

**PENGOLAHAN AIR SUNGAI MENJADI AIR BERSIH DENGAN PROSES
ELEKTROFLOTASI-BIOKOAGULASI MENGGUNAKAN
LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DAN JAGUNG (*Zea mays*)**

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
Yogyakarta**



Diajukan oleh:

CUTWAN IYNAYAH PUTRI

No. Mahasiswa: 16612016

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2020

**PENGOLAHAN AIR SUNGAI MENJADI AIR BERSIH
DENGAN PROSES ELEKTROFLOTASI-BIOKOAGULASI
MENGUNAKAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DAN
JAGUNG (*Zea mays*)**

Oleh:

CUTWAN IYNAYAH PUTRI

No. Mahasiswa: 16612016

telah dipertahankan oleh Panitia Ujian Skripsi
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia

Tanggal: 20 Januari 2021

Dewan Penguji:

1. Rudy Syah Putra, S.Si., M.Sc., Ph.D.
2. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D.
3. Mai Anugrahwati, S.Si., 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 dibawah ini:

Nama : Cutwan Iynayah Putri

Nim : 16612016

Dengan ini menyatakan skripsi saya yang berjudul **“Pengolahan Air Sungai Menjadi Air Bersih dengan Proses Elektroflotasi-Biokoagulasi Menggunakan Lidah Buaya (*Aloe vera*) dan Jagung (*Zea mays*)”** bersifat asli dan tidak berisi material yang diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan di dalam 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 sungguh-sungguhnya dan penuh rasa tanggung jawab.

Yogyakarta, 10 Januari 2021

Yang menyatakan,



Cutwan Iynayah Putri

16612016

KATA PENGANTAR

Assalamualikum Warhmatullahi Wabarakatuh

Pertama-tama senantiasa bersyukur atas limpahan rahmat dan nikmat yang Allah SWT berikan kepada saya, yang telah memberikan banyak nikmat. Nikmat iman, nikmat sehat, sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **Pengolahan Air Sungai Menjadi Air Bersih Dengan Proses Elektroflotasi-Biokoagulasi Menggunakan Lidan buaya (*Aloe vera*) Dan Jagung (*Zea mays*)**. Keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dorongan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati pada kesempatan ini izinkan penulis untuk mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Riyanto, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
2. Ibu Dr. Is Fatimah, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Dwiarso Rubiyanto, selaku Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Rudy Syah Putra, Ph.D, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran serta arahannya selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi. saya ucapkan banyak terimakasih telah mendidik saya banyak hal.
5. Kedua orang tua saya, Umi dan Abi yang selalu memberikan doa, dukungan, dan yang telah merelakan segalanya demi keberhasilan studi saya.
6. Nuke Sulis Tyagustin, rekan satu tim penelitian saya yang selalu sabar dalam membantu dan memberi dorongan dalam proses penelitian saya.
7. Alif, Rosyida, dan Heri sahabat yang selalu ada 24 jam dalam suka maupun duka.
8. Berly, Tuti, dan Sera sahabat yang selalu memberikan semangat dan batuan dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Dara Ceudah (Pipit, Mila, Ula, Ashila) sahabat sedari SMP sampai sekarang yang memberikan warna dan pelajaran dalam dunia perantauan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan proposal skripsi ini sangat penulis harapkan dari semua pihak. Semoga Naskah Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi diri penulis dan bagi para pembaca.

Wassalaamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 10 Januari 2021



Cutwan Iynayah Putri



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الجامعة الإسلامية الأندونيسية

**PENGOLAHAN AIR SUNGAI MENJADI AIR BERSIH DENGAN PROSES
ELEKTROFLOTASI-BIOKOAGULASI MENGGUNAKAN
LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DAN JAGUNG (*Zea mays*)**

INTISARI

Cutwan Iynayah Putri
16612016

Telah dilakukan kajian pengolahan air sungai Selokan Mataram dengan proses elektroflotasi-biokoagulasi menggunakan lidah buaya (*Aloe vera*) dan jagung (*Zea mays*) menjadi air bersih. Penggunaan koagulan alami lidah buaya (*Aloe vera*) dan jagung (*Zea mays*) dibandingkan dengan koagulan sintesis PAC dengan variasi dosis yang digunakan adalah 1, 1.5, dan 2 g/500 mL. Karakterisasi biokoagulan meliputi analisis proksimat dan gugus aktif koagulan dengan FTIR. Proses elektroflotasi dilakukan dengan elektroda titanium (anoda) dan *stainless steel* (katoda) dengan arus DC 20 V selama 30 menit. Konsentrasi awal air sungai memiliki nilai turbiditas, TDS, intensitas cahaya, kadar Fe dan Mn berturut-turut sebesar 866 NTU, 125 mg/L, 336 Lux, 15,829 mg/L, dan 20,686 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan protein pada biokoagulan adalah sebesar 1,16% untuk lidah buaya (*Aloe vera*) dan 9,76% untuk jagung (*Zea Mays*). Spektra IR menunjukkan keberadaan gugus fungsi N-H, C=O, dan C-N pada biokoagulan. Proses paling efektif untuk menurunkan parameter air bersih meliputi turbiditas, TDS, konsentrasi Fe, konsentrasi Mn dan meningkatkan nilai intensitas cahaya didapatkan pada proses elektroflotasi-biokoagulasi secara berturut-turut sebesar sebesar 22,2 NTU (97,49%), 22,2 mg/L (82,24%), 0,744 mg/L(95,32%), 0,507 mg/L (99,81%), dan 493 Lux (31,84%) dengan bantuan biokoagulan lidah buaya (*Aloe vera*), dan pada elektroflotasi-biokoagulasi dengan bantuan jagung didapatkan 21,7 NTU (97,43%), 21,7 mg/L (82,64%), 0,038 mg/L (96,81%), 0,075 mg/L (99,63%) dan 495 Lux (32,12%). Sedangkan pada proses elektroflotasi didapatkan hasil secara berturut-turut sebesar 250 NTU (71,1%), 108 mg/L (13,6%), 1,096 mg/L (93,70%), 0,038 mg/L (99,40%) dan 451 Lux (25,49%). Untuk biokoagulasi dengan menggunakan lidah buaya (*Aloe vera*) didapatkan hasil sebesar 78,1 NTU (91,43%), 175 mg/L (14,63%), 0,630 mg/L (96,03%), 0,075 mg/L (99,63%), dan 455 Lux (26,15%), sedangkan pada biokoagulasi dengan menggunakan jagung (*Zea mays*) didapatkan hasil sebesar 62,5 NTU (93,5%), 172 mg/L (16,09%), 0,865 mg/L (94,61%), 0,937 mg/L (95,46%) dan 460 Lux (26,95%). Nilai SVI dan *sludge mass* pada proses elektroflotasi-biokoagulasi yaitu sebesar 10,97 mL/g dan 77,92% dengan bantuan biokoagulan lidah buaya (*Aloe vera*) dan 10,01 mL/g dan 80,36% dengan bantuan biokoagulan tepung jagung (*Zea mays*).

