, dengan kadar protein dalam kacang-kacangan berkisar antara 20-35%. Protein pada kacang hijau terdiri dari asam amino leusin, ariginin, isoleusin, valin dan lisin (Rukmana 1997). Selain itu, kacang hijau juga mengandung mineral, vitamin B1, B2, B3, karbohidrat dan serat (Triyono, 2010). Lidah buaya (*Aloe vera L.*) merupakan tanaman yang termasuk kedalam golongan Liliaceae. Komponen nutrisi yang terkandung dalam lidah buaya terutama bagian gelnya adalah asam amino (protein), enzim-enzim, vitamin diantaranya vitamin C, vitamin A, magnesium, Zinc mineral dan komponen spesifik senyawa antrakinon berupa aloin, barbaloin, asam aloetat, dan emodin (Hamman, 2008). Tabel 1 menunjukkan karakterisasi fisiko-kimia kacang hijau menurut Aprilion (2015) dan lidah buaya (*Aloe vera*) menurut Nurmalina (2012).

**Tabel 1.** Karakterisasi kacang hijau (*Vigna radiata*) dan lidah buaya (*Aloe vera*)

Parameter	Satuan	Kacang hijau ( <i>Vigna radiata</i> )	Lidah buaya ( <i>Aloe vera</i> )
Protein	%	22,85	0,038
Lemak	%	1,20	0,043
Karbohidrat	%	62,90	0,067
Air	%	9,01	95,51

### 3.4 Elektroflotasi

Elektroflotasi adalah proses pemisahan polutan pada sampel cair dengan mengapungkan partikel terdispersi didalam air ke permukaan oleh gaya angkat gelembung gas oksigen dan hidrogen. Mekanisme elektroflotasi adalah dengan mengapungkan partikel padat, tersuspensi atau terlarut dalam fasa cair oleh gelembung gas hidrogen dan oksigen. Gelembung gas dihasilkan dari katoda dan anoda pada proses elektrolisis terhadap air menurut reaksi oksidasi reduksi. Gelembung akan menempel pada permukaan partikel yang menyebabkan partikel naik ke permukaan sehingga partikel akan mengapung ke permukaan (Wang dkk, 2007). Gelembung dapat dihasilkan dengan melakukan beberapa metode seperti flotasi udara terlarut dan elektrolisis yang merupakan bagian pada proses elektroflotasi (Sarkar dkk, 2010). Gambar 3 menunjukkan mekanisme yang terjadi dalam reaktor elektroflotasi.

**Gambar 3.** Mekanisme yang terjadi dalam reaktor pada proses elektroflotasi



Kelebihan elektroflotasi adalah gelembung gas yang dihasilkan lebih kecil, ukuran gelembung gas yang dihasilkan dapat dikendalikan, dan probabilitas tumbukan antara gelembung dengan partikel polutan lebih besar (Sarkar, 2010). Metode elektroflotasi banyak digunakan pada industri tambang untuk pemisahan logam serta banyak diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan lingkungan dan pengolahan air limbah (Zabel, 1985). Beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi elektroflotasi adalah tingkat keasaman (pH), kerapatan arus dan material elektroda yang digunakan selama proses elektroflotasi (Sarkar dkk, 2010).

Elektroflotasi merupakan proses yang kompleks. Efisiensi pemisahan dalam proses elektroflotasi dapat terlihat dari hilang atau berkurangnya polutan dalam air keruh yang sebagian besar dipengaruhi oleh ukuran gelembung yang terbentuk selama proses elektroflotasi berlangsung (Sarkar dkk, 2010). Gelembung elektrolit dengan ukuran yang lebih kecil lebih efisien dalam proses flotasi. Beberapa studi juga dijelaskan bahwa gelembung mempengaruhi ukuran partikel pada proses elektroflotasi (Ahmed & Jameson, 1985). Ukuran gelembung yang lebih kecil dan seragam diketahui akan menghasilkan kinetika flotasi yang lebih baik (Schubert & Bischofberger, 1978) karena tingginya rasio luas permukaan ke volume. Gelembung yang kecil akan memberikan probabilitas yang tinggi karena memberikan sudut kontak yang lebih kecil terhadap sistem tiga fase (padat, cair dan gas) (Hanisch, 1959). Ukuran gelembung dapat dikontrol dengan mengatur kepadatan arus, pH serta jenis elektroda yang digunakan (Raju & Khangaonkar, 1984).

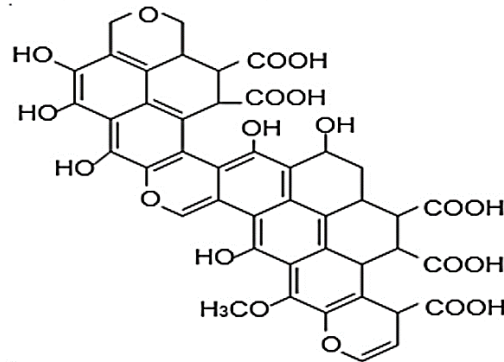
Ukuran gelembung dalam proses elektroflotasi juga dipengaruhi oleh pH. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Raju and Khangaonkar (1984), ukuran gelembung hidrogen lebih besar dalam suasana asam dibandingkan ketika dalam suasana netral atau basa. Hal ini juga didasari bahwa dalam suasana asam gelembung hidrogen sangat mudah terlihat pada katoda, sedangkan pada anoda gelembung hidrogen menjadi kurang signifikan dalam suasana basa. Didalam penelitiannya juga disebutkan bahwa pada pH mendekati 6,0 ukuran kurva distribusi gelembung oksigen dan hidrogen sangat dekat.

Kepadatan arus merupakan komponen yang penting dalam proses elektroflotasi. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa distribusi ukuran gelembung adalah fungsi dari arus densitas untuk elektroda yang diberikan (Matov & Lazavenko 1965, Glembotsky dkk, 1975 and Ketkar dkk, 1988). Peningkatan diameter gelembung dalam proses elektroflotasi dipengaruhi oleh kepadatan arus. Sebuah studi menjelaskan bahwa pada densitas arus rendah ( $40\text{--}210\text{ A/m}^2$ ) diameter gelembung tidak mengalami perubahan yang signifikan. Namun ketika arus ditingkatkan dari 100 menjadi  $1000\text{ A/m}^2$ , diameter gelembung oksigen mengalami peningkatan (Burns dkk, 1997).

Terdapat hubungan antara ukuran gelembung dengan elektroda yang digunakan dalam proses elektroflotasi. Pemilihan elektroda yang digunakan untuk proses elektroflotasi menjadi sangat penting karena didasari oleh waktu hidup elektroda, biaya serta kemampuan dalam menghasilkan gas hidrogen dan oksigen saat proses elektroflotasi berlangsung. Sistem elektroda merupakan jantung dari rangkaian unit elektroflotasi. Kestabilan gelembung yang dihasilkan dalam proses elektroflotasi juga didasari oleh elektroda yang digunakan (Mamakov, 1975).

### **3.5 Air Gambut**

Air gambut memiliki kadar bahan organik yang tinggi dari hasil proses humifikasi akibat peruraian tumbuhan mati oleh bakteri tanah pada permukaan tanah yang tergenang air (Darmawijaya, 1997). Salah satu ciri yang terdapat dalam air gambut adalah tingkat keasaman yang tinggi (2-5) serta intensitas warna yang pekat dari coklat hingga hitam yang diakibatkan oleh kadar zat organik dalam air gambut terlarut tinggi, terutama dalam bentuk asam humus dan turunannya. Asam humat adalah salah satu senyawa terdapat dalam air gambut yang merupakan makromolekul polielektrolit yang tersusun dari gugus fungsional  $\text{-COOH}$ ,  $\text{-OH}$  fenolat, maupun  $\text{-OH}$  alkohol, sehingga asam humat dapat membentuk senyawa kompleks dengan ion logam seperti besi (Fe) dan mangan (Mn) karena gugus yang terdapat dalam asam humat mampu mengalami deprotonasi pada pH yang cenderung asam (Tan, 2003). Gambar 4 menunjukkan struktur dari asam humat yang terdapat dalam air gambut.



**Gambar 4.** Struktur asam humat (Stevenson, 1994)

Asam humat memiliki berat molekul yang tinggi dan berwarna coklat hingga hitam. Asam humat berperan dalam transformasi ion-ion logam karena dapat membentuk kompleks dengan logam yang berada di dalam tanah melalui reaksi kompleks (Diana, 2001). Gugus  $-COOH$  dan  $-OH$  dalam struktur asam humat dapat berikatan dengan senyawa lain dengan cara melepaskan atom H menjadi  $-COO^-$  dan  $O^-$ . Beberapa sifat yang mempengaruhi air gambut adalah TDS, kekeruhan, derajat keasaman (pH), warna dan kadar logam berat besi (Fe). Tabel 2 menunjukkan perbandingan karakteristik air gambut menurut Suherman (2013) dan air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990.

**Tabel 2.** Perbandingan karakteristik air bersih dan air gambut

Parameter	Air Bersih	Air Gambut
TDS (mg/L)	1000	207
Kekeruhan (NTU)	5	39,7
pH	8,5	3,79
Warna (TCU)	15	2028
Besi (mg/L)	0,3	1,192

*Total Dissolved Solids* (TDS) adalah parameter fisik air baku dan ukuran zat padat terlarut organik maupun anorganik yang terdapat dalam sistem perairan dan

berpengaruh terhadap turbiditas (kekeruhan) dan warna (Crittenden dkk, 2012). Turbiditas (kekeruhan) air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam air seperti lumpur yang berhubungan dengan nilai padatan terlarut dan tersuspensi dalam perairan (Suherman dkk, 2013). *Sludge volume index* (SVI) merupakan metode konvensional yang digunakan untuk menentukan kestabilan lumpur yang terbentuk pada tangki aerasi (Lindu dkk, 2015). *Sludge mass* adalah metode yang digunakan untuk menentukan jumlah padatan yang tersaring dan didefinisikan sebagai presentase massa padat kering (Brendan, 2007). Warna air gambut yang mengandung asam humat cenderung berwarna cokelat gelap hingga abu kehitaman (Suherman dkk, 2013). Derajat keasaman (pH) dalam sistem perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam memantau kestabilan perairan. Air gambut memiliki tingkat derajat keasaman yang rendah atau cenderung asam dengan kisaran pH 3-5 (Suherman dkk, 2013). Air gambut sangat mudah membentuk kompleks dengan logam pencemar yang terdapat dalam tanah seperti besi (Fe). Kandungan besi (Fe) dapat dianalisis menggunakan instrumentasi Spektroskopi Serapan Atom (AAS).

### 3.6 Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi serapan atom merupakan salah satu metode analisis yang digunakan untuk analisis unsur. Prinsip pengukuran instrumen AAS adalah dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik yang diserap oleh atom sehingga atom akan mengalami eksitasi atau peningkatan energi dari  $E_0$  ke  $E_1$  (Khopkar, 2003).

Konsentrasi atom dalam nyala ditunjukkan oleh hukum *Lambert-Beer*:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \quad (1)$$

dengan:

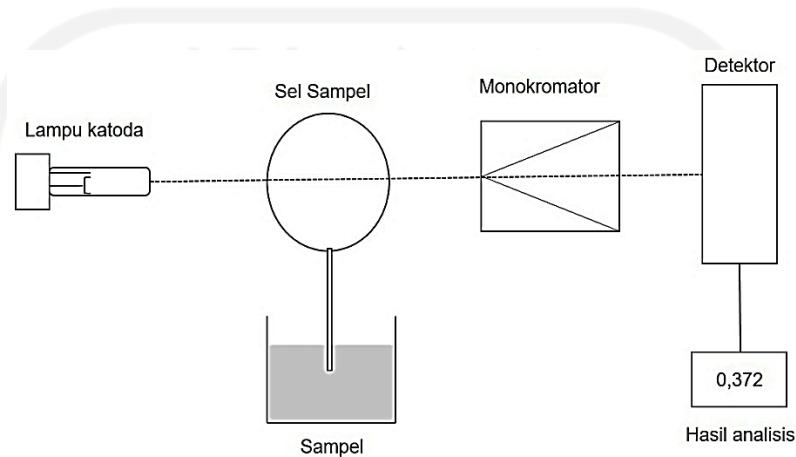
$\epsilon$  = Intensitas sumber sinar

$b$  = Panjang medium

$c$  = Konsentrasi atom yang menyerap sinar

$A$  = Absorbansi

Berdasarkan persamaan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom sehingga hubungan konsentrasi dengan absorbansi dapat dibuat dalam kurva kalibrasi untuk mendapatkan konsentrasi unsur (Khopkar, 2003). Gambar 5 menunjukkan skema kerja alat Spektroskopi Serapan Atom (SSA):



**Gambar 5.** Skema alat instrumen SSA (Fernandez dkk., 2009)

Sampel diuapkan untuk mengubah ion dalam sampel menjadi atom-atom bebas. Atom bebas yang dihasilkan akan mengabsorpsi radiasi sinar dari lampu katoda kemudian masuk ke dalam monokromator sehingga resonansi dari beberapa spektrum dapat terisolasi. Sinar yang terdeteksi diubah menjadi energi listrik sehingga dapat digunakan untuk memperoleh sesuatu yang dapat dibaca pada monitor dalam bentuk spektrum (Kristianingrum, 2004).

### 3.7 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

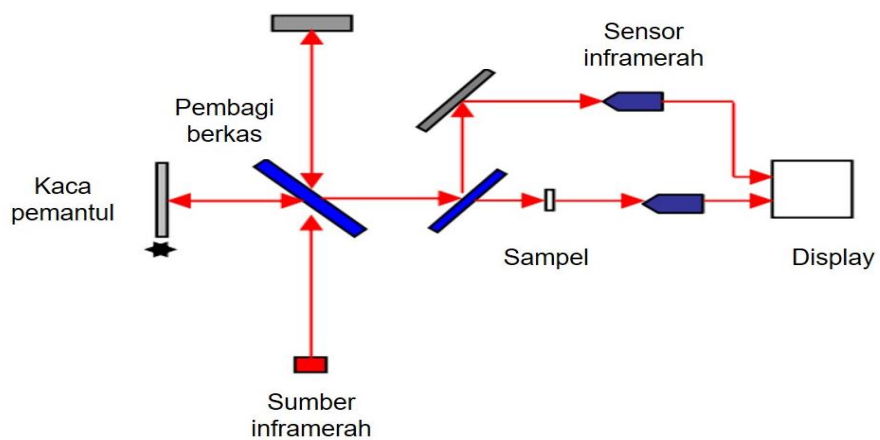
Salah satu metode spektroskopi yang digunakan untuk analisis sampel adalah FTIR yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk menganalisis hasil spektrum. Secara umum FTIR bekerja untuk mengidentifikasi senyawa, gugus fungsi dan analisis campuran dalam sampel. Prinsip kerja FTIR dalam mengukur sampel adalah sinar cahaya inframerah melewati sampel

sehingga akan diperoleh frekuensi dari hasil vibrasi molekul yang terdeteksi oleh detektor dan diterjemahkan untuk direkam oleh rekorder menghasilkan spektrum. Spektrum inframerah dihasilkan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang (Choirul dkk, 2007). Spektrum inframerah yang diperoleh dapat di plot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Marcott, 1986). Tabel 3 menunjukkan daerah frekuensi pada tiap gugus fungsi untuk membaca bilangan gelombang dengan instrumen FTIR menurut Nieman (1998).

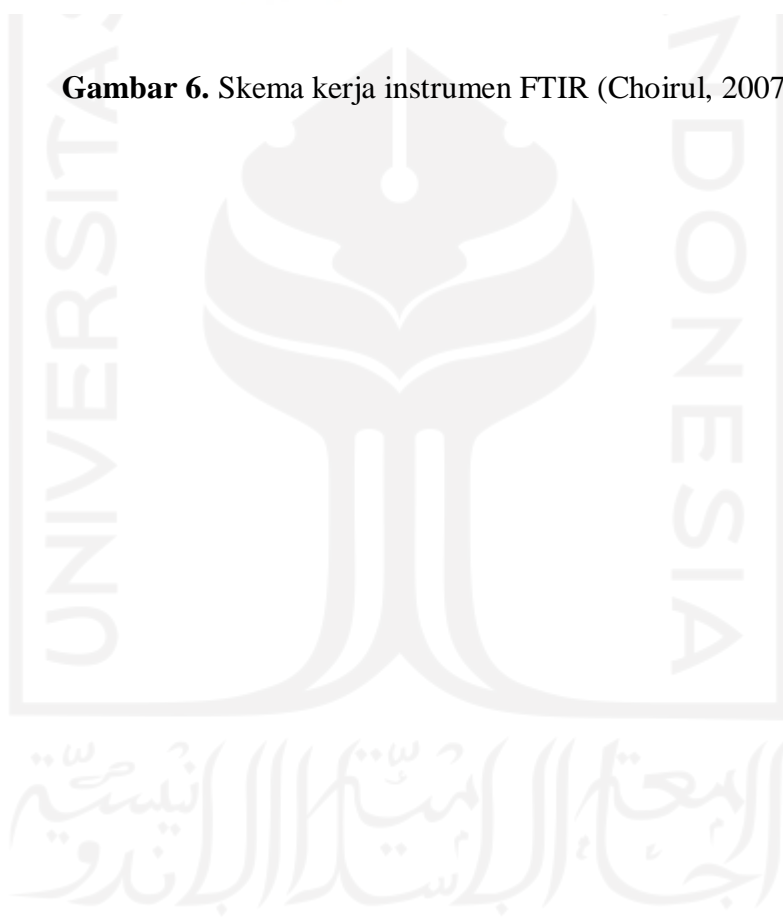
**Tabel 3.** Daerah frekuensi tiap ikatan senyawa pada FTIR

Ikatan	Tipe senyawa	Daerah frekuensi ( $\text{cm}^{-1}$ )
C-H	Alkana	2850-2970 1340-1470
N-H	Amida, amina	3300-3500
C=C	Alkena	1610-1680
C-N	Amina, amida	180-1360
C-O	Alkohol, eter, asam karboksilat, ester	1050-1300

Gambar 6 menunjukkan skema alat FTIR yang digunakan dalam analisis suatu sampel. Sampel akan dikenai sinar infra merah dan terdeteksi oleh sensor untuk kemudian diteruskan ke detektor, sehingga sinar yang ditangkap dapat diubah menjadi sinyal elektrik. Interpretasi sinyal yang dihasilkan dalam bentuk spektrum inframerah dengan bantuan monitor atau komputer (Choirul, 2007).