Kata kunci : Air sungai, Elektroflotasi, Lidah buaya (*Aloe vera*), Selokan Mataram Tepung jagung (*Zea mays*)

**RIVER WATER TREATMENT INTO CLEAN WATER BY
ELECTROFLOTATION-BIOCOAGULATION PROCESS USING
ALOE VERA (*Aloe vera*) AND CORN (*Zea mays*)**

Abstract

Cutwan Iynayah Putri
16612016

A study has been carried out on Selokan mataram of river water treatment into clean water with an electroflotation-biocoagulation process using aloe vera (*Aloe vera*) and corn (*Zea mays*). Natural coagulants i.e. aloe vera (*Aloe vera*) and corn (*Zea mays*) were used and the results was compared with a synthetic coagulants i.e. PAC in term of coagulant dosage of 1, 1.5, and 2 g / 500 mL. Characterization of biocoagulants included proximate analysis and active groups of coagulant by FTIR. The electroflotation process was carried out by titanium (anode) and stainless steel (cathode) electrodes, and DC current of 20 V for 30 minutes. The initial characteristics of river water was as much as 866 NTU, 125 mg / L, 336 Lux, 15,829 mg / L, and 20,686 mg / L respectively for turbidity, TDS, light intensity, Fe and Mn concentration. The results showed that the protein content of biocoagulants was 1.16% for aloe vera (*Aloe vera*) and 9.76% for corn (*Zea Mays*). IR spectra showed that the present of functional groups N-H, C = O, and C-N in the biocoagulant. The turbidity, TDS, Fe concentration, Mn concentration and light intensity obtained in the electroflotation-biocoagulation process using Aloe vera (*Aloe vera*) as biocoagulant were 22.2 NTU (97.49%), 22.2 mg / L (82.24%), 0.744 mg / L (95.32%), 0.507 mg / L (99.81%), and 493 Lux (31.84%), respectively. While the parameters in the electroflotation-biocoagulation using corn (*Zea mays*) as biocoagulant were 21.7 NTU (97.43%), 21.7 mg / L (82.64%), 0.038 mg / L (96.81%), 0.075 mg / L (99 , 63%) and 495 Lux (32.12%), respectively. The parameters in the electroflotation process were 250 NTU (71.1%), 108 mg / L (13.6%), 1.096 mg / L (93.70%), 0.038 mg / L (99.40 %) and 451 Lux (25.49%), respectively. Whereas the parameters in biocoagulation process using Aloe vera (*Aloe vera*) was 78.1 NTU (91.43%), 175 mg / L (14.63%), 0.630 mg / L (96.03%), 0.075 mg / L (99.63%), and 455 Lux (26.15%), respectively. And the parameters in the biocoagulation process using corn (*Zea mays*) were 62.5 NTU (93.5%), 172 mg / L (16.09%).), 0.865 mg / L (94.61%), 0.937 mg / L (95.46%) and 460 Lux (26.95%), respectively. The SVI and sludge mass values in the electroflotation-biocoagulation process using Aloe vera (*Aloe vera*) as biocoagulant were 10.97 mL / g and 77.92%, respectively, and while using corn (*Zea mays*) as biocoagulant were 10.01 mL / g and 80.36%, respectively.

Keywords : Aloe vera (*Aloe vera*), Corn flour (*Zea mays*), Electroflotation, River water, Selokan Mataram.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
INTISARI	vi
Abstract	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Aplikasi Proses Elektroflotasi pada Pengolahan Air Bersih.....	6
2.2 Aplikasi Proses Biokoagulasi pada Pengolahan Air Bersih	6
2.3 Peluang Kombinasi Elektroflotasi-koagulasi	7
BAB III DASAR TEORI	9
3.1 Elektroflotasi.....	9
3.2 Biokoagulasi	11
3.2.1 Lidah buaya (<i>Aloe vera</i>).....	14
3.2.2 Tepung jagung (<i>Zea mays</i>).....	15
3.3 Mekanisme Koagulasi-Flokulasi.....	16
3.4 Elektroflotasi-Biokoagulasi	17
3.5 Parameter Kualitas Air	18

3.5.1	Kekeruhan	18
3.5.2	TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>)	19
3.5.3	pH (Derajat Keasaman)	20
3.5.4	Intensitas cahaya (Efek tyndall).....	20
3.5.5	<i>Sludge Volume Index</i> (SVI).....	21
3.5.6	<i>Sludge mass</i>	21
3.6	FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>)	22
3.7	Spektrofotometri Serapan Atom	24
3.8	Hipotesis Penelitian	27
BAB IV METODE PENELITIAN		28
4.1	Alat dan Bahan	28
4.1.1	Alat	28
4.1.2	Bahan	28
4.2	Cara Kerja	29
4.2.1	Penyiapan Sampel Air Sungai.....	29
4.2.2	Elektroflotasi	29
4.2.3	Preparasi biokoagulan.....	34
4.2.4	Penjernihan Air Sungai Menggunakan Elektroflotasi	36
4.2.5	Penjernihan Air Sungai Menggunakan Biokoagulasi.....	36
4.2.6	Penjernihan Air Sungai Menggunakan Elektroflotasi-biokoagulasi	37
4.2.7	Analisis Nilai Efisiensi Penjernihan Air sungai	37
4.2.8	Analisis Jumlah Lumpur yang Dihasilkan	37
4.2.9	Pengukuran Efek Tyndall	38
4.2.10	Analisis Logam Fe dan Mn Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	39
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		40
5.1	Analisa Parameter Awal Air Sungai Selokan Mataram	40
5.2	Biokoagulasi.....	41
5.2.1	Karakterisasi Biokoagulan	41
5.2.2	Perbandingan proses koagulasi dengan biokoagulan dan PAC	43

5.2.3	Pengaruh dosis biokoagulan terhadap <i>sludge volume index</i> (SVI) dan <i>sludge mass</i>	45
5.3	Elektroflotasi	46
5.3.1	Optimasi tegangan	46
5.3.2	Proses elektroflotasi.....	49
5.4	Efektifitas Kinerja Elektroflotasi-Biokoagulasi pada Penjernihan Air Sungai 50	
5.4.1	Proses biokoagulasi dengan bantuan elektroflotasi.....	50
5.4.2	Efektifitas penurunan turbiditas dan intensitas cahaya.....	51
5.4.3	Efektifitas penurunan TDS	53
5.4.4	Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi terhadap <i>sludge mass</i> dan <i>sludge volume index</i> (SVI).....	54
5.4.5	Persentase penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn.....	55
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		57
6.1	Kesimpulan	57
6.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN.....		63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme elektroflotasi antara gelembung gas oksigen dan hidrogen dengan molekul surfaktan	10
Gambar 2. Stuktur molekul protein.....	13
Gambar 3. Mekanisme interaksi koagulan dengan protein (Gregory, 2007).	14
Gambar 4. Mekanisme koagulasi-flokulasi.	17
Gambar 5. Prinsip kerja FTIR (Firdausi, 2008).	23
Gambar 6. Cara kerja spektrofotometri serapan atom (Anshori,2005).	25
Gambar 7. Rangkaian reaktor elektroflotasi dihubungkan dengan catu daya DC.	30
Gambar 8. Skema pengukuran gelembung elektroflotasi secara manual.....	31
Gambar 9. ImageJ: Pengaturan skala	32
Gambar 10. ImageJ: Proses memperjelas citra gelembung dengan perintah (a) smooth, (b) find edges , (c) changes to 8-bit dan (d) binary	32
Gambar 11. ImageJ: Pengukuran citra gelembung menggunakan ImageJ dengan perintah (a) rectangle, (b) analisis ukuran partikel, dan (c) hasil akhir pengukuran partikel	33
Gambar 12. Ilustrasi pengukuran efek tyndall. Keadaan pengukuran di dalam ruangan (a) dan dimansi jarak sumber sinar dengan sampel dan Lux meter (b).....	39
Gambar 13. Hasil spektrum FTIR lidah buaya (a) dan tepung jagung (b).	43
Gambar 14. Pengaruh dosis biokoagulan lidah buaya (a) dan biokoagulan jagung (b) terhadap SVI dan sludge mass.....	46
Gambar 15. Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) terhadap penurunan turbiditas dan intensitas cahaya.	52
Gambar 16. Perbandingan penurunan TDS terhadap jenis metode	54
Gambar 17. Pengaruh metode elektroflotasi- biokoagulasi (EB)	55

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi kimia lidah buaya (Aloe vera)	15
Tabel 2. Komposisi kimia tepung jagung (Zea mays)	15
Tabel 3. Parameter awal air sungai Selokan Mataram yang dibandingkan dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk hygiene sanitasi.	40
Tabel 4. Kandungan proksimat lidah buaya dan tepung jagung.....	41
Tabel 5. Kondisi air sungai Selokan Mataram sebelum dan sesudah proses koagulasi.	44
Tabel 6. Optimasi tegangan pada proses elektroflotasi.....	48
Tabel 7. Kondisi air sungai Selokan Mataram sebelum dan	49
Tabel 8. Kondisi air sungai Selokan Mataram sebelum dan sesudah proses elektroflotasi biokoagulasi.	51
Tabel 9. Hasil persen penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn.	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan universal. Sebagian besar makhluk hidup membutuhkan air untuk menunjang kehidupannya. Air sendiri memiliki peranan penting bagi manusia mulai dari kebutuhan mandi, cuci dan kakus (MCK), kebutuhan rumah tangga hingga sektor industri. Kebutuhan akan air bersih meningkat seiring dengan penambahan penduduk. Kondisi air yang bersih sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia baik skala rumah tangga maupun industri. Sumber air yang biasa digunakan oleh Instalasi Pengolahan Air Bersih untuk mengolah air baku menjadi air bersih yaitu mata air, air sungai, sumur dangkal, dan sumur dalam (Achmad, 2014).

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 32 tahun 2017, standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk kebutuhan hygiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia. Parameter fisika meliputi kekeruhan, TDS, suhu, rasa, dan bau. Sedangkan parameter kimia meliputi pH, kadar logam Fe dan Mn (Chandra, 2006).

Selokan Mataram merupakan salah satu kanal irigasi yang menghubungkan Sungai Progo di barat dan Sungai Opak di timur. Selokan Mataram ini terletak di Daerah Istimewa Yogyakarta dengan panjang aliran 31,2 km. Seiring waktu selokan mataram mengalami penurunan kualitas air dengan ditandai oleh semakin keruhnya air, apabila digunakan untuk mencuci pakaian yang berwarna putih maka pakaian tersebut akan mengalami perubahan warna menjadi kuning atau kecoklatan. Selain itu, air tersebut juga menimbulkan endapan pada bak penampungan air. Berdasarkan fenomena tersebut, maka diduga bahwa air sungai Selokan Mataram mengandung logam Fe dan Mn. Tingginya kadar Fe dan Mn di dalam air sungai akan menyebabkan iritasi pada mata, dan gangguan pencernaan (Weber dan Duffy, 2007).

Metode konvensional fisikokimia yang biasa digunakan untuk pengolahan air bersih adalah koagulasi/flokulasi, dan sedimentasi (Magaji, 2015). Koagulasi merupakan proses pengolahan air bersih dengan penambahan dan pencampuran suatu koagulan. Koagulan yang umum digunakan adalah garam aluminium antara lain poly aluminium chloride (PAC), garam besi dan termasuk polimer anorganik dengan berat molekul besar (Siregar, 2005). Beberapa studi melaporkan bahwa senyawa aluminium dapat memicu penyakit Alzheimer (Campbell, 2002). Selain itu, monomer beberapa polimer organik sintetik seperti PAC dan aluminium memiliki sifat neurotoksisitas (Hendrawati dkk., 2013). Namun, saat ini sedang dikembangkan pemanfaatan bahan alami sebagai koagulan karena memiliki beberapa keuntungan antara lain bersifat *biodegradable*, lebih aman terhadap kesehatan manusia dan bebas racun (Choy dkk., 2014). Penggunaan biokoagulan dalam penyediaan air bersih mampu menurunkan kekeruhan (Chaibakhsh dkk, 2014).

Keberadaan koagulan alami antara lain pada mikroorganisme, hewan, dan tumbuhan yang aman bagi kesehatan manusia (Kihampa dkk., 2011). Lidah buaya (*Aloe vera*) memiliki potensi untuk menurunkan kekeruhan karena mengandung asam amino polar yang dapat mengikat partikel-partikel di dalam air (Pichler dkk, 2012). Selain itu, tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai biokoagulan adalah tepung jagung (*Zea mays*) karena bersifat polielektrolit yang memiliki gugus karboksil, hidroksil, dan amida yang mampu mengikat partikel-partikel koloid di dalam air. Akan tetapi biokoagulasi memiliki kekurangan yaitu dapat mengakibatkan meningkatnya jumlah partikel terlarut akibat penambahan biokoagulan. Dosis biokoagulan sangat berpengaruh pada proses biokoagulasi. Penambahan dosis koagulan yang berlebihan memberikan efisiensi penurunan turbiditas yang tidak berbeda jauh karena akan terjadi kegagalan pembentukan flok (flok tidak stabil) dan membentuk masa endapan yang besar dalam sistem perairan (Larry dkk., 2008). Koagulasi digunakan sebagai pengolahan air minum dan air limbah, tetapi menggabungkan koagulasi dengan proses lainnya bisa meningkatkan keseluruhan kinerja untuk berbagai tugas rehabilitasi

lingkungan (Ramadhan, 2017). Menurut Mansour (2006), proses koagulasi tidak terlalu efisien jika efluen mengandung kepadatan tersuspensi yang rendah.