**Gambar 6.** Skema kerja instrumen FTIR (Choirul, 2007)



## BAB IV

### METODELOGI PENELITIAN

#### 4.1 Alat dan Bahan

##### 4.1.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat proses eksperimen berupa seperangkat reaktor elektroflotasi berbahan dasar kaca dengan ukuran 10 (P) x 10 (L) x 15 (T) cm dengan ketebalan 0,5 cm. Elektroda grafit sebagai anoda dengan dimensi 5 cm (P) x 7 cm (L) dan *stainless steel netwire* 12 mesh dengan dimensi 5 (P)x 7 (L) cm digunakan sebagai katoda. Catu daya (Sanfix SP-6010, Taiwan) digunakan sebagai penghasil sumber tegangan DC.

Alat penunjang performa penelitian antara lain: kaca pembesar 8x pembesaran, kamera digital optical zoom 5x 3.2 megapixels (Nikon Coolpix 3200, Jepang), Ayakan 250 mesh, Oven (Binder, 08-37521, USA), magnetic stirrer, timbangan analitik, blender (AQUA, AB- KF815G, Jepang), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) (Perkin Elmer Spectrum Two, MA 02451, USA), pH/TDS meter (HANNA, HI9813-5, Romania), turbidity meter (Thermo Scientific, EUTECH TN-100, USA), Spectrofotometer serapan atom (Perkin Elmer PinAAcle 900T, USA) dan peralatan gelas laboratorium.

##### 4.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya sampel air gambut yang dibuat dengan melarutkan asam humat sehingga konsentrasinya menjadi 50 mg/L. Biokoagulan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kacang hijau (*Vigna radiata*) dan lidah buaya (*Aloevera*) yang diperoleh dari toko yg dijual di sekitar Universitas Islam Indonesia. NaCl p.a (Merck, CAS-7647- 14-5, Jerman) NaOH (Merck, 011- 022-00-6, Jerman), HNO<sub>3</sub> 65% (Merck, 100456, Jerman), kertas saring 42 110 mm (Whatman, CAT 1442-110) dan akuades.



## 4.2 Cara Kerja

### 4.2.1 Preparasi sampel air gambut

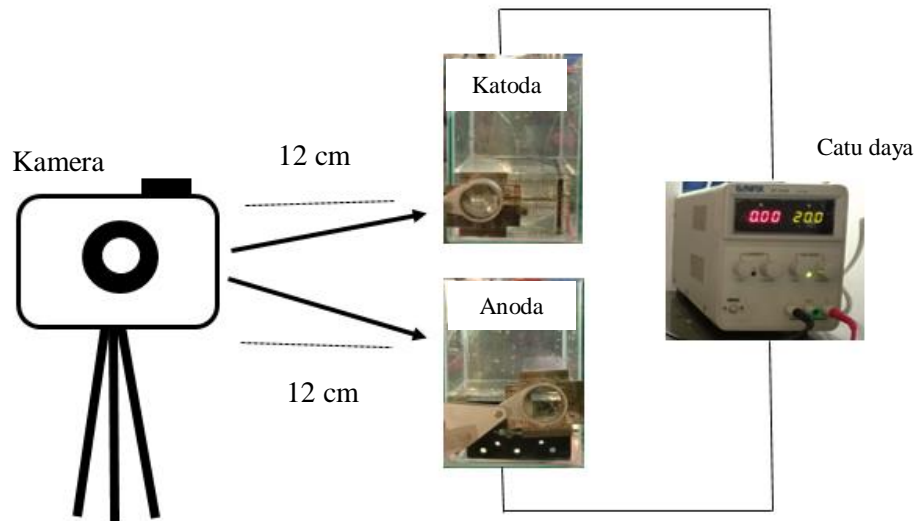
Sampel air gambut 50 mg/L dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,05 gram asam humat ke dalam 1 L akuades (Sudoh , 2015) . Kemudian ditambahkan  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  (Sigma-Aldrich) 0,05 gram ke dalam larutan asam humat yang sebelumnya telah dipreparasi (Borgatta , 2015). Sampel kemudian dianalisis dengan parameter analisis TDS, turbiditas, pH, *sludge mass*, SVI, efek Tyndall dan kadar logam Fe. Hasil yang diperoleh digunakan sebagai pembanding pada tahap proses biokoagulasi dan elektroflotasi.

### 4.2.2. Evaluasi proses elektroflotasi

#### 4.2.2.1 Optimasi tegangan elektroflotasi

Optimasi tegangan dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit 0,001 M NaCl untuk memberikan performa optimum pada tahap elektroflotasi. Optimasi tegangan dilakukan dalam reaktor elektroflotasi dengan ukuran 10 (P) x 10 (L) x 15 (T) cm. Elektroda yang digunakan pada tahap elektroflotasi adalah grafit sebagai anoda dengan ukuran 5 cm (P) x 7 cm (L) dan *stainless steel netwire 12 mesh* dengan ukuran 5 (P) x 7 (L) cm digunakan sebagai katoda. Optimasi tegangan dilakukan selama 30 menit dengan 3 variasi tegangan 10 V, 20 V dan 30 V.

Gelembung yang dihasilkan dari proses elektroflotasi pada katoda dan anoda kemudian dibagi menjadi 3 kategori ukuran yaitu, < 0,5 mm, 0,5 mm dan > 0,5 mm. Gelembung diperjelas menggunakan kaca pembesar 8× kemudian diambil gambar gelembung menggunakan kamera digital untuk memperjelas ukuran gelembung dalam penentuan distribusi gelembung secara manual. Hasil penentuan distribusi gelembung yang dilakukan secara manual selanjutnya di verifikasi menggunakan aplikasi *ImageJ digital image analysis*. Penentuan tegangan optimum dilakukan berdasarkan pada ukuran dan distribusi gelembung yang dihasilkan selama proses elektroflotasi berlangsung.



**Gambar 7.** Proses pengambilan gambar terhadap reaktor elektroflotasi menggunakan kaca pembesar 8x pada arus 20 V dengan jarak kamera terhadap reaktor

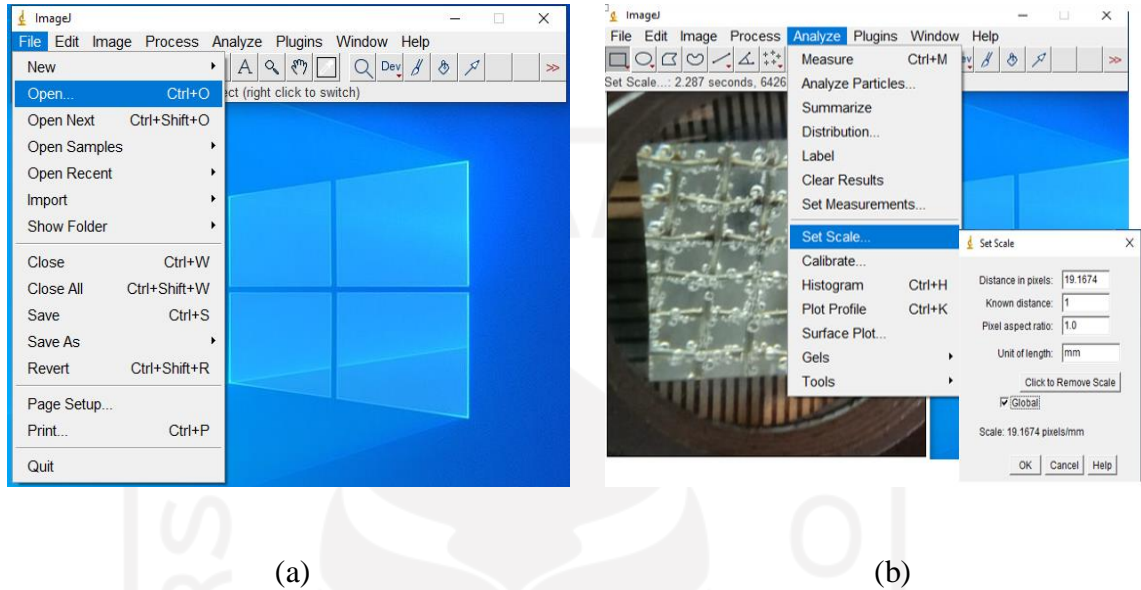
#### 4.2.2.2 Validasi pengukuran gelembung dengan aplikasi ImageJ

Hasil perhitungan jumlah gelembung secara manual diverifikasi menggunakan aplikasi ImageJ. Aplikasi ImageJ digunakan untuk menentukan ukuran gelembung dari hasil proses elektroflotasi, sehingga dapat diketahui jumlah gelembung berdasarkan ukuran gelembung yang dihasilkan. Gambar gelembung yang diambil menggunakan kamera digital, kemudian dianalisis menggunakan aplikasi ImageJ dengan langkah sebagai berikut:

a) Pemilihan gambar dan pengaturan skala pada gambar

Dipilih gambar yang akan dianalisis menggunakan aplikasi ImageJ dengan cara membuka *file* (Gambar 8a). Kemudian skala gambar diatur dengan ketelitian 0,5 mm melalui garis lurus yang dibuat pada gambar. Gambar 8 menunjukkan cara pemilihan dan pengaturan skala terhadap gambar gelembung yang telah diambil menggunakan kamera. Pengaturan skala dilakukan dengan perintah *Analyze; Set Scale*. Parameter yang diisi pada *kolom know distance* = 1 mm dan 1 mm pada *kolom unit of length*

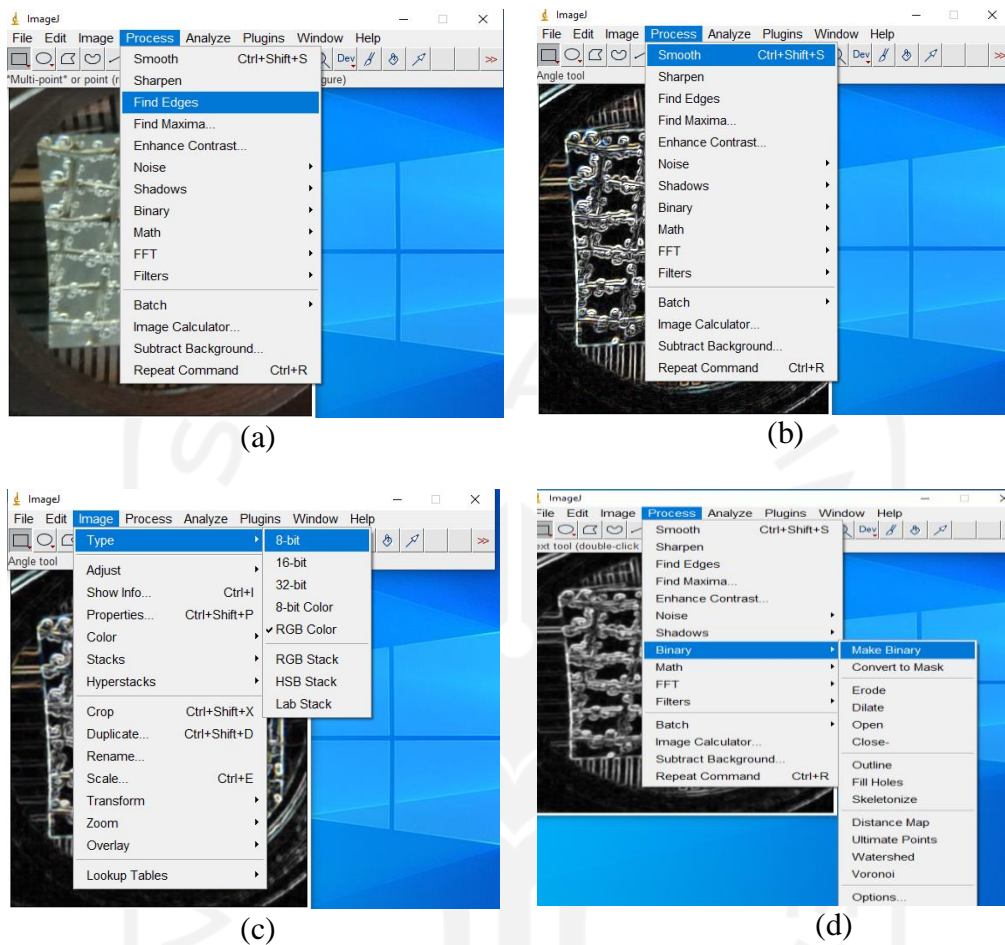
(Gambar 8b). Kemudian skala pada gambar diatur menjadi ukuran *default* dengan klik kolom *global*.



**Gambar 8.** Proses pemilihan gambar yang akan dianalisis (a) dan pengaturan pada gambar (b).

b) Tahap memperjelas visualisasi gambar

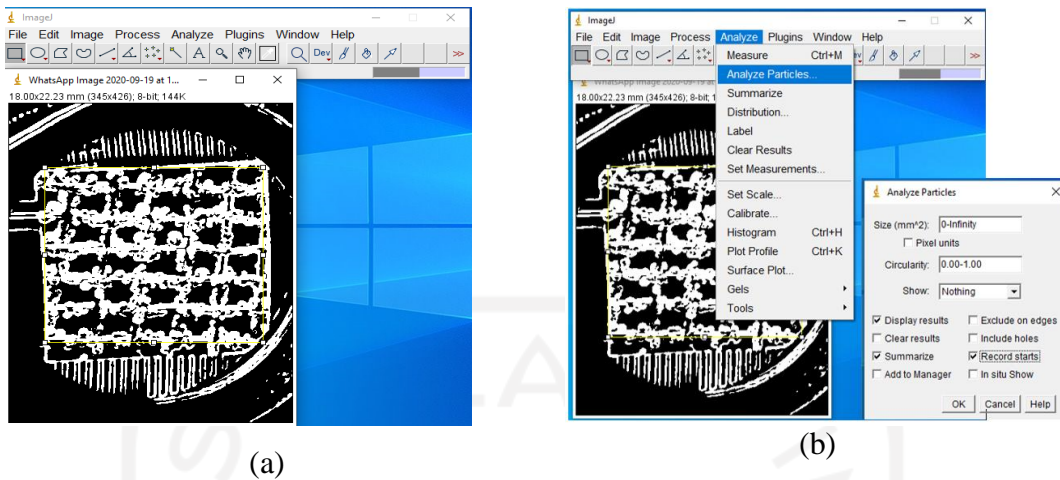
Setelah dilakukan tahap pemilihan gambar dan pengaturan skala terhadap gambar yang akan dianalisis menggunakan aplikasi ImageJ, selanjutnya dilakukan tahap visualisasi terhadap gambar yang akan dianalisis. Visualisasi gambar dapat dilakukan dengan menggunakan perintah *Process; Find Edges* yang berfungsi untuk memisahkan bagian gambar yang akan dianalisis (Gambar 9a) dengan bagian gambar yang tidak dianalisis. Kemudian visualisasi gambar dipertajam dengan menggunakan perintah *Process; Smooth* (Gambar 9b). Setelah itu, visualisasi gambar lebih diperjelas dengan merubah tipe gambar menjadi bentuk *gayscale* melalui perintah *Image; Type; 8-bit* (Gambar 9c). Proses akhir visualisasi terhadap gambar yang akan dianalisis dilakukan dengan menggunakan perintah *process; binary; make a binary* (Gambar 9d).



**Gambar 9.** Proses memperjelas visualisasi gambar dengan perintah find edges (a) smooth (b) 8-bit (c) dan binary (d).

c) Analisis ukuran partikel

Analisis ukuran partikel dari gambar yang dianalisis dilakukan dengan cara membuat persegi pada daerah gambar yang akan dianalisis dengan menggunakan perintah *rectangle* (Gambar 10a). Kemudian proses analisis dilakukan dengan menggunakan perintah *Analyze; Analyze particles* (Gambar 10b).



**Gambar 10.** Proses memberikan tanda pada daerah yang akan dianalisis dengan perintah rectangle (a) dan proses analisis pengukuran partikel pada gelembung (b).

d) Hasil analisis

Hasil analisis terhadap seluruh gelembung dapat dilihat pada Gambar 11. Ukuran gelembung dari hasil analisis dibagi menjadi tiga kategori yaitu 0-0,05 mm, 0,051-0,5 mm, dan >0,5 mm. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk memverifikasi tegangan optimum yang telah ditentukan dengan cara menghitung manual distribusi gelembung untuk kemudian digunakan pada tahap elektroflotasi berdasarkan jumlah produksi gelembung yang optimal.

Area	Mean	Min	Max	XStart	YStart
5	0.087	255	255	231	91
6	1.930	255	255	61	115
7	0.022	255	255	134	119
8	0.008	255	255	248	122
9	0.033	255	255	256	122
10	0.310	255	255	82	123
11	0.024	255	255	231	129
12	0.024	255	255	59	151
13	0.052	255	255	71	161
14	0.003	255	255	64	164
15	0.005	255	255	61	195
16	0.005	255	255	118	209
17	0.024	255	255	223	210
18	0.063	255	255	231	241
19	0.003	255	255	59	253
20	0.005	255	255	100	275
21	0.057	255	255	134	280
22	0.267	255	255	202	282
23	0.139	255	255	111	293
24	0.065	255	255	308	294
25	0.063	255	255	149	297
26	0.003	255	255	206	297
27	1.647	255	255	257	298
28	0.008	255	255	100	300
29	0.003	255	255	104	300
30	0.003	255	255	205	302
31	0.019	255	255	299	303
32	0.003	255	255	297	304
33	0.005	255	255	157	318
34	0.005	255	255	162	318

File	Edit	Font	Results
WhatsApp Image 2020-09-19 at 12:35:42-1.jpeg			Count: 34, Total Area: 85.926, Average Size: 2.527, %Area: 50.717, Mean: 255

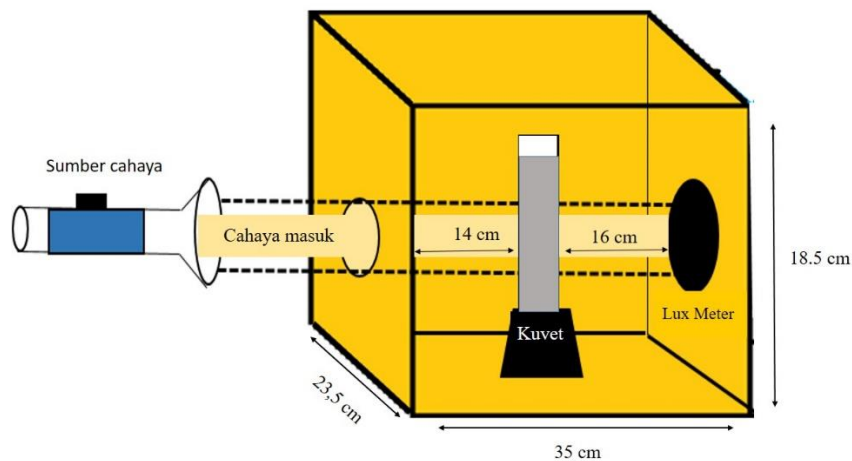
**Gambar 11.** Hasil analisis menggunakan aplikasi ImageJ.

#### 4.2.2.3 Elektroflotasi air gambut dengan tegangan optimum

Tegangan optimum diaplikasikan dalam tahap elektroflotasi menggunakan 500 mL sampel air gambut. Tahap elektroflotasi sampel air gambut dilakukan dalam reaktor elektroflotasi selama 30 menit. Elektroda yang digunakan adalah grafit sebagai anoda dan *stainless steel netwire* sebagai katoda. Proses elektroflotasi terhadap sampel air gambut berlangsung selama 30 menit (Haryono, 2013). Setelah 30 menit, sampel dianalisis berdasarkan parameter uji TDS, turbiditas, pH, *sludge mass*, SVI, efek Tyndall dan kadar logam Fe.

#### 4.2.2.4 Penentuan efek Tyndall larutan

Penentuan nilai efek Tyndall terhadap sampel yang akan dianalisis adalah dengan melewatkan seberkas cahaya yang berasal dari sumber sumber cahaya kepada larutan sampel dalam kuvet. Hamburan intensitas cahaya oleh partikel koloid dalam larutan suspensi kemudian diukur dengan Lux meter (Changwei, 2017). Pengukuran cahaya pada larutan koloid oleh Lux meter ditunjukkan pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Skema pengukuran hamburan cahaya oleh larutan koloid akibat efek Tyndall.

### **4.2.3 Evaluasi proses biokoagulasi**

#### **4.2.3.1 Preparasi biokoagulan**

Biji kacang hijau dikeringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari untuk kemudian diblender hingga menjadi tepung. Tepung kacang hijau yang diperoleh kemudian disaring menggunakan ayakan 250 mesh, sehingga dapat dipastikan bahwa ukuran tepung kacang hijau yang digunakan dalam penelitian ini tidak lebih dari 250 mesh. Bagian dari tanaman lidah buaya yang digunakan sebagai biokoagulan dalam penelitian ini adalah gel lidah buaya. Gel lidah buaya yang diperoleh ditempatkan pada wadah yang tertutup rapat dan disimpan didalam kulkas.

#### **4.2.3.2 Karakterisasi biokoagulan meliputi analisis proksimat dan FTIR**

Biokoagulan yang telah dipreparasi kemudian dikarakterisasi dengan analisis proksimat untuk menentukan kandungan protein yang terkandung didalam biokoagulan. Kandungan protein dalam biokoagulan ditentukan dengan menghitung kadar nitrogen total dalam biokoagulan dengan metode Kjeldahl. Sebanyak 2 g sampel dalam labu Kjeldahl ditambahkan dengan 1,15 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan 5 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , kemudian dihomogenkan. Setelah larutan homogen, sampel didestruksi dengan penambahan 20 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat hingga terbentuk cairan berwarna hijau. Cairan hasil destruksi kemudian didestilasi. Destilat yang diperoleh ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 10 mL HCl dan indikator fenoltalein. Titrasi dilakukan hingga warna larutan telah mencapai titik akhir.

Biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya dianalisis menggunakan instrumen FTIR, untuk mengidentifikasi senyawa atau gugus fungsi penyusun dari biokoagulan yang digunakan.

#### **4.2.3.3. Proses optimasi biokoagulasi**

Proses optimasi biokoagulan dilakukan dalam gelas beaker 1000 mL untuk tiap jenis biokoagulan dan alat *magnetic stirrer*. Sampel air gambut dikondisikan pH pada 8-9 dengan penambahan 1 M NaOH. Kemudian ditambahkan dengan biokoagulan biji kacang hijau dan lidah buaya menggunakan variasi dosis 1, 1,5 dan 2 g pada tiap

biokoagulan. Proses pengadukan dilakukan dengan pengadukan cepat selama 5 menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat selama 25 menit (Rehansyah, 2017). Koagulan kimia PAC digunakan sebagai pembanding biokoagulan. Variasi dosis PAC yang digunakan sebagai pembanding adalah 1, 1,5 dan 2 g ke dalam 500 mL sampel air gambut. Sampel hasil pengolahan dianalisis dengan parameter uji TDS, turbiditas, *sludge mass*, SVI, pH, efek Tyndall dan kadar logam Fe

Penentuan kinerja biokoagulan juga ditentukan melalui endapan yang terbentuk selama proses biokoagulasi berlangsung. Berat endapan ditentukan berdasarkan nilai *sludge mass* menggunakan persamaan 1 dan SVI menggunakan persamaan 2. Pengukuran nilai *sludge mass* bertujuan untuk menentukan nilai residu yang terbentuk sebagai endapan ketika koagulan ditambahkan ke dalam sampel (Ahmad, 2016). Untuk menentukan nilai *sludge mass*, sampel air gambut setelah proses koagulasi disaring menggunakan kertas saring *whatman 42* (100 mm) menggunakan corong *buchnerr* dan pompa vakum. Kertas saring yang berisi endapan kemudian dikeringkan dalam desikator selama 15 menit sebagai endapan basah. Endapan basah kemudian ditimbang untuk mendapat nilai berat endapan basah. Kemudian, endapan basah dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 30 menit (Sarah, 2014). Endapan yang telah dikeringkan berupa ditimbang untuk mendapat nilai berat endapan kering. Nilai *sludge mass* dapat ditentukan berdasarkan persamaan 2 berikut (Israwardani, 2018):

$$Sludge\ mass = \frac{(\text{berat\ basah} - \text{berat\ kertas\ saring}) - (\text{berat\ keirng} - \text{berat\ kertas\ saring})}{(\text{berat\ basah} - \text{berat\ kertas\ saring})} \times 100\% \quad (2)$$

Selain menentukan nilai *sludge mess*, kinerja biokoagulan ditentukan dengan menentukan nilai (*Sludge Volume Index*) SVI menggunakan persamaan 2, untuk mengamati kemampuan serta kestabilan pengendapan selama proses biokoagulasi berlangsung (Verma, 2015). Penentuan nilai SVI dilakukan dengan cara dimasukkan sampel ke dalam silinder kerucut volume 1 L. Setelah itu volume sludge dicatat. Nilai SVI dapat ditentukan dengan persamaan 3 berikut (Sholichin, 2012):



$$SVI = \frac{SV}{MLSS} \times 1000 \quad (3)$$

Dimana :

SV = Volume endapan kerucut (mL/L)

MLSS = Berat endapan tersuspensi (mg/L)

Nilai efisiensi kinerja biokoagulan digunakan untuk mengevaluasi nilai TDS, turbiditas, pH, *sludge mass*, SVI, efek Tyndall dan kadar logam Fe dapat ditentukan berdasarkan persamaan 4:

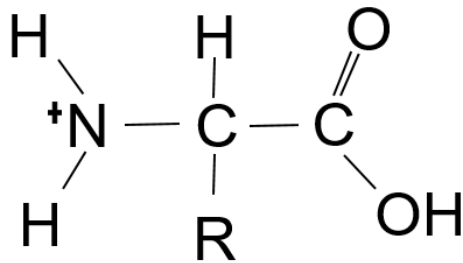
$$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Nilai awal} - \text{Nilai akhir}}{\text{Nilai awal}} \times 100\% \quad (4)$$

#### 4.2.4 Peningkatan kinerja elektroflotasi dengan biokoagulan

##### 4.2.4.1 Penggabungan metode elektroflotasi-biokoagulasi

Dosis optimum yang diperoleh pada tahap optimasi biokoagulasi menggunakan biokoagulan kacang hijau dan gel lidah buaya digunakan untuk meningkatkan kinerja proses elektroflotasi terhadap sampel air gambut. Biji kacang hijau dengan dosis optimum ditambahkan ke dalam 500 mL sampel air gambut dalam reaktor elektroflotasi, untuk kemudian dihubungkan dengan catu daya DC menggunakan tegangan optimum. Proses elektroflotasi terhadap sampel air gambut dengan penambahan biokoagulan dilakukan selama 30 menit.

Dengan menggunakan biokoagulan gel lidah buaya, dilakukan tahap yang sama terhadap 500 mL sampel air gambut. Digunakan 2 g gel lidah buaya sebagai dosis optimum. Dilakukan tahap elektroflotasi terhadap sampel air gambut yang telah ditambahkan dengan biokoagulan gel lidah buaya selama 30 menit dengan tegangan optimum. Struktur molekul protein ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13.** Struktur molekul protein.

Protein bersifat sebagai amfoter yaitu dapat menjadi asam pada larutan basa dan menjadi basa pada larutan asam. Gugus amino yang bersifat basa dan gugus asam karboksilat yang bersifat asam pada protein dapat mengalami reaksi asam-basa intramolekul membentuk ion dipolar (*zwitter ion*) tergantung pada pH lingkungannya (Kristianto, 2019). Molekul protein dalam biokoagulan mempunyai atom N dan O dengan elektron yang tidak berpasangan sehingga dapat berikatan dengan molekul lain seperti partikel koloid sehingga terjadi destabilisasi partikel membentuk flok berukuran mikro. Partikel yang tidak stabil akan saling bertumbukan serta melakukan proses tarik-menarik membentuk flok berukuran makro dalam proses flokulasi (Triyono, 2010).

#### 4.2.4.2 Efektifitas kinerja elektroflotasi dengan biokoagulasi

Peningkatan kinerja elektroflotasi terhadap sampel air gambut menggunakan dua jenis biokoagulan berbeda, dievaluasi berdasarkan parameter uji yang dilakukan setelah tahap elektroflotasi dengan biokoagulan. Sampel air gambut yang telah selesai di proses, diuji berdasarkan parameter TDS, turbiditas, pH, *sludge mass*, SVI, efek Tyndall dan kadar logam Fe.

Nilai yang diperoleh dari hasil uji kemudian dibandingkan untuk menentukan nilai % penurunan yang merujuk pada persamaan 4, sehingga dapat ditentukan efektifitas kinerja elektroflotasi menggunakan biokoagulan. Adapun parameter yang ditentukan nilai % penurunannya adalah TDS, turbiditas, pH, *sludge mass*, SVI, efek Tyndall dan kadar logam Fe menggunakan persamaan 4.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Karakterisasi biokoagulan dengan FTIR dan analisis proksimat

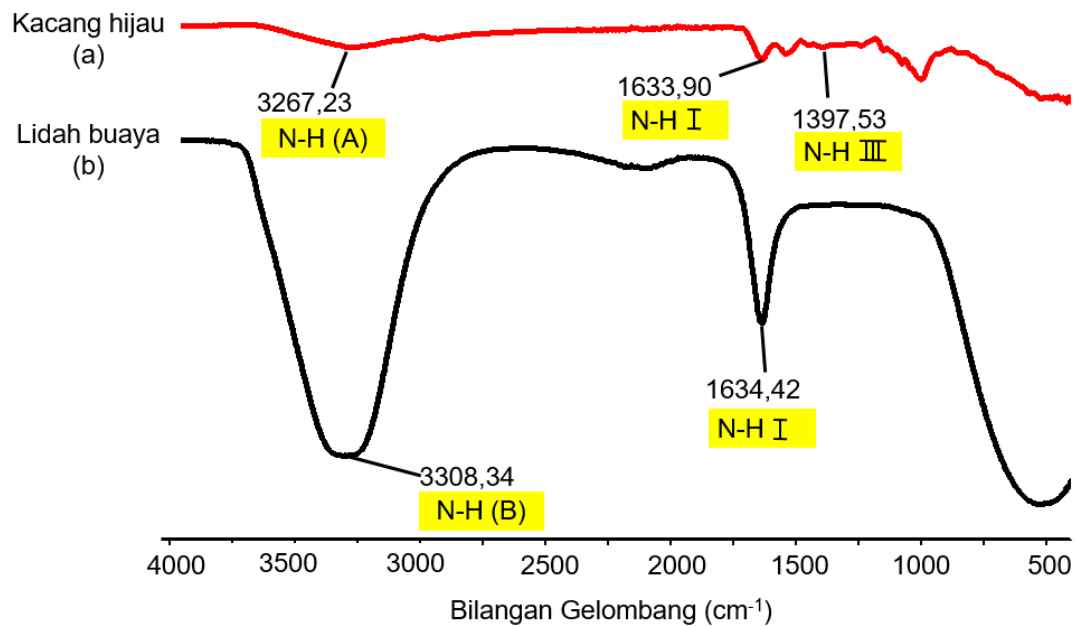
Proses biokoagulasi memanfaatkan kandungan protein dalam biokoagulan. Protein merupakan asam amino yang mengandung unsur nitrogen. Karakterisasi protein dalam biokoagulan dilakukan dengan menggunakan metode Kjeldahl. Biokoagulan akan didigesti dengan asam sulfat agar ikatan peptida dalam biokoagulan terurai sehingga menghasilkan nitrogen yang dapat dianalisis dengan metode titrasi. Hasil analisis protein terhadap biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya dapat ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil analisis uji protein terhadap biokoagulan dengan metode Kjeldahl

Biokoagulan	Parameter (%)		
	Kadar air	Kadar abu	Protein
Kacang hijau ( <i>Vigna radiata</i> )	9,05	3,46	18,90
Lidah buaya ( <i>Aloe vera</i> )	88,89	0,55	1,66

Berdasarkan hasil analisis protein terhadap biokoagulan biji kacang hijau dan lidah buaya, diketahui bahwa kandungan protein pada biji kacang hijau adalah 18,90%. Protein dari kacang hijau memiliki sifat hidrofilik, dimana gugus N dalam kacang hijau mampu berikatan dengan partikel dalam sampel (Triyono, 2010). Kadar protein dalam biokoagulan lidah buaya lebih rendah dibandingkan dengan biokoagulan kacang hijau yaitu 1,66%, sehingga kemampuan lidah buaya sebagai biokoagulan dalam proses biokoagulasi air gambut lebih rendah dibandingkan dengan kacang hijau.

Keberadaan protein dalam biokoagulan diperkuat dengan melakukan analisis gugus fungsi penyusun biokoagulan menggunakan instrumentasi FTIR yang menghasilkan bilangan gelombang berbeda pada setiap gugus fungsi.

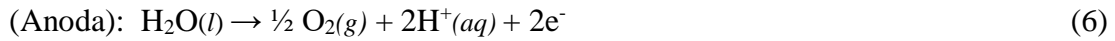
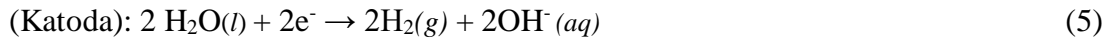


**Gambar 13.** Spektra infra merah kacang hijau (a) dan lidah buaya (b)

Gugus utama yang terdapat dalam protein adalah amida (N-H). Gambar 13 (a) menunjukkan spektrum biokoagulan biji kacang hijau, diperoleh gugus N-H tipe A yang menyerap pada bilangan gelombang  $3267,23 \text{ cm}^{-1}$ , Gugus N-H tipe I yang menyerap pada bilangan gelombang  $1633,90 \text{ cm}^{-1}$  dan gugus N-H tipe III yang menyerap pada bilangan gelombang  $1397,53 \text{ cm}^{-1}$ . Gambar 13 (b) menunjukkan spektrum biokoagulan lidah buaya, diperoleh gugus N-H tipe B yang menyerap pada bilangan gelombang  $3308,34 \text{ cm}^{-1}$  dan N-H tipe I yang menyerap pada bilangan gelombang  $1634,42 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus N-H tipe A dan B pada kacang hijau dan lidah buaya memiliki nilai bilangan gelombang yang berbeda tergantung pada kekuatan ikatan hidrogen. N-H tipe B cenderung lebih sensitif terhadap pola ikatan hidrogen sehingga nilai bilangan gelombang lebih besar dibandingkan dengan N-H tipe A. N-H tipe I dipengaruhi oleh vibrasi C=O dan C-N sehingga N-H tipe I menyerap pada bilangan gelombang sekitar  $1600 \text{ cm}^{-1}$ . N-H tipe III dihasilkan dari vibrasi gugus C-N dan peregangan C-O sehingga N-H tipe III menyerap pada bilangan gelombang sekitar  $1300 \text{ cm}^{-1}$  (Barth, 2007).