Elektroflotasi merupakan proses pemisahan polutan pada cairan dengan cara mengapungkan zat atau partikel polutan terdispersi di dalam air ke permukaan oleh gaya angkat gelembung gas oksigen dan hidrogen yang terbentuk dari reaksi elektrolisis (Yanqing dkk., 2009). Elektroflotasi dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan kinerja biokoagulasi karena efisien dan dapat untuk skala kecil, menengah atau bahkan besar pada pengolahan padatan tersuspensi (Kurniawan, 2006), dan bekerja pada tegangan rendah (5-20 V) (Kyzas dan Martis, 2016). Metode elektroflotasi adalah teknologi elektrokimia yang efektif untuk memisahkan padatan dan cairan dengan cara pembentukan gas hidrogen dan oksigen yang dialirkan dari elektrolisis air (Alam dan Shang, 2016). Akan tetapi, pembentukan gelembung gas yang kurang maksimal menyebabkan metode tersebut jarang digunakan. Oleh karena itu, peningkatan performa elektroflotasi dapat dilakukan pengaturan pH untuk mengoptimalkan pembentukan gas (Muhammad dan Warjito, 2014) dengan penambahan surfaktan, atau koagulan sebagai agen pengikat (Makuei et al. 2018). Gabungan metode elektroflotasi-koagulasi telah dilakukan oleh Mansour dkk (2017) menunjukkan bahwa dengan menggunakan kombinasi metode koagulan kimia dan elektroflotasi terjadi penurunan padatan tersuspensi sebesar 95% pada tegangan 9 V selama 30 menit. Elektroda yang digunakan titanium pada anoda dan *stainless steel* pada katoda.

Berdasarkan pada uraian diatas, maka dilakukan inovasi terbaru dengan menggunakan lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) sebagai biokoagulan yang dibandingkan dengan koagulan sintetis PAC dan dikombinasikan dengan elektroflotasi. Diharapkan dengan kombinasi metode elektroflotasi-biokoagulasi ini dapat meningkatkan proses pengolahan air sungai Selokan Mataram menjadi air bersih.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan biokoagulan lidah buaya dan tepung jagung dibandingkan dengan koagulan sintetis *Poly aluminium chloride* (PAC) pada pengolahan air bersih ?
2. Bagaimana performa proses gabungan elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses tunggal elektroflotasi dan biokoagulasi pada pengolahan air bersih berdasarkan pengukuran SVI dan *sludge mass*?
3. Bagaimana efisiensi dan efektifitas proses elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses elektroflotasi dan biokoagulasi pada pengolahan air bersih melalui analisis turbiditas, TDS, efek Tyndall (intensitas cahaya) dan kadar logam Fe dan Mn?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan biokoagulan lidah buaya dan tepung jagung dibandingkan dengan koagulan sintetis *Poly aluminium chloride* (PAC) pada pengolahan air bersih.
2. Mengetahui performa proses gabungan elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses tunggal elektroflotasi dan biokoagulasi pada pengolahan air bersih berdasarkan pengukuran SVI dan *sludge mass*.
3. Mengetahui efisiensi dan efektifitas proses elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses elektroflotasi dan biokoagulasi pada pengolahan air bersih melalui analisis turbiditas, TDS, intensitas cahaya dan kadar logam Fe dan Mn.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui kemampuan biokoagulan lidah buaya dan tepung jagung pada pengolahan air bersih.
2. Dapat mengetahui performa proses gabungan elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses tunggal elektroflotasi dan biokoagulasi pada pengolahan air bersih berdasarkan pengukuran SVI dan *sludge mass*.
3. Dapat mengetahui efisiensi dan efektifitas proses elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses elektroflotasi dan biokoagulasi pada pengolahan air bersih melalui analisis turbiditas, TDS, intensitas cahaya dan kadar logam Fe dan Mn.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aplikasi Proses Elektroflotasi pada Pengolahan Air Bersih

Casqueira dkk., (2006) telah melaporkan pada penelitiannya yang menggunakan metode elektroflotasi pada penurunan kandungan seng (Zn) dalam air sungai dengan konsentrasi awal sebesar 20 mg/L berhasil menurunkan ion seng yang dominan yaitu Zn^{2+} sebesar 96% dengan kondisi optimum tegangan 15 V, arus 400 mA dengan waktu kontak selama 30 menit. Elektroda yang digunakan adalah platinum sebagai anoda dan *stainless steel* sebagai katoda.

Proses elektroflotasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya tegangan dan waktu kontak. Mota (2014) telah melakukan penelitian dalam pengolahan air tanah yang terkontaminasi logam berat akibat pengeboran sumur minyak. Konsentrasi logam berat timbal, barium dan seng pada air terkontaminasi adalah 15 mg/dm³. Penelitian ini menggunakan penambahan natrium deodesil sulfat (SDS), sel elektroflotasi 7 berukuran 13 cm × 13 cm × 13 cm berbahan akrilik, arus kontinu 0-30 V/0-15 A yang terhubung ke elektroda *stainless steel* melalui kawat tembaga. Hasil penelitian menunjukkan proses elektroflotasi mampu menurunkan konsentrasi logam berat 97% pada pH 10.

2.2 Aplikasi Proses Biokoagulasi pada Pengolahan Air Bersih

Berbagai studi tentang penggunaan koagulan alami telah banyak dilakukan. *Moringa oleifera* adalah bahan yang banyak dikaji. Penelitian dengan menggunakan bahan ini telah banyak dilakukan antara lain oleh Sari dkk (2016) yang mengolah air payau menjadi air minum. Efisiensi proses koagulasi flokulasi menggunakan biji kelor adalah mencapai 48,98% menurunkan kesadahan, 44,2% menurunkan TDS, 91.64% menurunkan kadar besi dan 89,77% menurunkan kadar mangan. Biji kelor (*Moringa*

oleifera) dapat digunakan sebagai bahan penjernih air karena di dalam biji kelor (*Moringa oleifera*) terdapat kandungan protein bermuatan positif yang berperan sebagai polielektrolit kationik dan penting sebagai agen penjernihan air (Hidayat, 2009).

Beberapa tumbuhan alami yang telah dipakai untuk menjernihkan air karena zat aktif koagulan yaitu mucilago adalah kaktus (Pichler dkk., 2012), *Coccinia indica*, dan *Okara* (Jadhav, 2013), dan batang buah naga (*Hylocereus costaricensis*) (Idris dkk., 2013). Lidah buaya (*Aloe vera*) memiliki potensi untuk dijadikan koagulan alami karena mengandung protein dapat mengikat partikel-partikel di dalam air sehingga dapat menurunkan kekeruhan air. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Mujariah dkk (2016), digunakan lidah buaya (*Aloe vera*) sebagai koagulan untuk menjernihkan air sumur. Hasil yang didapatkan adalah Nilai kekeruhan air turun dari 18 NTU menjadi 5 NTU sedangkan kesadahan turun dari 314,28 mg/L menjadi 114,77 mg/L diperoleh pada perbandingan optimum 0,3 mL dalam 500 mL air sampel. Untuk warna turun dari 187 TCU menjadi 58,67 TCU diperoleh pada perbandingan optimum 0,5 mL dalam 500 mL air sampel.