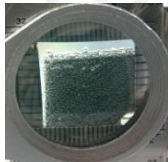
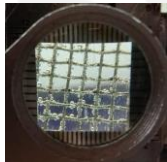
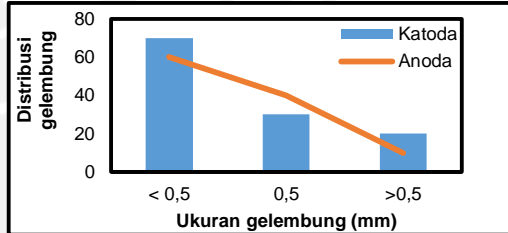
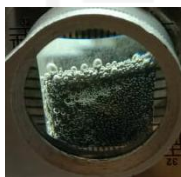

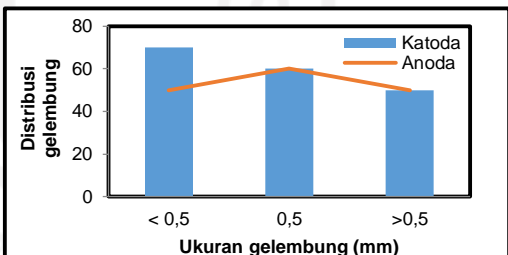

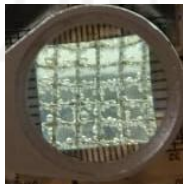
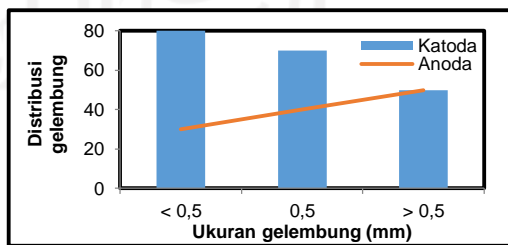
## 5.2 Optimasi tegangan dan distribusi ukuran gelembung elektroflotasi

Proses elektroflotasi melibatkan aktivitas gelembung gas yang dihasilkan dari reaksi elektrolisis air seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 5 dan 6:



Gelembung gas hidrogen dan oksigen pada katoda dan anoda akan berinteraksi dengan sampel yang menyebabkan padatan tersuspensi dalam sampel terangkat ke permukaan. Gelembung gas yang dihasilkan dipengaruhi oleh tegangan yang diberikan terhadap elektroda. Penentuan tegangan optimum dilakukan untuk mengetahui gelembung gas optimum yang digunakan selama proses elektroflotasi berlangsung.

**Tabel 5.** Hasil optimasi tegangan pada proses elektroflotasi

N0.	Anoda	Katoda	Distribusi Gelembung Gas
1.	DC 10 V 		
2.	DC 20 V 		
3.	DC 30 V 		

Tabel 5 menunjukkan hasil penentuan tegangan optimum. Penentuan tegangan optimum dilakukan secara manual. Tegangan 10 V menghasilkan distribusi gelembung yang relatif kecil namun dalam jumlah yang sedikit. Pada tegangan 20 V menghasilkan gelembung yang relatif kecil dan cenderung seragam. Tegangan yang mampu menghasilkan gelembung dengan ukuran kecil yang relatif seragam akan memberikan kinerja flotasi yang baik karena mampu mempertahankan flok yang terangkat ke permukaan. Pada tegangan 30 V dihasilkan distribusi gelembung dengan ukuran relatif besar namun tidak seragam. Berdasarkan penentuan tegangan optimum secara manual dapat diasumsikan sementara bahwa tegangan 20 V tepat digunakan dalam proses elektroflotasi dan gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi. Proses verifikasi terhadap penentuan tegangan secara manual perlu dilakukan untuk memastikan apakah tegangan 20 V tepat digunakan dalam proses elektroflotasi. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi *imageJ*. Berdasarkan hasil verifikasi menggunakan aplikasi ImageJ, tegangan 20 V diperoleh hasil distribusi gas lebih banyak berukuran relatif kecil yaitu <math>0,5-0,5\text{ mm}</math> dalam jumlah yang seragam. Dapat disimpulkan bahwa tegangan 20 V tepat digunakan untuk proses elektroflotasi.

### **5.3 Proses elektroflotasi air gambut dengan tegangan optimum**

Elektroflotasi dilakukan terhadap air gambut buatan 50 ppm dengan kelarutan  $2,20 \times 10^{-4}$  mol/L menggunakan tegangan 20 V. Partikel yang terdispersi pada sampel air gambut akan terbawa ke permukaan oleh gelembung gas yang dihasilkan oleh elektroda pada saat elektroflotasi pada saat elektroflotasi. Biokoagulan ditambahkan ke dalam larutan sampel air gambut sehingga menyebabkan partikel tidak stabil. Partikel-partikel yang tidak stabil mengalami tumbukkan dan membentuk flok yang terangkat ke permukaan oleh gelembung gas hidrogen dan oksigen. Proses tersebut dapat menyebabkan penurunan TDS sebesar 70,40% dan turbiditas sebesar 87,40% pada sampel air gambut. Penurunan nilai TDS dan turbiditas mempengaruhi nilai efek Tyndall sampel air gambut. Efek Tyndall (intensitas cahaya) merupakan efek penghamburan cahaya oleh partikel dalam media cair. Semakin kecil efek Tyndall (intensitas cahaya), maka jumlah partikel koloid yang menghalangi jalan masuk cahaya dalam larutan semakin rendah. Menurunnya TDS dan turbiditas akibat proses

elektroflotasi mampu mengurangi partikel koloid berukuran besar dalam sampel air gambut sehingga air gambut menjadi lebih jernih setelah proses elektroflotasi dibuktikan dengan meningkatnya intensitas cahaya yang terukur dari 152 Lux menjadi 361 Lux. Hasil elektroflotasi terhadap air gambut ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Perbandingan hasil analisis sampel air gambut

Kondisi Sampel (500 mL)	Parameter				
	TDS (mg/L)	Turbiditas (NTU)	pH	Sludge mass (%)	Intensitas cahaya (Lux)
Sebelum elektroflotasi	189,73	112,70	3,8		152
Setelah elektroflotasi	56,0 (70,4%)	14,20 (87,4%)	5,0	55,17	361
Persentase dihitung berdasarkan Persamaan 4:					
$\% \text{ Penurunan} = \frac{\text{Nilai awal} - \text{Nilai akhir}}{\text{Nilai awal}} \times 100\%$					(4)

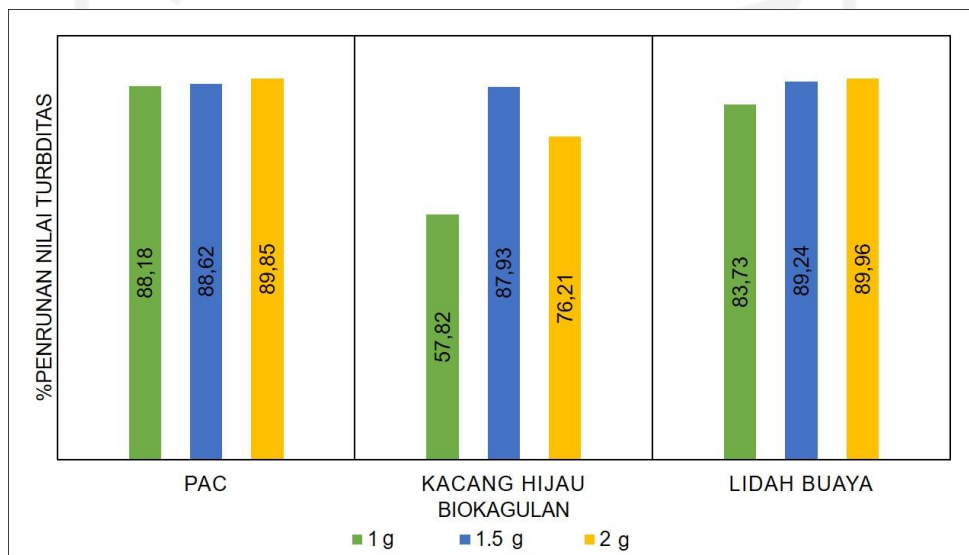
## 5.4 Proses Biokoagulasi

### 5.4.1 Proses optimasi koagulasi

Proses optimasi terhadap biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya dilakukan untuk mengetahui dosis optimum biokoagulan yang akan digunakan untuk meningkatkan kinerja elektroflotasi dalam pengolahan air gambut. Proses optimasi biokoagulasi dengan biokoagulan kacang hijau dan biokoagulan lidah buaya dilakukan dengan sistem pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses pengadukan cepat dilakukan untuk menghasilkan turbulensi sehingga terjadi proses difusi terhadap biokoagulan oleh larutan sampel yang menyebabkan terbentuk mikroflor. Mikroflor diubah menjadi makroflor dengan pengadukan lambat sehingga endapan yang terbentuk mudah dipisahkan dari larutan sampel (Hendrawati, 2015).

#### 5.4.2 Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai turbiditas

Dosis koagulan dapat memberikan pengaruh terhadap nilai turbiditas air gambut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15. Hasil penentuan optimasi biokoagulan dibandingkan dengan PAC sebagai koagulan kimia. Penurunan persentase turbiditas dengan biokoagulan kacang hijau terdapat pada dosis 1,5 g, hampir sama dengan persentase penurunan dengan koagulan kimia PAC 2 g. Pada biokoagulan lidah buaya, penurunan persentase turbiditas terdapat pada dosis 2 g karena dianggap paling mendekati persentase penurunan koagulan kimia PAC 2 g.

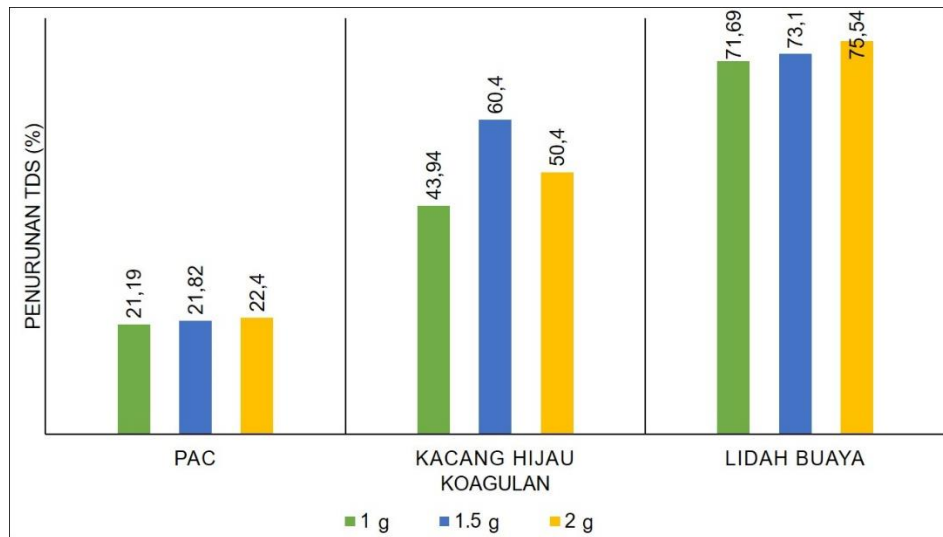


**Gambar 14.** Pengaruh dosis koagulan dengan penurunan turbiditas (%)

#### 5.4.3 Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai TDS

Penambahan biokoagulan dapat memberikan pengaruh terhadap penurunan TDS air gambut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16. Persentase penurunan maksimum untuk biokoagulan kacang hijau adalah pada dosis 1,5 g sebesar 60,4% dan biokoagulan lidah buaya adalah pada dosis 2 g dengan penurunan 75,54%. Persentase penurunan koagulan kimia PAC 2 g lebih rendah yaitu 22,4% dibandingkan dengan biokoagulan. Penambahan koagulan kimia memiliki kecenderungan untuk meningkatkan kandungan zat terlarut, sehingga kemampuan mengikat partikel koagulan kimia dalam hal ini lebih rendah dibandingkan dengan biokoagulan.

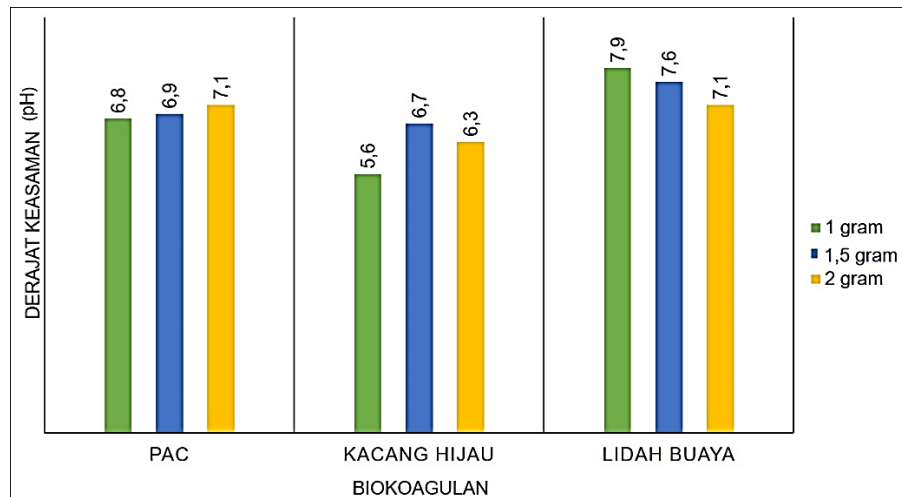




**Gambar 15.** Pengaruh dosis koagulan dengan penurunan TDS (%)

#### 5.4.4 Pengaruh dosis koagulan terhadap nilai pH

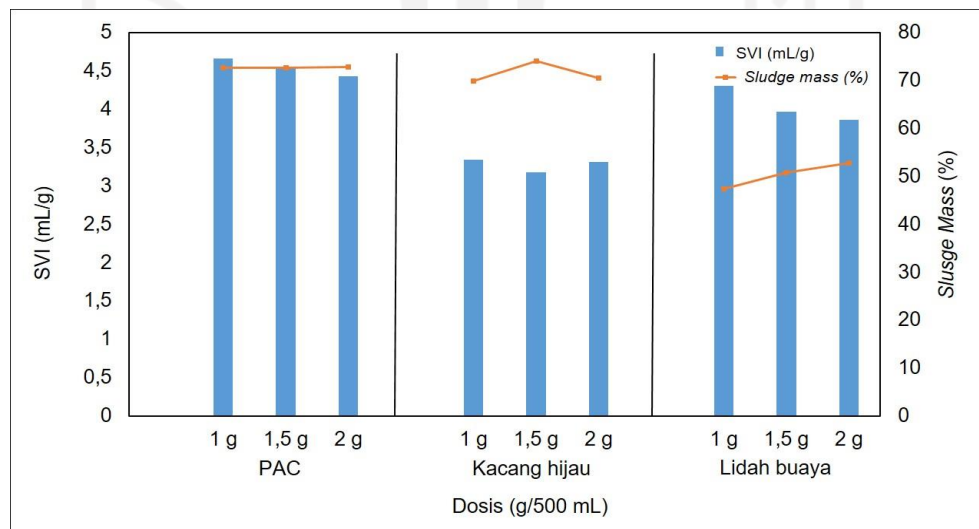
Pemberian koagulan dengan dosis tertentu dapat memberikan pengaruh terhadap nilai pH air gambut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17. Penurunan derajat keasaman (pH) terhadap sampel air gambut yang ditambahkan dengan biokoagulan dalam kondisi basa disebabkan oleh ion  $H^+$  dari reaksi hidrolisis air (Hendrawati, 2016). Gambar 11 menunjukkan bahwa dosis optimum biokoagulan kacang hijau adalah 1,5 g dan dosis optimum biokoagulan lidah buaya adalah 2 g. Nilai pH yang dihasilkan dari penambahan biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya ke dalam air gambut adalah 6,7 dan 7,1 mendekati nilai pH dari koagulan kimia PAC yaitu 7,1 sebagai pembanding dalam menetralkan air gambut. Selain dibandingkan dengan koagulan kimia PAC, penentuan dosis optimum biokoagulan juga dilakukan berdasarkan kedekatan nilai pH setelah penambahan biokoagulan dengan pH netral ( $pH = 7$ ).



**Gambar 16.** Pengaruh dosis koagulan dengan tingkat derajat keasaman

#### 5.4.5 Pengaruh dosis koagulan terhadap *sludge mass* dan SVI

Kemampuan proses koagulasi dapat ditentukan dengan mengukur *sludge mass* dan SVI. Pemberian dosis koagulan berpengaruh terhadap *sludge mass* dan SVI seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18.