Eka dan Agus (2013) melalui penelitian pada pengolahan air bersih mengungkapkan bahwa tepung jagung (*Zea mays*) mampu digunakan sebagai koagulan karena bersifat polielektrolit yang memiliki gugus karboksil, hidroksil, dan amida yang mampu mengikat partikel-partikel koloid di dalam air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar dosis koagulan yang digunakan, maka efisiensi penurunan kekeruhan juga meningkat. Penambahan dosis koagulan dari 5 sampai 20 ppm menunjukkan kenaikan efisiensi penurunan kekeruhan yang cukup signifikan, yaitu dari 87,53% menjadi 93,40%.

2.3 Peluang Kombinasi Elektroflotasi-koagulasi

Koagulasi-Elektroflotasi yang dilakukan oleh Mansour (2006) sistemnya adalah limbah diolah dengan metode koagulasi menggunakan koagulan aluminium

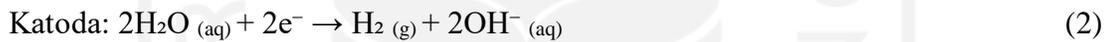
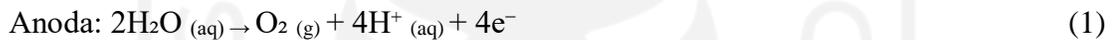
sulfat setelahnya dialirkan ke sistem elektroflotasi. Elektroda yang digunakan adalah titanium dilapisi dengan ruthenium oksida pada anoda dan *stainless steel* pada katoda. Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah industri kertas. Parameter tindak lanjutnya pada penelitian Mansour adalah jumlah padatan tersuspensi. Proses pengolahan ini mampu menurunkan COD dari 3600 mg O₂/L sampai dengan 144 mg O₂/L dengan efisiensi 96 %, BOD dari 500 mg O₂/L menjadi 45 mg O₂/L dengan efisiensi 91 % dan padatan terlarut dari 266 mg/L menjadi 9,3 mg/L dengan efisiensi 96,5%.



BAB III DASAR TEORI

3.1 Elektroflotasi

Elektroflotasi adalah proses pemisahan polutan pada cairan dengan cara mengapungkan zat atau partikel polutan terdispersi di dalam air ke permukaan oleh gaya angkat gelembung gas oksigen dan hidrogen. Gelembung gas tersebut terbentuk dari reaksi elektrolisis terhadap air menurut reaksi reduksi dan oksidasi yang ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2 (Yanqing dkk, 2009).



Hal-hal yang perlu diperhatikan pada proses elektroflotasi yaitu pemilihan elektroda yang non korosi, kuat arus listrik, waktu kontak, ukuran partikel polutan, dan pembentukan gelembung hidrogen yang dihasilkan dari katoda dan gelembung oksigen yang dihasilkan dari anoda. Kedua gas tersebut berguna untuk mengangkat flok yang terbentuk akibat berikatan dengan muatan positif dan negatif padatan tersuspensi akibat elektroda yang menghasilkan ion-ion.

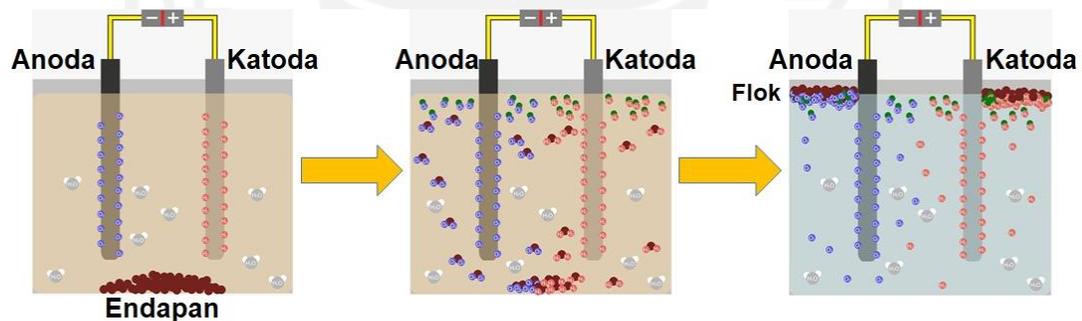
Hubungan kuantitatif antara waktu dan tegangan (kuat arus) listrik terhadap jumlah spesi kimia pada reaksi redoks ditunjukkan pada persamaan 3.

$$W = \frac{e \times I \times t}{F} \quad (3)$$

Dimana W adalah berat endapan (gram), e adalah berat ekuivalen zat, t menunjukkan waktu (detik), dan F adalah 96,500. Persamaan 3 menyatakan, pada kuat arus listrik tertentu, yang nilainya sebanding dengan tegangan listrik, jumlah (berat) gas O_2 dan H_2 akan semakin meningkat seiring dengan diperlamanya pelaksanaan

reaksi redoks. Demikian pula jika ditinjau pada lama reaksi redoks tertentu, gas O_2 dan H_2 yang dihasilkan akan semakin banyak dengan ditingkatkannya kuat arus listrik (Chang, 2010).

Mekanisme kontak antarmuka antara gelembung gas dengan molekul surfaktan dalam sistem elektroflotasi terdiri dari pengapungan, penyerapan, dan pelekatan. Pengapungan terjadi karena ikatan antara gelembung gas dengan molekul surfaktan yang berlangsung secara fisik. Penyerapan berlangsung pada struktur flokulan tersuspensi terhadap gelembung gas. Pelekatan terjadi gaya tarik intra molekular yang digunakan pada suatu permukaan antara dua fasa dan mengakibatkan tegangan permukaan (Rochman dkk., 20016). Mekanisme elektroflotasi antara gelembung gas oksigen dan hidrogen dengan molekul surfaktan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme elektroflotasi antara gelembung gas oksigen dan hidrogen dengan molekul surfaktan

Faktor-faktor yang mempengaruhi elektroflotasi:

1. Gelembung Elektrolit

Menurut Bennet dkk (1958), efisiensi pemisahan dan dalam proses elektroflotasi dapat terlihat dari hilang atau berkurangnya polutan dalam air keruh yang sebagian besar dipengaruhi oleh ukuran gelembung yang terbentuk. Beberapa studi menjelaskan

bahwa gelembung mempengaruhi ukuran partikel pada proses elektroflotasi (Ahmed, 2005). Tingginya rasio luas permukaan ke volume pada gelembung gas yang kecil akan menghasilkan kinetika flotasi yang lebih baik (Schubert and Bischofberger, 2010).

2. pH

Ukuran gelembung hidrogen lebih besar dalam suasana asam dibandingkan dalam suasana netral atau basa. Pada katoda gelembung hidrogen sangat mudah terlihat dalam suasana asam, sedangkan pada anoda gelembung hidrogen menjadi kurang signifikan dalam suasana basa (Raju dan Khangaonkar, 2000).

3. Kepadatan Arus

Kepadatan arus adalah komponen terpenting elektroflotasi. Peningkatan diameter gelembung dipengaruhi oleh kepadatan arus. Pada penelitian Burn dkk (2004) mengemukakan bahwa pada densitas arus rendah (40-210 A/m²) diameter gelembung tidak mengalami perubahan yang signifikan. Saat arus ditingkatkan dari 100 menjadi 1000 A/m², diameter gelembung mengalami sedikit peningkatan.

4. Material Elektroda

Sistem elektroda merupakan jantung dari rangkaian elektroflotasi. Pemilihan elektroda sangat penting karna didasari oleh ketahanan elektroda, biaya serta kemampuan dalam menghasilkan gas hidrogen dan oksigen pada proses elektroflotasi (Mamakov, 2006).

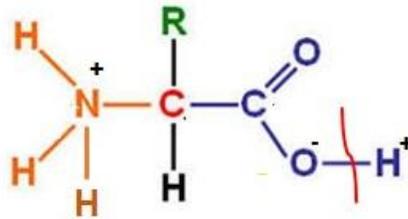
3.2 Biokoagulasi

Koagulan yang digunakan dapat dibedakan menjadi polimer anorganik dan polimer alami (Kawamura, 1991). Koagulan yang umum digunakan adalah koagulan kimia seperti alum sulfat, *poly aluminium chloride*, ferro sulfat (FeSO₄), dan ferri klorida (FeCl₃). Menurut Ozacar bahwa koagulan kimia dapat memacu timbulnya

penyakit Alzheimer (Ozacar, 2003). Oleh karena itu, saat ini sedang dikembangkan pemanfaatan bahan alami sebagai koagulan karena memiliki beberapa keuntungan antara lain bersifat biodegradable, lebih aman terhadap kesehatan manusia dan lebih ekonomis.

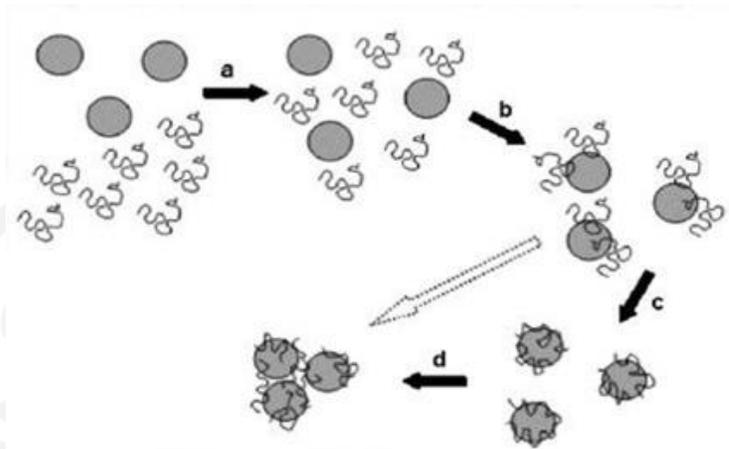
Pengolahan air bersih dengan menggunakan koagulan alami akan menghasilkan jumlah sludge lima kali lebih sedikit dibandingkan dengan koagulan kimia (Talbot dkk., 2005). Sludge yang dihasilkan mengandung mineral, asam amino, dan nutrient lain yang berpotensi menjadi pupuk (Shak dkk., 2015). Koagulan alami dapat berasal dari tumbuh-tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme. Koagulan alami yang cukup dikenal dari sumber hewani seperti kitosan (Asif dkk., 2016) yang berasal dari cangkang kepiting dan udang, atau protein dari sisik ikan (Musa dkk., 2015). Meskipun demikian koagulan alami dari tumbuh-tumbuhan relatif lebih mudah diperoleh sehingga berpotensi untuk dikembangkan dan digunakan (Choy dkk., 2015). Koagulan alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan memiliki bahan aktif berupa polisakarida, polifenol, atau protein.

Molekul asam amino mengandung gugus karboksilat ($-\text{COOH}$) dan gugus amina ($-\text{NH}_2$). Berdasarkan struktur molekulnya, asam amino merupakan senyawa yang bermuatan ganda atau zwitter ion, keadaan ini mudah berubah karena dipengaruhi oleh keadaan sekitar atau pH lingkungan. Pada pH rendah (suasana asam) asam amino akan bermuatan positif sedangkan pada pH tinggi (suasana basa) akan bermuatan negatif. Pada pH 4,8– 6,3 (pH isoelektris) asam amino akan berada pada keadaan dipolar atau ion zwitter. Pada keadaan ini kelarutan protein dalam air paling kecil sehingga protein akan menggumpal dan mengendap (Prihatiningtyas, 2013). Struktur molekul protein ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur molekul protein

Mekanisme kerja biokoagulan menggunakan protein terjadi dari pencampuran, adsorpsi, penataan ulang rantai yang teradsorpsi, dan flokulasi. Pencampuran (Gambar 3a), merupakan proses yang penting dimana polimer yang didistribusikan secara merata di seluruh suspensi. Konsentrasi polimer berlebihan memberikan penyerapan yang tidak seragam dan beberapa partikel menjadi stabil kembali. Adsorpsi (Gambar 3b), penambahan rantai polimer pada partikel tergantung pada konsentrasinya. Ketika konsentrasi partikel meningkat, dosis polimer optimum umumnya akan meningkat secara proporsional, laju adsorpsi akan meningkat. Penataan ulang rantai yang teradsorpsi (Gambar 3c), saat rantai polimer teradsorpsi pada suatu partikel, keterikatan hanya dengan beberapa bagian rantai (prinsipnya hanya satu bagian yang harus didekatkan agar polimer dianggap diserap). Setelah beberapa waktu rantai polimer teradsorpsi secara seimbang. Flokulasi (Gambar 3d), ketika partikel cukup teradsorpsi maka keadaan partikel tidak stabil, tumbukan menghasilkan keterikatan baik bridging atau terdapat gaya elektrostatis. Pada konsentrasi padatan terlarut yang tinggi laju flokulasi sangat tinggi (Gregory, 2007). Secara sederhana interaksi yang terjadi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanisme interaksi koagulan dengan protein (Gregory, 2007).