**Gambar 17.** Pengaruh dosis koagulan terhadap SVI dan *sludge mass*

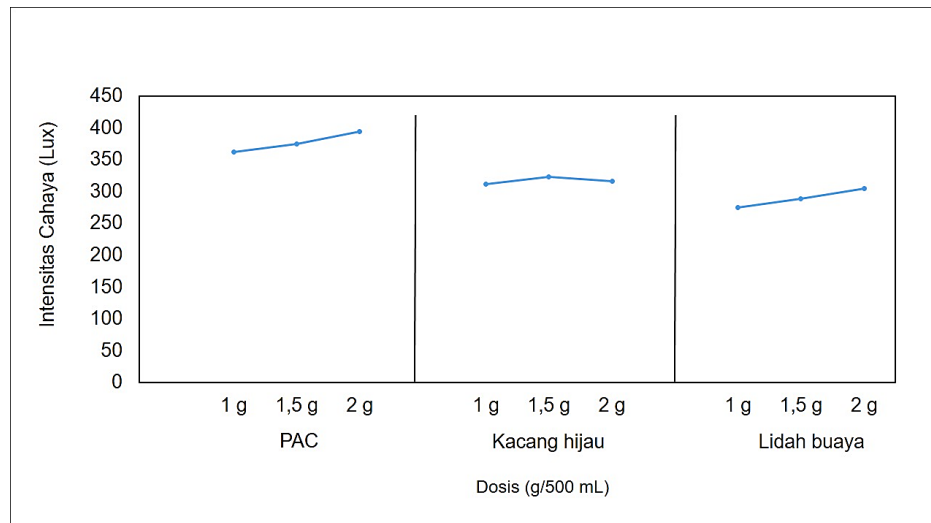
*Sludge mass* menunjukkan kemampuan koagulan dalam mengikat partikel sehingga ikut mengendap dalam bentuk residu yang dapat dipisahkan dengan cara

disaring (Atamaleki, 2020). Sedangkan SVI digunakan untuk mengukur karakteristik lumpur yang terbentuk dalam wadah kerucut yang menunjukkan stabilitas endapan yang terbentuk selama 30 menit. Penggunaan dosis koagulan yang tidak tepat dapat menurunkan kemampuan koagulan dalam proses koagulasi dan pembentukan endapan. Kemampuan pengendapan dapat dievaluasi dengan nilai SVI dan *sludge mass*.

Dosis koagulan yang tidak tepat dalam proses koagulasi dapat mengakibatkan restabilisasi koloid sehingga meningkatkan SVI (Kristianto, 2019). SVI rendah lebih efektif dalam destabilisasi partikel koloid karena mengandung banyak ion positif sehingga flok yang terbentuk lebih banyak. Berdasarkan pernyataan tersebut diketahui bahwa secara teoritis *sludge mass* dengan SVI tiap koagulan berbanding terbalik. SVI cenderung semakin menurun pada tiap penambahan koagulan dikarenakan proses destabilisasi partikel belum sempurna sehingga masih banyak partikel terlarut yang belum terendapkan. Partikel terlarut yang sulit terendapkan perlu dipisahkan dengan teknik penyaringan dan terhitung sebagai *sludge mass*. Kemampuan koagulasi tiap koagulan berbeda-beda tergantung pada sifat koagulan dan dosis yang digunakan. Terdapat tiga jenis proses koagulasi berdasarkan penambahan biokoagulan yaitu pada saat dosis dibawah titik optimum, optimum dan berlebih (Choy, 2015). Dosis optimum koagulasi dengan koagulan PAC terjadi pada 2 g, dosis optimum biokoagulan kacang hijau adalah 1,5 g dan dosis optimum biokoagulan lidah buaya adalah 1,5 g. Dosis optimum dapat diketahui berdasarkan jumlah endapan yang terbentuk selama proses koagulasi dan biokoagulasi berlangsung. Endapan yang terbentuk terhitung sebagai *sludge mass*. *Sludge mass* yang besar menunjukkan banyaknya partikel koloid yang berhasil terendapkan bersama koagulan dan biokoagulan.

#### **5.4.6 Pengaruh dosis koagulan terhadap efek Tyndall**

Pemberian koagulan dapat mempengaruhi intensitas cahaya (efek Tyndall) air gambut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19. Penambahan koagulan ke dalam air gambut dengan dosis tertentu dapat membuat warna air gambut menjadi lebih jernih akibat proses koagulasi.



**Gambar 18.** Pengaruh dosis koagulan terhadap intensitas cahaya

Biokoagulan kacang hijau dosis 1,5 g menghasilkan intensitas cahaya 323 Lux. Biokoagulan lidah buaya dosis 2 g menghasilkan intensitas cahaya 305 Lux. Intensitas cahaya yang dihasilkan biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya hampir mendekati koagulan kimia PAC dosis 2 g yaitu 394 Lux. Peningkatan intensitas cahaya setelah penambahan biokoagulan kacang hijau, lidah buaya dan koagulan kimia PAC menunjukkan bahwa warna larutan semakin jernih akibat proses koagulasi. Koagulan akan mengikat partikel terlarut dalam air gambut yang dapat dipisahkan dengan penyaringan, sehingga warna air gambut menjadi lebih jernih dari kondisi awal warna air gambut. Larutan yang jernih dapat menjadi indikasi bahwa jumlah partikel terlarut dalam air gambut berkurang sehingga tidak akan menghalangi jalan masuk cahaya ketika di ukur menggunakan sensor cahaya. Cahaya yang melewati larutan jernih tidak akan mengalami penghamburan sehingga meningkatkan efek Tyndall (intensitas cahaya). Semakin besar intensitas cahaya yang terukur menunjukkan semakin baik kinerja koagulan dalam menjernihkan air gambut.

## 5.5 Peningkatan kinerja elektroflotasi dengan biokoagulan

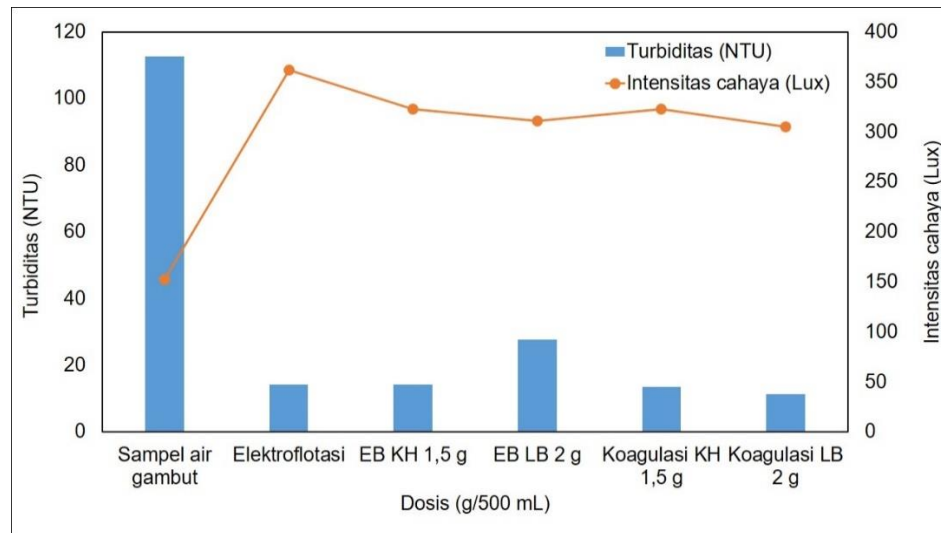
### 5.5.1 Penggabungan metode elektroflotasi-biokoagulasi

Metode koagulasi berbasis protein dengan biokoagulan dilakukan dalam suasana asam. Protein dapat diendapkan pada pH asam karena stabilitas protein mulai

terganggu pada pH 5,3 (Naga , 2015), sehingga tidak diperlukan penambahan larutan asam ke dalam air gambut karena pH air gambut adalah 3,8. Kinerja elektroflotasi ditingkatkan dengan penambahan biokoagulan sehingga diperoleh air gambut dengan kondisi lebih baik setelah proses elektroflotasi-biokoagulasi. Dosis optimum biokoagulan kacang hijau yang digunakan adalah 1,5 g, sedangkan dosis optimum yang digunakan untuk biokoagulan lidah buaya adalah 2 g.

### **5.5.2 Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi terhadap turbiditas dan efek Tyndall**

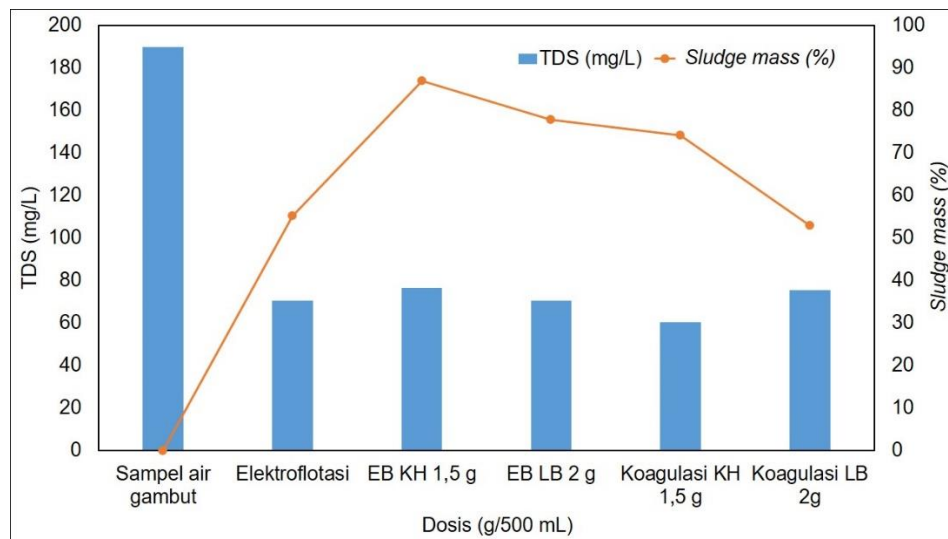
Efektifitas kinerja proses elektroflotasi-biokoagulasi terhadap turbiditas dan intensitas cahaya ditunjukkan pada Gambar 20. Penurunan turbiditas berbanding lurus dengan intensitas cahaya. Turbiditas disebabkan oleh partikel terlarut dalam larutan. Partikel terlarut dalam jumlah yang besar dapat menghambat jalan masuk cahaya ke dalam larutan. Intensitas cahaya menjadi kecil dikarenakan intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor cahaya semakin sedikit akibat penghamburan cahaya oleh partikel dalam larutan. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa semakin besar persentase penurunan turbiditas maka intensitas cahaya semakin besar yang menunjukkan bahwa jumlah partikel terlarut dalam sampel berkurang. Sampel air gambut memiliki turbiditas paling besar yaitu 112,7 NTU menunjukkan kandungan partikel dalam jumlah yang besar. Jumlah partikel yang besar dalam air gambut dapat menutup jalan masuk cahaya sehingga memberikan intensitas cahaya 152 Lux. Proses elektroflotasi menyebabkan penurunan turbiditas menjadi 14,20 NTU sehingga dihasilkan intensitas cahaya lebih tinggi yaitu 361 Lux dibandingkan dengan kondisi awal air gambut. Penurunan turbiditas dengan menambahkan biokoagulan kacang hijau 1,5 g dan lidah buaya 2 g menghasilkan turbiditas 13,60 NTU dan 11,31 NTU dengan intensitas cahaya 323 dan 305 Lux. Gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi dilakukan dengan biokoagulan kacang hijau 1,5 g dan lidah buaya 2 g sehingga menghasilkan turbiditas 14,11 dan 27,62 NTU dengan intensitas cahaya 323 dan 311 Lux.



**Gambar 19.** Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) selama 30 menit terhadap nilai turbiditas dan intensitas cahaya

### 5.5.3 Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi terhadap TDS dan *sludge mass*

Proses elektroflotasi dan biokoagulasi memberikan pengaruh terhadap perubahan nilai TDS dan *sludge mass* air gambut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21. Proses biokoagulasi dengan kacang hijau mampu menurunkan TDS 60,4% dan 75,54% dengan biokoagulan lidah buaya. Kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi mampu meningkatkan penurunan TDS. Persentase penurunan ditentukan dengan menggunakan persamaan 3. Penambahan 1,5 g biokoagulan kacang hijau ke dalam air gambut dalam gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi mampu menurunkan TDS 76,52% dan penambahan 2 g biokoagulan lidah buaya dalam gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi mampu menurunkan TDS air gambut sebesar 70,67%. Penurunan TDS dalam air gambut disebabkan karena protein dalam air gambut mengikat partikel dalam air gambut sehingga terjadi pembentukan flok, kemudian terapungkan oleh gas hidrogen dan oksigen dari hasil proses elektrolisis dalam proses elektroflotasi. Penambahan biokoagulan ke dalam air gambut meningkatkan jumlah endapan yang dapat disaring (*sludge mass*).

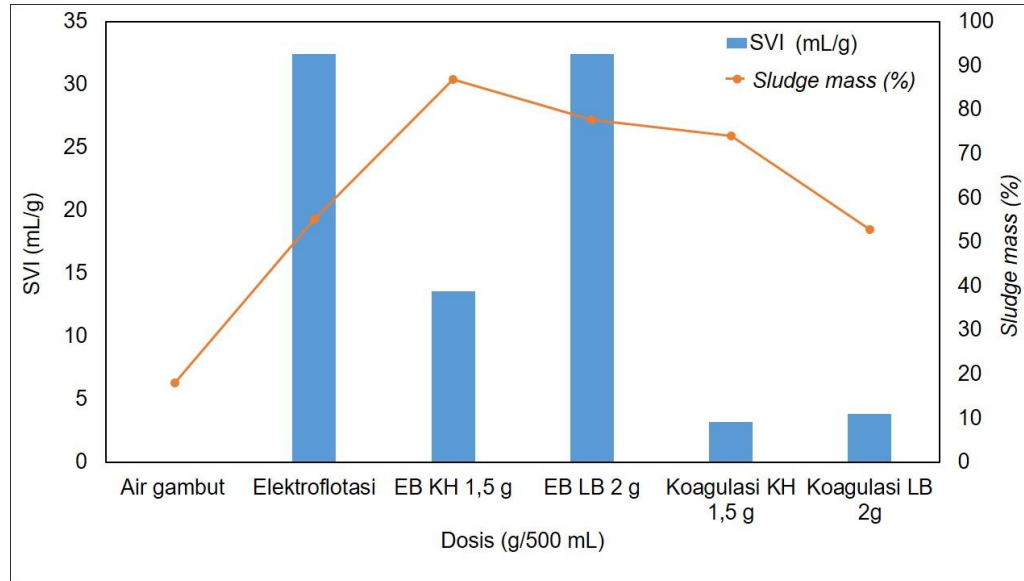


**Gambar 20.** Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) selama 30 menit terhadap nilai TDS dan *sludge mass*

#### 5.5.4 Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi terhadap SVI dan *sludge mass*

Penggunaan biokoagulan dalam kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi dapat mempengaruhi *sludge mass* dan SVI air gambut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22. *Sludge mass* dan SVI merupakan parameter dalam proses elektroflotasi dan biokoagulasi. Proses elektroflotasi menghasilkan SVI paling besar yaitu 58,25 mL/g. Batas maksimum SVI adalah 150 mL/g (Sholichin, 2015). Partikel yang cenderung tidak stabil dan terendapkan dalam proses elektroflotasi, diperkuat dengan nilai *sludge mass* paling kecil dibandingkan dengan proses lainnya yaitu 55,17% menunjukkan bahwa partikel yang terbentuk dalam SVI masih dapat larut. Proses koagulasi kacang hijau 1,5 g dan lidah buaya 2 g cenderung menghasilkan SVI lebih rendah yaitu 3,18 mL/g dan 3,86 mL/g dengan *sludge mass* 74,08% dan 52,78% dibandingkan kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi dengan SVI 13,59 mL/g dengan biokoagulan kacang hijau 1,5 g dan 52,78 mL/g dengan biokoagulan lidah buaya 2 g. *Sludge mass* yang dihasilkan dari gabungan metode elektroflotasi-biokoagulasi kacang hijau 1,5 g dan lidah buaya 2 g adalah 32,39% dan 13,59%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi

lebih baik dalam menjernihkan air gambut karena kemampuan kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi dalam menjerap partikel lebih besar.

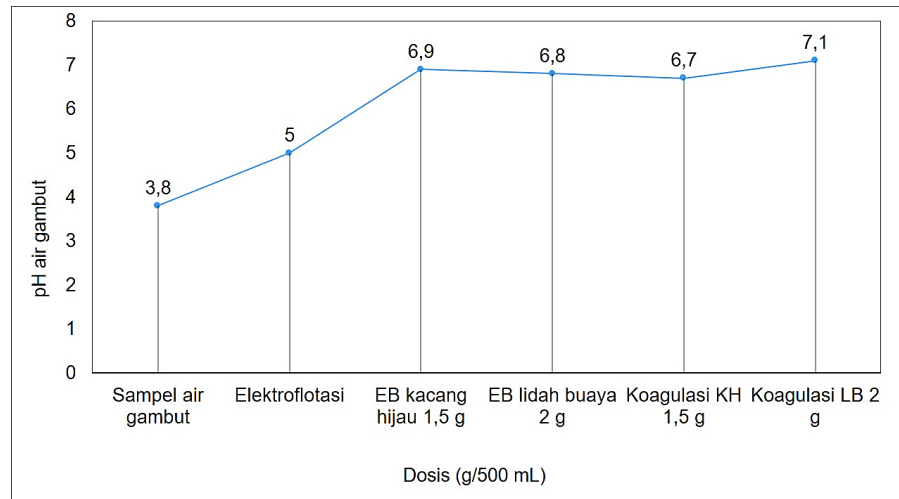


**Gambar 21.** Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) selama 30 menit terhadap SVI dan *sludge mass*

### 5.5.5 Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi terhadap nilai pH akhir air gambut

Air gambut dikenal karena tingkat keasaman yang tinggi. Kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi mampu memberikan pengaruh terhadap derajat keasaman dari air gambut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 23. Elektroflotasi merubah pH air gambut menjadi 5 menunjukkan bahwa air gambut masih sedikit asam. Penambahan biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya dapat merubah pH air gambut menjadi 6,7 dan 7,1. Selain proses biokoagulasi, perubahan pH air gambut ditunjukkan ketika metode elektroflotasi dikombinasi dengan biokoagulan kacang hijau dengan perubahan pH dari 3,8 menjadi 6,9. Metode elektroflotasi-biokoagulasi dengan biokoagulan lidah buaya mampu merubah pH air gambut menjadi 6,8. Perubahan pH dengan menggunakan biokoagulan terjadi akibat kandungan protein kationik dalam biokoagulan yang mampu menetralkan sampel bermuatan negatif (Hendrawati, 2015).





**Gambar 22.** Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) kacang hijau (KH) dan lidah buaya (LB) terhadap nilai pH

### 5.5.6 Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi terhadap kadar Fe

Salah satu kontaminan dalam air gambut adalah logam besi (Fe). Logam besi merupakan komponen yang mempengaruhi warna dan pH air gambut. Pengaruh proses elektroflotasi-biokoagulasi dapat berpengaruh terhadap penurunan kadar logam besi (Fe) dalam air gambut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Proses elektroflotasi mampu menurunkan kadar Fe sebesar 61,25% (0,93 mg/L) dalam air gambut. Penurunan kadar Fe air gambut dengan proses elektroflotasi lebih optimal ketika ditambahkan dengan biokoagulan. Biokoagulasi dengan biokoagulan kacang hijau mampu menurunkan kadar Fe 81,25% (0,45 mg/L) dan 92,08% (0,19 mg/L) dengan biokoagulan lidah buaya. Kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi mampu menurunkan kadar Fe sebesar 73,33% (0,64 mg/L) dengan biokoagulan kacang hijau dan biokoagulan lidah buaya mampu menurunkan kadar Fe 64,10% (0,85 mg/L).

**Tabel 7.** Pengaruh proses elektroflotasi-biokoagulasi terhadap kadar Fe

Dosis (g/500 mL)	Kadar Fe (mg/L)
Sampel air gambut	2,40
Elektroflotasi	0,93
EB kacang hijau ( <i>Vigna radiata</i> ) 1,5 g	0,64
EB lidah buaya ( <i>Aloe vera</i> ) 2 g	0,85
Koagulasi kacang hijau ( <i>Vigna radiata</i> ) 1,5 g	0,45
Koagulasi lidah buaya ( <i>Aloe vera</i> ) 2 g	0,19

Penurunan kadar Fe lebih besar ketika proses biokoagulasi dibandingkan dengan kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi, disebabkan oleh sifat logam Fe yang cenderung tidak stabil dan faktor tegangan yang digunakan dalam kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi. Tegangan yang digunakan dalam kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi melibatkan proses perpindahan elektron, sehingga penurunan kadar logam dalam kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi menjadi terganggu (Nugroho, 2015).

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah:

- a. Hasil proses biokoagulasi dengan biokoagulan dosis optimum dibandingkan dengan koagulan kimia PAC dosis optimum. Dosis optimum biokoagulan kacang hijau 1,5 g dan lidah buaya 2 g menghasilkan *sludge mass* 74,08% dan 52,78% dengan SVI 3,18 mL/g dan 3,86 mL/g. Koagulan kimia PAC 2 g menghasilkan *sludge mass* 72,81% dengan SVI 4,43 mL/g. Turbiditas air gambut mengalami penurunan setelah dilakukan proses biokoagulasi sebesar 87,93% dengan biokoagulan kacang hijau 1,5 g, 89,96% dengan biokoagulan lidah buaya dan 89,85% dengan koagulan kimia PAC pada dosis 2 g. Penurunan turbiditas berbanding lurus dengan penurunan TDS air gambut yaitu 60,4% dengan biokoagulan kacang hijau 1,5 g, 75,54% dengan biokoagulan lidah buaya dan 21,82% dengan koagulan kimia PAC 2g. Penurunan turbiditas dan TDS menggunakan 1,5 g biokoagulan kacang hijau, 2 g biokoagulan lidah buaya dan 2 g koagulan kimia PAC mampu meningkatkan nilai efek Tyndall (intensitas cahaya) menjadi 323 Lux, 305 Lux dan 394 Lux dari intensitas cahaya awal air gambut 152 Lux. Penambahan biokoagulan mampu merubah nilai pH air gambut menjadi 6,7 dengan 1,5 g biokoagulan kacang hijau, 7,1 dengan 2 g biokoagulan lidah buaya, dan 7,1 dengan koagulan kimia PAC 2 g dari pH awal air gambut adalah 3,8.
- b. Proses elektroflotasi terhadap air gambut dilakukan dengan menggunakan tegangan optimum 20 V sehingga dapat menurunkan turbiditas air gambut sebesar 87,40% dan TDS sebesar 70,4%. Penurunan turbiditas dan TDS dalam proses elektroflotasi dapat meningkatkan efek Tyndall (intensitas cahaya)

menjadi 361,6 Lux dari 152,3 Lux. Proses elektroflotasi memberikan sedikit perubahan terhadap nilai pH air gambut menjadi 5 dari pH awal air gambut 3,8. Proses elektroflotasi air gambut mampu menurunkan kadar logam berat Fe sebesar 61,25%.

- c. Gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi memberikan performa maksimal terhadap penurunan parameter air gambut penyebab turbiditas, TDS, intensitas cahaya, pH dan kandungan logam berat Fe air gambut. Turbiditas air gambut turun sebesar 87,48% dengan biokoagulan kacang hijau dosis optimum 1,5 g dan 75,49% dengan biokoagulan lidah buaya dosis optimum 2 g. Penurunan TDS pada gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi sebesar 76,52% dengan biokoagulan kacang hijau dan 70,67% dengan biokoagulan lidah buaya. Peningkatan efek Tyndall (intensitas cahaya) dengan gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi dengan biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya sebesar 323 Lux dan 311 Lux. Gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi dapat meningkatkan penurunan pH air gambut dari 3,8 menjadi 6,9 dengan biokoagulan kacang hijau dan 6,8 dengan biokoagulan lidah buaya. Penurunan kadar logam berat Fe dengan gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi air gambut menggunakan biokoagulan kacang hijau dan lidah buaya adalah 73,33% dan 64,10%.

## 6.2 Saran

Perlu dilakukan aplikasi langsung terhadap sampel air gambut alami dalam gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi menggunakan biokoagulan kacang hijau (*Vigna radiata*) dan lidah buaya (*Aloe vera*), sehingga dapat diketahui efektifitas biokoagulan yang digunakan dan gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi terhadap air gambut alami.

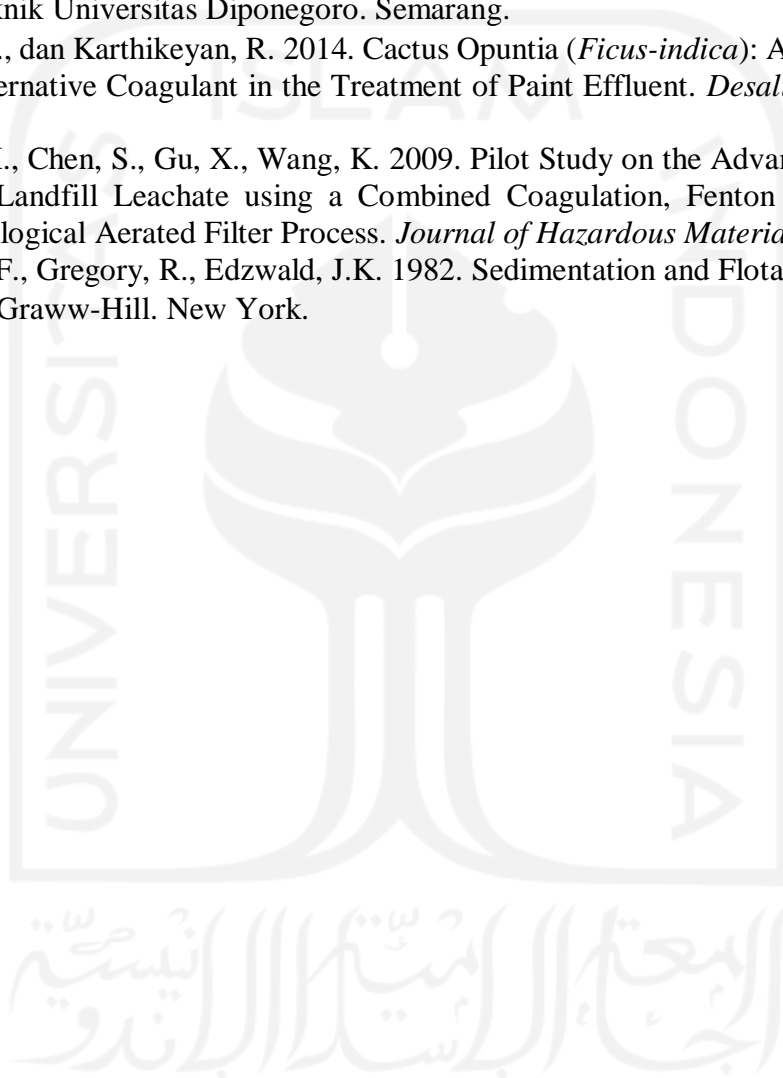
## DAFTAR PUSTAKA

- Adeko, R., Mualim, Octavia, M. 2019. Pengaruh Serbuk Biji Kecipir sebagai Koagulan terhadap Penurunan Kekeruhan dalam Air Sumur Gali di Kelurahan Rawa Makmur, *Journal of Nursing Public Health*. 7 (2). 51-55.
- Ahmed, N., Jameson, G.J. 1985. The effect of bubble size on the rate of flotation of fine particles, *International Journal of Mineral Process*. 14. 195–215.
- Amanda, Y., Isa, M., Anita, D. 2019. Pemanfaatan Biji Trembesi (*Samane saman*) sebagai Koagulan Alami untuk Menurunkan COD, BOD, TSS dan Kekeruhan pada Limbah Cair Tempe. *Jurnal Integrasi Proses*. 2 (3). 92-96.
- Aprilion, R., Antaresti, Adriana, A. 2015. Penurunan Kekeruhan Air oleh Biji Pepaya, Biji Semangka dan Kacang Hijau. *Jurnal Widya Teknik*. 14 (1). 32-36.
- Ariati, N.K., Ratnayanti, K. 2017. Skrining Potensi Jenis Biji Polong-Polongan (*Famili fabaceae*) dan Biji Labu-Labuan (*Famili cucurbitaceae*) sebagai Koagulan Alami Pengganti Tawas. *Jurnal Kimia*. 11 (1). 15-22.
- Balkacem, M., Khodir, M., Sekki, A. 2007. Treatment Characteristics of Textile Wastewater and Removal of Heavy Metal Using The Electroflotation Technique. *Desalination*. 228. 81-86.
- Barth, A. 2007. Infrared Spectroscopy of Proteins. *Biochemica et Biophysica Acta*. 1073-1101.
- Brogatta, J., Navea, J.G. 2015. Fate of Aqueous Iron Leached from Tropospheric Aerosols during Atmospheric Acidic Processing: A Study of the Effect of Humic-Like Substances. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*. 198. 155-166.
- Brendan, C. Kelly, O. 2007. *Geotechnical Properties of a Municipal Water Treatment Incorporating a Coagulant*. Departement of Civil, Structural and Environmental Engineering. Ireland.
- Burns, S.E., Yiacoumi, S., Tsouris, C. 1997. Microbubble Generation for Environmental and Industrial Separations. *Separation and Purification Technology*. 11. 221-232.
- Chaibakhsh, N., Ahmadi, N., Zanjachi, M.A. 2014. Use of Plantago Major L As A Natural Coagulant for Optimized Decolorization of Dyecontaining Wastewater, *Industrial. Crops Products*. 61. 169-175.
- Choirul, A., Sirojudin, Sofjan, F. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji Bensin dan Spiritus menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. 10 (1). 79-85.
- Choy, S.Y. Prasad, K.N. 2015. A Review on Common Vegetables and Legumes as Promising Plant Based Natural Coagulant in Water Clarification. *International Journal of Environmental, Science and Technology*. 12. 367-390.
- Darmawijaya. 1997. *Klasifikasi Tanah*. UGM Press, Yogyakarta.
- Day, R.A dan Underwood, A.L. diterjemahkan oleh Pudjaatmaka, A.H. 1989. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi Keenam. Erlangga. Jakarta.

- Firda., Mulyani, O., Yuniarti, A. 2016. Pembentukan, Karakterisasi Serta Manfaat Asam Humat Terhadap Adsorpsi Logam Berat. *Soilrens*. 14. No.2.
- Flaten, T.P. 2001. *Aluminium As A Risk Factor in Alzheimer's Disease, with Emphasis on Drinking Water*. *Brain Research Bulletin*. 187–196.
- Hamman, J.H. 2008. Composition and Applications of Aloe Vera Leaf Gel, *Molecules*, 13 (8), 1599-1616.
- Haryono., Faiza, M., Christi, L.N., Rosita, A. 2018. Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi. *Education of Chemical*. 3 (1), 94-104.
- Haryono, H., Atiek, R. 2018. Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi. *Journal of Chemistry*. 3(1). 94-105.
- Hendrawati, Sumarni, S., Nurhasni. 2015. Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Kimia Valensi*. 1 (1). 1-11.
- Hanisch, B. 1959. The Scientific Application of Flotation with very Small air Bubbles for Purification of Sewage Water. Stuttgart University of Technology (in German).
- Herawati, A., Astati, R., Ismuyanto, B. 2017. Pengaruh pH dan Dosis Koagulan Terhadap Pengurangan Kekeruhan Limbah Cair. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*. 1 (1). 25-28.
- Hseu, Y.C., Huang, H.W., Wang, S.Y., Chen, H.Y., Lu, F.J., Gau, R.J., Yang, H.L. 2002. Humic Acid Induces Apoptosis in Human Endothelial Cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 182. 34-43.
- Ignasius, D.A., Sutapa. 2016. Kajian Jarrest Koagulasi-Flokulasi sebagai Dasar Perancangan Instalasi Pengolahan Air Gambut menjadi Air Bersih. *Riset Geoteknologi Tambang*. 24 (1). 13-21.
- Khopkar, S.M. 2003. Konsep Dasar Kimia Analitik. UI Press, Jakarta.
- Kristianto, H., Prasetyo, S., Sugih, A.K., 2019. Pemanfaatan Ekstrak Protein dari Kacang-Kacangan sebagai Koagulan Alami. *Jurnal Rekayasa Proses*. 13 (2). 65-80.
- Maltov, B.M., Lazavenko, B.R. 1965. Size Distribution of Hydrogen Bubbles Evolved during Electrolysis at a Wire Cathode. *Electroannaya Obrabotka Materials*. 2. 201-206.
- Mamakov, A.A. 1975. In Modern state and perspective of electrolytic flotation, Vol. 1 (edited by Schtiinsta, V.P.). *Kishinev*. 3-66 (in Russian).
- Mansour, L., Ben, I.K, dan Elleuch, B. 2016. Treatment of Wastewater of Paper Industry by Coagulation-Electroflotation. *Desalination*. 208. 34-41.
- Mickova, I., 2015. Advanced Electrochemical Technologies in Wastewater Treatment. Part II: Electro-Floculation and Electro-Flotation. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*. 14 (2). 273-294.
- Mujariah., Abraham, P.H., Jura, M.R. 2016. Penggunaan Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*) sebagai Koagulan Alami dalam Penjernihan Air sumur di Desa Sausu Tambu Kecamatan Sausu. *Jurnal Akademika Kimia*. 5 (1). 16-22.
- Nastiti, Y., Daud, S., Herman, S. 2015. Penyisihan Warna Zat Organik dan Kekeruhan Air Gambut dengan Kombinasi Proses Kogaulasi-Flokulasi menggunakan Koagulan Alumunium Sulfat dan Membran. *Journal of Metals*. 2. 1-7.

- Ndabigengesere, A., Narasiah, K.S., Talbot, B.G. 1995. Active Agents and Mechanism of Coagulation of Turbid Waters using *Moringa oleifera*. *Water Researc.* 29 (2). 703-710.
- Nugraha, W.D., Syarifudin, Wibawarto, D.K. 2010. Study Penurunan Turbidity, TSS, COD menggunakan Biji Kelor (*Moringa oleivera*) sebagai Nanobiokoagulan dalam Pengolahan Air Limbah Domestik (*Grey Water*). *Jurnal Teknik Lingkungan.* 6 (1). 2-3.
- Nyoman, S., Dadan, S. 2013. Menghilangkan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Suasana Basa. *Jurnal Riset Geologi Tambang.* 23. 2.
- Perez, J.,G., Almendros, J.M., Rosa. 2014. Appraisal of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Environmental Materics by Analytical Pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis.* 109. 1-8.
- Pranata, M.F., Syarifudin, A., Munawar R. 2019. Perbaikan Kualitas Air menggunakan Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia.* 16 (2). 783-790.
- Priya, P.G., Ramamurthi, V., Prabhu, A. 2011. Degradation Studies of Tannery Effluents using Electro Flotation Technique. *Journal of Chemical Engineering and Process Technology.* 2 (1). 1-4.
- Rahimah, Z., Heliyanur, H., Isna, S. 2018. Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. *Konversi.* 5(2). 13-19.
- Raju, G.B., Khangaonkar, P.R. 1982. Electro-flotation of Chalcopyrite Fines. *International Journal of Mineral Process* 9. 133-143.
- Rifa'I, 2007. Pemeriksaan Kualitas Air Bersih dengan Koagulan PAC dan Tawas. *Tugas Akhir*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rochman, F., Hammami, H., Imam, S. 2016. Pembuatan IPAL Limbah Deterjen Metode Elektroflotasi Skala Pilot. *Jurnal Kimia Riset.* 1 (1). 56-67.
- Samosir, A. 20019. *Pengaruh Tawas dan Diatomea (Diatomaceous Earth) dalam Proses Pengolahan Air Gambut dengan Metode Elektrokoagulasi.* Skripsi. Departemen Kimia. FMIPA. Universitas Sumatera Utara.
- Sarkar, S.K.A., Evans, G.A., Donne, S.W. 2010. Bubble Size Measurement in Electroflotation. *Mineral and Engineering.* 23. 11-13.
- Schubert, H., Bischofberger, C. 1978. On the Hydrodynamics of Flotation Machines. *INT J Miner Process.* 5 (2). 131-142.
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air.* Andi. Yogyakarta.
- Sudoh, R., Islam, M.S., Sazawa, K., Okazaki, T., Hata, N. 2015. Removal of Dissolved Humic Acid from Water by Coagulation Method using Polyalumunium Chloride (PAC) with Calcium Carbonate as Neutralizer and Coagulant Aid. *Journal of Environmental Chemical Engineering.* 3. 770-774.