3.2.1 Lidah buaya (*Aloe vera*)

Aloe vera atau yang lebih dikenal sebagai lidah buaya merupakan tanaman asli dari Afrika Selatan, Madagascar dan Arabia. Tanaman ini termasuk ke dalam golongan *Liliaceae* (Furnawanthi, 2002). Ciri fisik dari tanaman ini adalah daunnya berdaging tebal, panjang, mengecil bagian ujungnya, berwarna hijau serta berlendir. Pada bagian massa encer mentah mengandung sekitar 98,5% air dengan kandungan 1,5% mengandung susunan senyawa vitamin, mineral, enzim, polisakarida, senyawa polipakarida, dan asam organik yang larut dalam air dan larut dalam lemak (Hamman, 2008).

Lidah buaya merupakan salah satu pilihan untuk dijadikan sebagai pengganti koagulan kimia karena mengandung protein yang dapat mengikat partikel-partikel di dalam air. Dugaan tersebut diperoleh karena lidah buaya mengandung mucilago atau gel dimana memiliki kesamaan dengan tumbuhan kaktus yang mengandung mucilago

yang telah dibuktikan dapat menjernihkan air (Pichler dkk., 2012). Komposisi kimia lidah buaya (*Aloe vera*) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia lidah buaya (*Aloe vera*)

Komponen	Kadar	Satuan
Energi	1,73-2,30	Kal
Protein	0,10-0,06	g
Lemak	0,05-0,09	g
Karbohidrat	0,30	g

3.2.2 Tepung jagung (*Zea mays*)

Jagung (*Zea mays*) merupakan salah satu Tanaman sereal dari keluarga rumput-rumputan (*Graminae*). Jagung di klasifikasikan ke dalam divisi *Agiospermae*, Kelas *monocotyledoneae*, Ordo *poales*, Famili *poaceae*, dan Genus *Zea*. Menurut sejarah, Tanaman jagung berasal dari Amerika dan merupakan tanaman sereal yang paling penting di benua tersebut (Darrah dkk., 2003). Komposisi kimia tepung jagung (*Zea mays*) ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia tepung jagung (*Zea mays*)

Komponen	Kadar	Satuan
Protein	9,2	g
Lemak	3,9	g
Karbohidrat	73,3	g

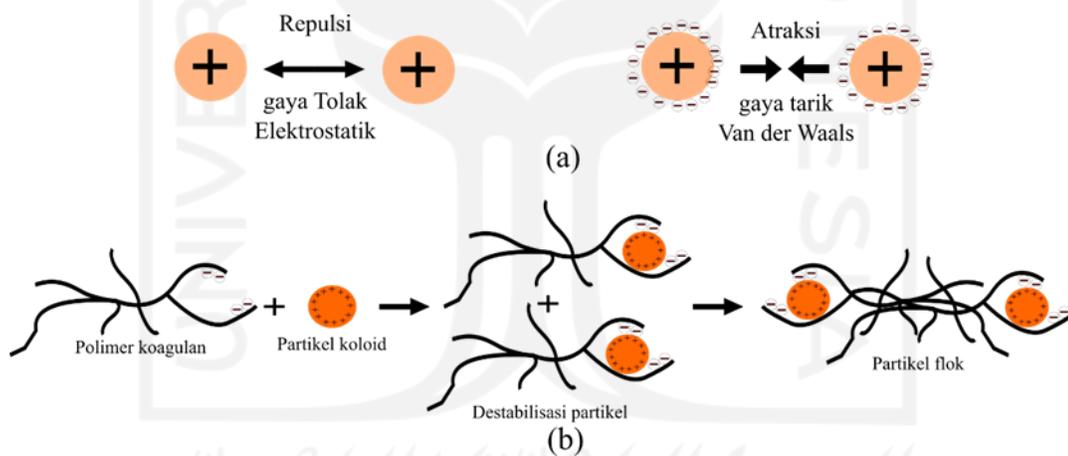
Jagung dapat digunakan sebagai koagulan alami. Hal ini didasarkan pada sifatnya yang polielektrolit. Gugus yang berperan pada proses koagulasi adalah gugus karboksil, hidroksil dan amida yang mampu mengikat partikel-partikel koloid di dalam air (Eka dan Agus 2013).

3.3 Mekanisme Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi merupakan merupakan proses destabilisasi koloid dalam pengolahan air bersih dengan menambahkan koagulan. Koagulan ditambahkan untuk menetralkan keadaan atau mengurangi partikel kecil yang tercampur dalam limbah cair melalui pengendapan. Koagulan yang biasa digunakan merupakan koagulan kimia, antara lain aluminium sulfat atau tawas, polyaluminium klorida, ferri klorida, ferri sulfat dan polymer kation (Sugiharto, 1987). Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga terbentuk inti gumpalan (inti flok) dan dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap. Proses koagulasi hanya dapat berlangsung bila ada pengadukan (Wahyu, 2014).

Flokulasi adalah penyisihan kekeruhan air dengan cara penggumpalan partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Pada proses flokulasi terjadi penggumpalan mikro flok menjadi makro flok yang sudah terbentuk pada proses koagulasi. Menurut Vigneswaran dan Visvanathan (1995) ada tiga macam mekanisme utama flokulasi, yaitu Flokulasi perikinetik merupakan penggumpalan yang diakibatkan oleh gerak acak Brown dari molekul di dalam larutan. Flokulasi ortokinetik merupakan penggumpalan yang diakibatkan oleh gradien kecepatan dalam cairan. Pengendapan diferensial merupakan terjadinya flokulasi akibat dari kecepatan pengendapan yang berbeda karena adanya perbedaan ukuran partikel.

Mekanisme koagulasi dan flokulasi terdiri dari 3 tahap, diantaranya yaitu partikel koloid dalam air yang bermuatan listrik sama (misalnya negatif), akan saling tolak menolak dan tidak dapat mendekat. Kondisi tersebut disebut stabil. Jika ditambahkan dengan ion logam yang berasal dari koagulan, maka akan terjadi pengurangan gaya repulsi sesama koloid. Kondisi ini disebut destabilisasi koloid, kondisi ini yang meningkatkan koloid untuk saling mendekat dan membentuk mikroflok. Mikroflok-mikroflok tersebut cenderung untuk bersatu dan membentuk makroflok karena sudah mengalami destabilisasi dan akhirnya mengendap. Mekanisme koagulasi-flokulasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Mekanisme koagulasi-flokulasi.

3.4 Elektroflotasi-Biokoagulasi

Koagulan dapat melakukan koagulasi pada sel elektroflotasi dengan bantuan efek flotasi. Flotasi tidak hanya berperan dalam pemisahan polutan dengan gelembung

tetapi dapat membantu proses koagulasi. Mekanisme koagulasi dengan teknik flotasi kontak antara koagulan dengan gelembung sesuai dengan hukum termodinamika dan terdapat gaya antara koagulan dan gelembung yaitu gaya tarik antar molekul, gaya elektrostatis dan gaya hidrasi dari grup koagulan hidrofilik. Jika campuran partikel hidrofobik dan hidrofilik tersuspensi dalam air, dan udara digelembungkan melalui suspensi, maka partikel hidrofobik cenderung melekat gelembung udara dan melayang ke permukaan. Lapisan buih yang terbentuk pada permukaan kemudian akan sangat banyak mengandung mineral hidrofobik, dan dapat dihilangkan sebagai produk terpisah. Partikel-partikel hidrofilik akan memiliki kecenderungan lebih sedikit untuk melekat pada udara gelembung, dan itu akan tetap dalam suspensi dan dibuang (Whelan dan Brown, 1956).