- Suherman D., Nyoman S. 2013. Menghilangkan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Metode Koagulasi-Flokulasi. *Jurnal Riset Geologi Tambang*. 23 (2). 127-139.
- Tebbut, T.H.Y. 1982. Principles of Water Quality Control. Departement of Civil Engineering. University of Brimingham. United Kingdom
- Triyono, A. 2010. Mempelajari Pengaruh Penambahan Beberapa Asam Pada Proses Isolasi Protein terhadap Tepung Protein Isolat Kacang Hijau. *Penelitian*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Vishali, S., dan Karthikeyan, R. 2014. Cactus Opuntia (*Ficus-indica*): An Eco-Friendly Alternative Coagulant in the Treatment of Paint Effluent. *Desalination*. 56. 89-97.
- Wang , X., Chen, S., Gu, X., Wang, K. 2009. Pilot Study on the Advanced Treatment of Landfill Leachate using a Combined Coagulation, Fenton Oxidation and Biological Aerated Filter Process. *Journal of Hazardous Materials*. 164. 81-86.
- Zabel, T.F., Gregory, R., Edzwald, J.K. 1982. Sedimentation and Flotation. McGraww-Hill. New York.



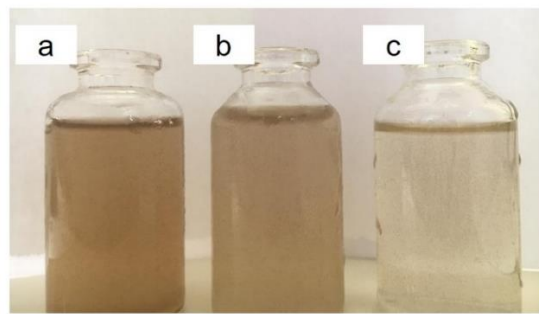


## LAMPIRAN

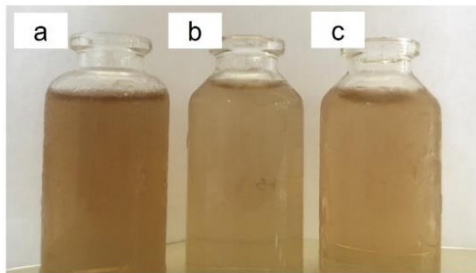
### Lampiran 1. Dokumentasi Hasil Penelitian



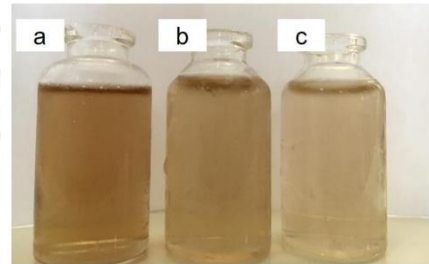
Biokoagulan kacang hijau (a) dan biokoagulan lidah buaya (b)



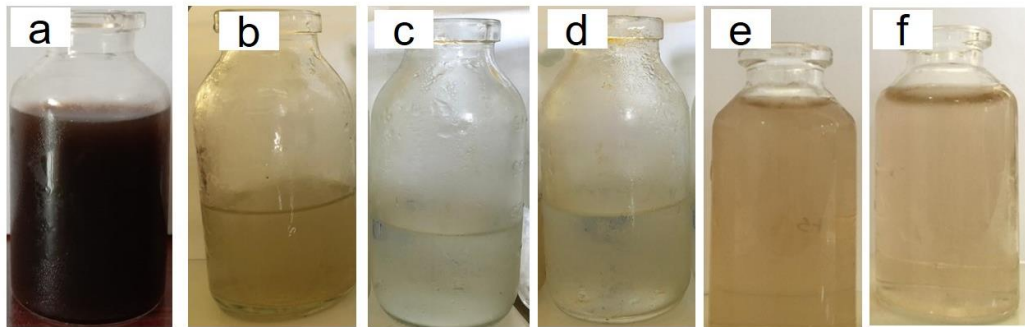
Koagulasi PAC 1 g 362 Lux (a), 1,5 g 375 Lux (b) dan 2 g 394 Lux (c)



Biokoagulasi kacang hijau (KH) 1 g 311 Lux (a), 1,5 g 323 Lux (b) dan 2 g 316 Lux (c)



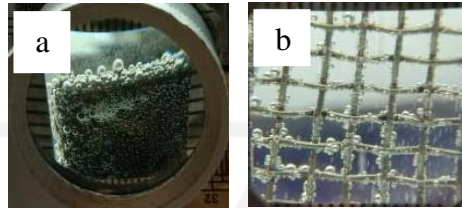
Biokoagulasi lidah buaya (LB) 1 g 275 Lux (a), 1,5 g 288 Lux (b) dan 2 g 305 Lux (c)



Perbandingan sampel air gambut 152 Lux (a), proses elektroflotasi 361 Lux (b), elektroflotasi-biokoagulasi KH 1,5 g 323 Lux (c), elektroflotasi-biokoagulasi LB 2 g 311 Lux (c), biokoagulasi KH 1,5 g 323 Lux (e), dan biokoagulasi LB 2 g 305 Lux (f)

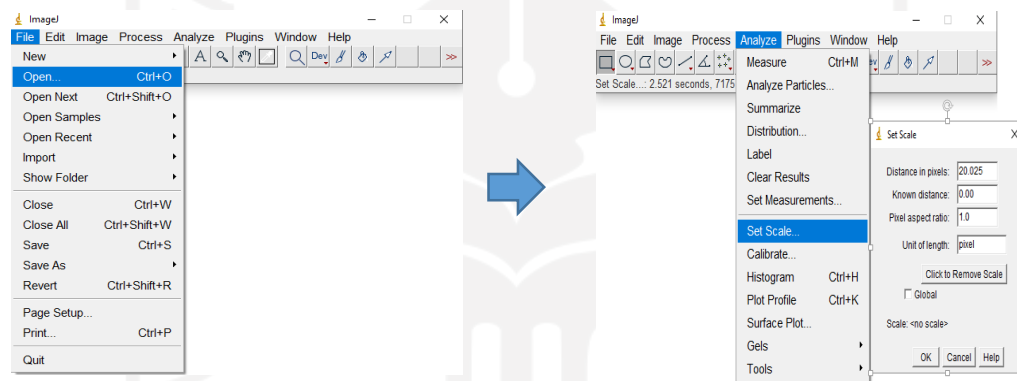
## Lampiran 2. Tahapan proses penggunaan aplikasi ImageJ

### 1. Gambar gelembung yang diambil menggunakan kamera Nikon Coolpix 3200



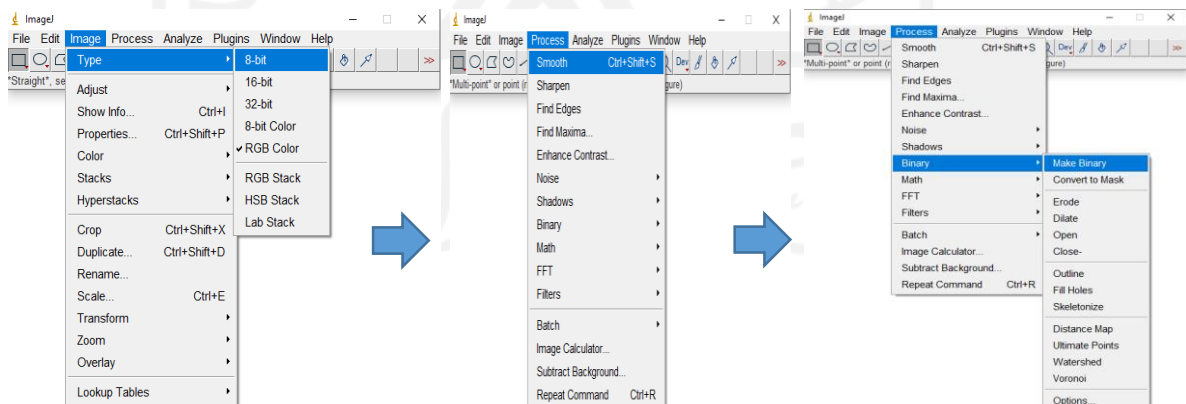
Gambar gelembung pada grafit (a) dan *stainless steel* (b)

### 2. Pemilihan dan pengaturan skala gambar dengan aplikasi ImageJ



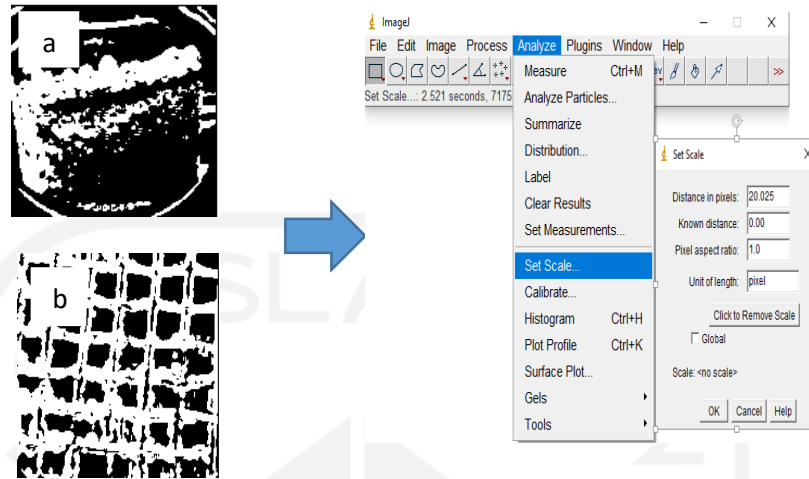
Proses pemilihan dan pengaturan gambar dengan membuka menu *open* kemudian *set scale*

### 3. Proses memperjelas visualisasi gambar



Proses memperjelas visualisasi gambar dengan perintah *8 bit-smooth-binary*

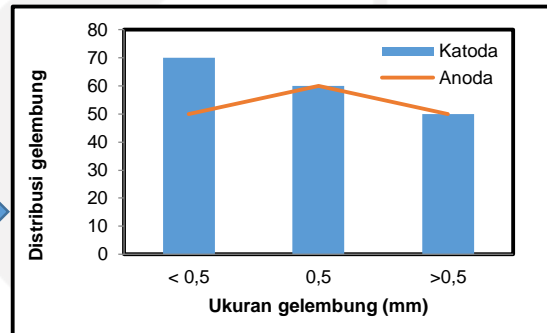
#### 4. Analisis ukuran partikel



Analisis ukuran gelembung dengan perintah *analyze* dan *set scale*

#### 5. Hasil analisis

File	Edit	Font	Results			
	Area	Mean	Min	Max	XStart	YStart
5	0.087	255	255	255	231	91
6	1.930	255	255	255	61	116
7	0.022	255	255	255	134	119
8	0.008	255	255	255	248	122
9	0.033	255	255	255	256	122
10	0.310	255	255	255	82	123
11	0.024	255	255	255	231	129
12	0.024	255	255	255	59	151
13	0.052	255	255	255	71	161
14	0.003	255	255	255	64	164
15	0.005	255	255	255	61	195
16	0.005	255	255	255	118	209
17	0.024	255	255	255	223	210
18	0.063	255	255	255	231	241
19	0.003	255	255	255	59	253
20	0.005	255	255	255	100	275
21	0.057	255	255	255	134	280
22	0.267	255	255	255	202	282
23	0.139	255	255	255	111	293
24	0.065	255	255	255	308	294
25	0.063	255	255	255	149	297
26	0.003	255	255	255	206	297
27	1.647	255	255	255	257	298
28	0.008	255	255	255	100	300
29	0.003	255	255	255	104	300
30	0.003	255	255	255	205	302
31	0.019	255	255	255	299	303
32	0.003	255	255	255	297	304
33	0.005	255	255	255	157	318
34	0.005	255	255	255	162	318



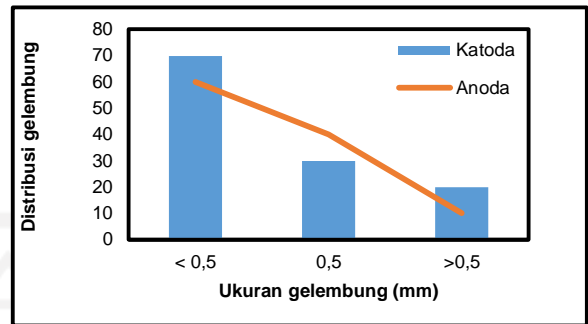
Hasil analisis imageJ di intrepetasikan ke dalam grafik linier

## Perhitungan jumlah gelembung berdasarkan ukuran

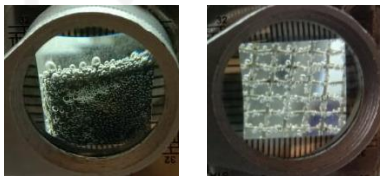
### 1. 10 V

Perhitungan secara manual

Ukuran (mm)	Katoda	Anoda
<0,5	70	60
0,5	30	40
>0,5	20	10

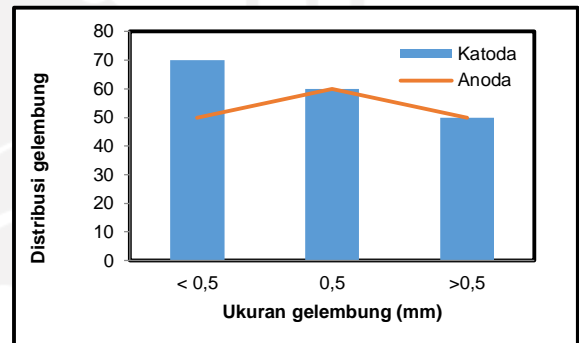


### 2. 20 V



Perhitungan secara manual

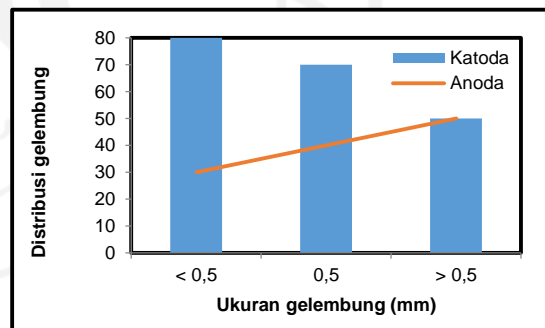
Ukuran (mm)	Katoda	Anoda
<0,5	70	50
0,5	60	60
>0,5	50	50



### 3. 30 V

Perhitungan secara manual

Ukuran (mm)	Katoda	Anoda
<0,5	80	30
0,5	70	40
>0,5	50	50



### Lampiran 3. Perhitungan *Sludge mass* dan SVI

#### 3.1 Data pengamatan berat kertas saring dan endapan

Dosis (g/500 mL)	Kertas saring (g)	Berat basah (g)	Berat kering (g)	<i>Sludge mass</i> (%)	SVI (mL/g)
PAC					
1	1,431	4,571	2,289	72,67	4,66
1,5	1,429	4,691	2,319	72,71	4,55
2	1,426	4,828	2,349	72,81	4,43
Kacang hijau					
1	1,420	4,453	2,334	69,86	3,34
1,5	1,422	4,733	2,494	74,08	3,18
2	1,426	4,583	2,354	70,60	3,31
Lidah buaya					
1	1,473	2,356	1,937	47,45	4,31
1,5	1,466	2,506	1,977	50,86	3,97
2	1,457	2,536	1,987	52,78	3,86
Elektroflotasi	1,418	2,633	1,933	55,17	58,25
Elektroflotasi- biokoagulasi kacang hijau 1,5	1,433	5,346	1,948	86,83	13,59
Elektroflotasi- biokoagulasi lidah buaya1,5	1,417	2,373	1,630	77,71	32,39

#### 3.2 Analisis data

##### A. Perhitungan *sludge mass*

$$Sludge\ mass = \frac{(\text{berat basah} - \text{berat kertas saring}) - (\text{berat keirng} - \text{berat kertas saring})}{(\text{berat basah} - \text{berat kertas saring})} \times 100\%$$

1. Koagulan PAC dosis optimum 2 g :

$$\text{Sludge mass} = \frac{3,395 - 0,923}{3,395} \times 100\% = 72,81\%$$

2. Biokagulan kacang hijau dosis optimum 1,5 g

$$\text{Sludge mass} = \frac{3,157 - 0,928}{3,157} \times 100\% = 70,60\%$$

3. Biokagulan lidah buaya dosis optimum 2 g

$$\text{Sludge mass} = \frac{1,079 - 0,53}{1,079} \times 100\% = 52,78\%$$

4. Elektroflotasi

$$\text{Sludge mass} = \frac{3,848 - 1,518}{3,848} \times 100\% = 60,55\%$$

5. Elektroflotasi-biokoagulasi kacang hijau 1,5 g

$$\text{Sludge mass} = \frac{3,913 - 0,515}{3,913} \times 100\% = 86,83\%$$

6. Elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya 2 g

$$\text{Sludge mass} = \frac{0,956 - 0,213}{189,73} \times 100\% = 77,71\%$$

#### B. Perhitungan SVI (mL/g)

$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{\text{Volume endapan kerucut (mL/L)}}{\text{Berat endapan tersuspensi (mg/L)}} \times 1000$$

1. Koagulan PAC dosis optimum 2 g:

$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{4,09/0,5 \text{ (mL/L)}}{923/0,5 \text{ (mg/L)}} \times 1000 = 4,43 \text{ mL/g}$$

2. Biokagulan kacang hijau dosis optimum 1,5 g

$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{3,10/0,5 \text{ (mL/L)}}{972/0,5 \text{ (mg/L)}} \times 1000 = 3,18 \text{ mL/g}$$

3. Biokagulan lidah buaya dosis optimum 2 g

$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{2,05/0,5 \text{ (mL/L)}}{530/0,5 \text{ (mg/L)}} \times 1000 = 3,86 \text{ mL/g}$$

4. Elektroflotasi

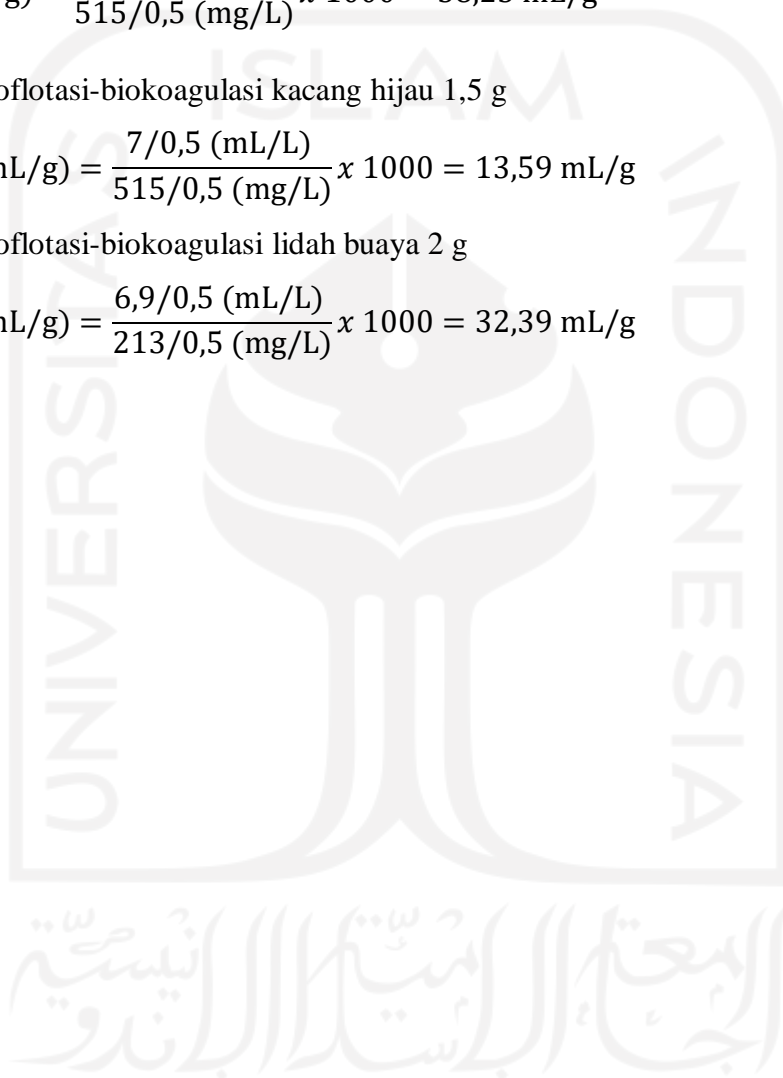
$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{30/0,5 \text{ (mL/L)}}{515/0,5 \text{ (mg/L)}} \times 1000 = 58,25 \text{ mL/g}$$

5. Elektroflotasi-biokoagulasi kacang hijau 1,5 g

$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{7/0,5 \text{ (mL/L)}}{515/0,5 \text{ (mg/L)}} \times 1000 = 13,59 \text{ mL/g}$$

6. Elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya 2 g

$$\text{SVI (mL/g)} = \frac{6,9/0,5 \text{ (mL/L)}}{213/0,5 \text{ (mg/L)}} \times 1000 = 32,39 \text{ mL/g}$$





## Lampiran 4. Penurunan TDS

### 4.1 Data pengamatan TDS

Dosis (g/500 mL)	TDS (mg/L)			X ± SD	Penurunan (%) ± SD
	1	2	3		
Air gambut	189,72	189,73	189,73	$189,73 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	
PAC					
1	149,52	149,52	149,53	$149,52 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$21,19 \pm 0$
1,5	148,33	148,33	148,33	$148,33 \pm 0$	$21,82 \pm 0$
2	147,24	147,24	147,23	$147,24 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$22,40 \pm 4,71 \times 10^{-4}$
Kacang hijau					
1	106,35	106,34	106,35	$106,35 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$43,94 \pm 4,24 \times 10^{-3}$
1,5	74	75	75	$75 \pm 0,57735$	$60,4 \pm 0$
2	94,11	94,10	94,10	$94,10 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$50,4 \pm 4,71 \times 10^{-3}$
Lidah buaya					
1	53,71	53,71	53,70	$53,71 \pm 5,7 \times 10^{-3}$	$71,69 \pm 1,11 \times 10^{-16}$
1,5	51,02	51,03	51,02	$51,02 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$73,10 \pm 4,71 \times 10^{-3}$
2	46,40	46,39	46,39	$46,39 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$75,54 \pm 0$
Elektroflotasi	56,18	56,17	56,17	$56,17 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$70,40 \pm 1,11 \times 10^{-16}$
Elektroflotasi- biokoagulasi kacang hijau 1,5	44,53	44,53	44,53	$44,53 \pm 0$	$76,52 \pm 1,11 \times 10^{-16}$
Elektroflotasi- biokoagulasi lidah buaya 1,5	55,65	55,64	55,64	$55,64 \pm 5,74 \times 10^{-3}$	$70,67 \pm 1,11 \times 10^{-16}$

#### 4.2 Analisis data

Penurunan TDS:

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

1. Koagulan PAC dosis optimum 2 g:

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{189,73 - 147,24}{189,73} \times 100 = 22,40\%$$

2. Biokagulan kacang hijau dosis optimum 1,5 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{189,73 - 75}{189,73} \times 100 = 60,4\%$$

3. Biokagulan lidah buaya dosis optimum 2 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{189,73 - 46,39}{189,73} \times 100 = 75,54\%$$

4. Elektroflotasi

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{189,73 - 56,71}{189,73} \times 100 = 70,40\%$$

5. Elektroflotasi-biokoagulasi kacang hijau 1,5 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{189,73 - 44,53}{189,73} \times 100 = 76,52\%$$

6. Elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya 2 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{189,73 - 55,64}{189,73} \times 100 = 70,67\%$$

## Lampiran 5. Penurunan Turbiditas

### 5.1 Data pengamatan turbiditas

Dosis (g/500 mL)	Turbiditas (NTU)			X ± SD	Penurunan (%)
	1	2	3		
Air gambut	112,71	112,70	112,70	112,70 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	
PAC					
1	13,31	13,31	13,31	13,31 ± 0	88,18 ± 0
1,5	12,81	12,82	12,82	12,82 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	88,62 ± 0
2	11,42	11,43	11,43	11,43 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	89,85 ± 0
Kacang hijau					
1	47,52	47,52	47,53	47,53 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	57,82 ± 0
1,5	13,60	13,60	13,61	13,60 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	87,93 ± 0
2	26,81	26,81	26,81	26,81 ± 0	76,21 ± 1,11 x 10 <sup>-16</sup>
Lidah buaya					
1	18,30	18,30	18,31	18,30 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	83,73 ± 0
1,5	12,12	12,11	12,12	12,12 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	89,24 ± 0
2	11,31	11,31	11,31	11,31 ± 0	89,96 ± 0
Elektroflotasi	14,20	14,20	14,21	14,20 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	87,40 ± 0
Elektroflotasi- biokoagulasi kacang hijau 1,5	14,11	14,10	14,11	14,11 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	87,48 ± 0
Elektroflotasi- biokoagulasi lidah buaya 1,5	27,62	27,62	27,61	27,62 ± 4,71x10 <sup>-3</sup>	75,49 ± 0

## 5.2 Analisis data

Penurunan Turbiditas:

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

1. Koagulan PAC dosis optimum 2 g :

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{112,70 - 11,43}{112,70} \times 100 = 89,85\%$$

2. Biokagulan kacang hijau dosis optimum 1,5 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{112,70 - 13,60}{112,70} \times 100 = 87,93\%$$

3. Biokagulan lidah buaya dosis optimum 2 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{112,70 - 11,31}{112,70} \times 100 = 89,96\%$$

4. Elektroflotasi

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{112,70 - 14,20}{112,70} \times 100 = 87,40\%$$

5. Elektroflotasi-biokoagulasi kacang hijau 1,5 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{112,70 - 14,11}{112,70} \times 100 = 87,48\%$$

6. Elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya 2 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{112,70 - 27,62}{112,70} \times 100 = 75,49\%$$

**Lampiran 6. Perhitungan Penurunan Logam Fe**

$$\% \text{ Penurunan logam Fe} = \frac{\text{Kadar Fe awal} - \text{Kadar Fe akhir}}{\text{Kadar Fe awal}} \times 100$$

1. Biokagulan kacang hijau dosis optimum 1,5 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{2,40 - 0,45}{2,40} \times 100 = 81,25\%$$

2. Biokagulan lidah buaya dosis optimum 2 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{2,40 - 0,19}{2,40} \times 100 = 92,08\%$$

3. Elektroflotasi

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{2,40 - 0,93}{2,40} \times 100 = 61,25\%$$

4. Elektroflotasi-biokoagulasi kacang hijau 1,5 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{2,40 - 0,64}{2,40} \times 100 = 73,33\%$$

5. Elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya 2 g

$$\% \text{ Penurunan} = \frac{2,40 - 0,85}{2,40} \times 100 = 64,58\%$$

## Lampiran 7. Data hasil pengukuran logam Fe dengan AAS



### UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA LABORATORIUM TERPADU

LAB. INSTRUMENTASI, FISIKA DASAR DAN KIMIA DASAR

Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta 55584 Telp. (0274)895920 ext. 3045, 3016, Fax (0274) 896439 ext. 3020

Website: <http://lab.uui.ac.id>, e-mail : [lab.terpadu@uui.ac.id](mailto:lab.terpadu@uui.ac.id)

No. Dok : Form-36/Hasil Uji Rev. 0

Tgl. Terbit : 24 Oktober

2018

#### Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel : Cair  
:  
Kode Sampel : 02820820/C/AAS  
Asal Sampel :  
Tanggal diterima :  
Tanggal dianalisis : 4 September 2020  
Parameter : Fe

No	Sample ID	Seq No	El	Standar	Mean Sig (Absorbance)	Limit Detection freen standard	Mean Samp	Std Dev	Samp Units
1	Calib Blank	2	Fe	0	-0,0004			0	mg/L
2	std 1	3	Fe	0,1	0,003	0,0007		0,0001	mg/L
3	std 2	4	Fe	0,5	0,0134	0,0007		0,0004	mg/L
4	std 3	5	Fe	1	0,0312	0,0007		0,0002	mg/L
5	std 4	6	Fe	2	0,0592	0,0007		0,0002	mg/L
6	std 5	7	Fe	3	0,0892	0,0007		0,0003	mg/L
7	std 6	8	Fe	5	0,1424	0,0007		0,0004	mg/L
8	std 7	9	Fe	10	0,2751	0,0007		0,0002	mg/L
9									
10	02820820-1	32	Fe		0,0684		2,4013	0,0002	mg/L
11	02820820-2	33	Fe		0,028		0,9361	0,0002	mg/L
12	02820820-3	34	Fe		0,0412		1,4148	0,0002	mg/L
13	02820820-4	35	Fe		0,0377		1,2879	0,0002	mg/L
14	02820820-5	36	Fe		0,0076		0,1963	0,0001	mg/L
15	02820820-6	37	Fe		0,0154		0,4791	0,0001	mg/L
16	02820820-7	38	Fe		0,0148		0,4574	0,0001	mg/L
17	02820820-8	39	Fe		0,0209		0,6786	0,0002	mg/L
18	02820820-9	40	Fe		0,02		0,646	0,0001	mg/L
19	02820820-10	41	Fe		0,0259		0,8599	0,0002	mg/L
20	02820820-11	42	Fe		0,0092		0,2543	0,0002	mg/L
21	02820820-12	43	Fe		0,0186		0,5952	0,0002	mg/L
22	02820820-13	44	Fe		0,0083		0,2217	0,0001	mg/L
23	02820820-14	45	Fe		0,0288		0,9651	0,0003	mg/L

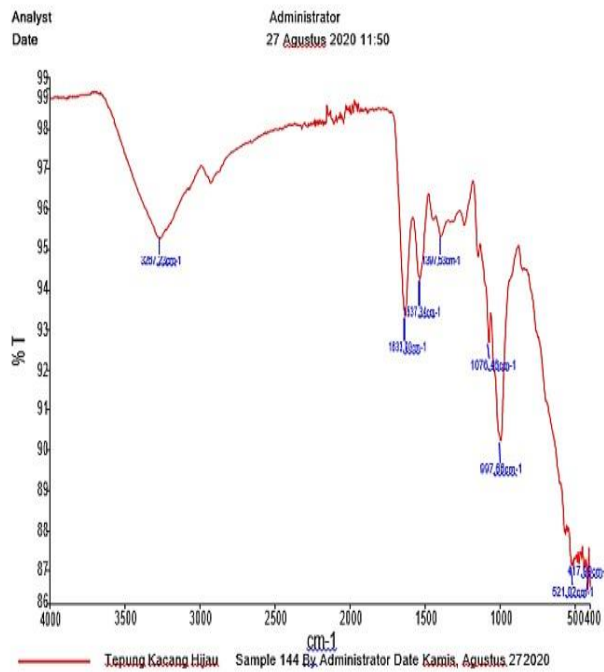
Jogjakarta, 4 September 2020

Manajer Teknis	Penyelia	Laboran
Thorikol H	Khamdan C.	Yusuf H

## Lampiran 8. Spektra IR Biokoagulan

### 8.1 Spektra biokoagulan kacang hijau

PerkinElmer Spectrum Version 10.5.1  
27 Agustus 2020 11:50



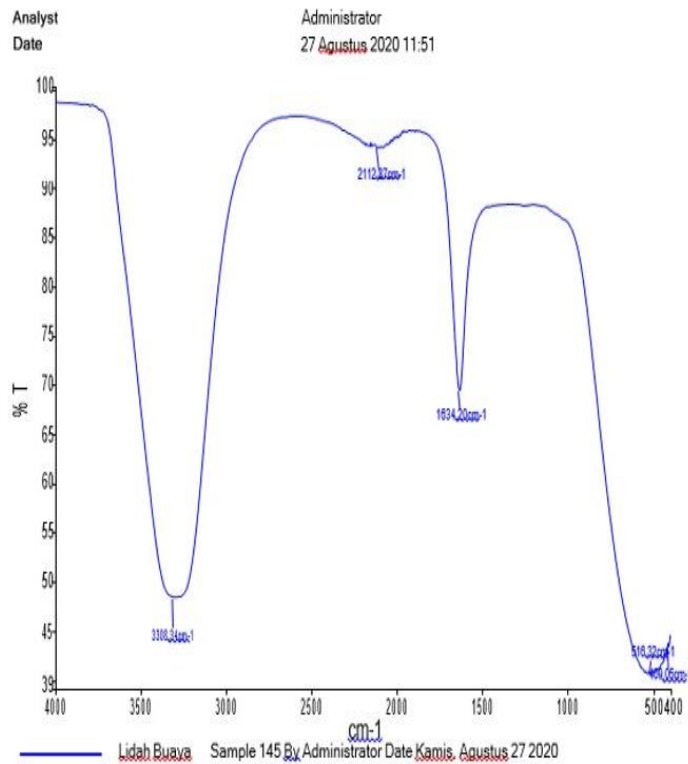
List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1) (cm-1) (cm-1)	Y (%T) (%T) (%T)
1	3267,23	95,28

Page 1

List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1) (cm-1) (cm-1)	Y (%T) (%T) (%T)
2	1633,9	93,33
3	1537,34	94,25
4	1397,53	95,33
5	1076,46	92,68
6	997,66	90,24
7	521,02	87,11
8	417,99	86,5

## 8.2 Spektra biokoagulan lidah buaya

PerkinElmer Spectrum Version 10.5.1  
27 Agustus 2020 11:51



List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1) (cm-1) (cm-1)	Y (%T) (%T) (%T)
1	3308,34	48,46

Page 1

PerkinElmer Spectrum Version 10.5.1  
27 Agustus 2020 11:51

List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1) (cm-1) (cm-1)	Y (%T) (%T) (%T)
2	2112,87	94,24
3	1634,2	69,55
4	516,32	40,64
5	409,05	43,43