Mansour (2007) elektroflotasi-koagulasi dengan sistem batch dilakukan untuk optimasi konsentrasi koagulan, pH, waktu pengolahan dan kuat arus dilakukan. Dilakukan percobaan tiga kali untuk mendapatkan optimasi konsentrasi koagulan pada konsentrasi 639 mg/L didapat kondisi optimal pengolahan dengan hasil reduksi menjadi COD mgO₂/l 204 dari 684 dan BOD mgO₂/l 85 dari 100.

3.5 Parameter Kualitas Air

3.5.1 Kekeruhan

Tingkat kekeruhan air biasa disebut turbiditas. Kekeruhan pada air disebabkan oleh adanya materi tersuspensi, seperti tanah liat/lempung, endapan lumpur, partikel organik yang koloid, plankton dan organisme mikroskopis lainnya. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan – bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan bahan anorganik yang tersuspensi dan

terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus). Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga akan semakin tinggi. Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan. Kekeruhan dinyatakan dalam satuan unit turbiditas, yang setara dengan 1 mg/L SiO₂. Peralatan yang digunakan untuk mengukur kekeruhan yaitu Jackson Candler Turbidimeter yang dikalibrasi menggunakan silika. Satu unit turbiditas Jackson Candler Turbidimeter dinyatakan dengan 1 JTU. Pengukurannya bersifat visual, yaitu membandingkan air sampel dengan air standar. Metode lain mengukur kekeruhan yaitu Nephelometri dengan satuan NTU. Konversi antara NTU dan JTU yaitu 40 NTU setara dengan 40 JTU. (Gandjar, 2007).

3.5.2 TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS (*Total Dissolve Solid*) yaitu ukuran zat terlarut (baik itu zat organik maupun anorganik) yang terdapat pada sebuah larutan. TDS adalah bahan-bahan terlarut (diameter < 10⁻⁶ mm) dan koloid (diameter 10⁻⁶ - 10⁻³ mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45µm (Rao, 1992).

TDS adalah bahan yang tersisa setelah air sampel mengalami evaporasi dan pengeringan pada suhu tertentu (APHA, 2005). Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan anion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Boyd, 1988).

3.5.3 pH (Derajat Keasaman)

Derajat keasaman atau nilai pH merupakan suatu konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air yang biasa digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan memiliki pH netral apabila memiliki nilai $pH = 7$, sedangkan nilai $pH > 7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa dan nilai $pH < 7$ menunjukkan sifat asam.

Secara matematis pH dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$pH = -\log [H^+] \quad (3)$$

nilai $pH = 7$ dikatakan netral karena pada air murni ion H^+ terlarut dan ion OH^- terlarut (sebagai tanda kebasaan) berada pada jumlah yang sama, yaitu pada reaksi kesetimbangan.



Penambahan senyawa ion H^+ terlarut dari suatu asam akan mendesak kesetimbangan ke kiri (ion OH^- akan diikat oleh H^+ membentuk air), akibatnya terjadi kelebihan ion hidrogen dan meningkatkan konsentrasi asam (Effendi, 2003).

3.5.4 Intensitas cahaya (Efek tyndall)

Intensitas cahaya atau istilah asingnya *luminous intensity* merupakan besaran fisika yang mengukur cahaya yang dipancarkan oleh suatu sumber cahaya pada arah tertentu persatuan sudut. Air keruh menyebabkan intensitas cahaya yang masuk kedalamnya menjadi berkurang. Cahaya yang melewati air yang keruh mengalami pengurangan intensitas yang mencolok. Hal tersebut disebabkan cahaya yang melewati air mengalami penyerapan atau pemantulan, sehingga hanya sedikit yang diteruskan (Douglas, 2001).

Efek tyndall adalah efek yang terjadi jika suatu campuran disinari. Efek tyndall dapat digunakan untuk membedakan koloid dari larutan sejati, sebab atom, molekul atau ion yang membentuk larutan tidak dapat menghamburkan cahaya akibat ukurannya terlalu kecil. Hamburan cahaya (efek tyndall) oleh suatu campuran menunjukkan bahwa campuran tersebut adalah suatu koloid, dimana ukuran partikel-partikelnya lebih besar dari ukuran partikel larutan sehingga dapat menghamburkan cahaya (Mose, 2014).

3.5.5 Sludge Volume Index (SVI)

Pengendapan yang tidak baik dapat terjadi akibat gangguan yang tiba-tiba pada parameter fisik (suhu dan pH), kekurangan makanan (contoh N, suhu, mikronutrien), dan kehadiran zat racun (seperti logam berat) yang dapat menyebabkan hancurnya sebagian flok yang sudah terbentuk (Chudoba, 1989). Cara konvensional untuk monitoring pengendapan lumpur adalah dengan menentukan Sludge Volume Index (SVI). Caranya adalah lumpur campuran dari tangki aerasi dimasukkan dalam silinder volume 1 liter dan dibiarkan selama 30 menit. Volume lumpur yang mengendap adalah SV₃₀, nilai SVI berkisar 50 - 150 ml/g (Sholichin, 2012).

3.5.6 Sludge mass

Proses lumpur aktif dalam pengolahan air limbah tergantung pada pembentukan flok lumpur aktif yang terbentuk oleh mikroorganisme (terutama bakteri), partikel inorganik, dan polimer ekstraseluler. Selama pengendapan flok, material yang terdispersi, seperti flok kecil, menempel pada permukaan flok. Pembentukan flok lumpur aktif dan penjernihan dengan pengendapan flok akibat agregasi bakteri dan mekanisme adesi. Selanjutnya dinyatakan pula bahwa flokulasi dan sedimentasi flok tergantung pada hipobisitas internal dan eksternal dari flok dan material ekopolimer dalam flok, dan

tegangan permukaan larutan mempengaruhi hidrofobisitas lumpur granular dari reaktor lumpur anaerobic (Anna dan Malte, 1997).

Jumlah lumpur bervariasi dan tergantung pada kuantitas air yang diolah, kualitas air, intensitas warna, dosis koagulan dan banyak lainnya (Szerzyna, 2013). Jumlah dari sludge yang dihasilkan meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan bahan organik dan koloidal anorganik di dalam air limbah, jumlah air limbah yang diolah, serta jumlah industri penghasil air limbah (Christensen dkk, 2015). Kuantitas dan kualitas lumpur air limbah merupakan indikator dari kinerja pengolahan air untuk menentukan kemungkinan pemanfaatan lumpur lebih lanjut (Mikkelsen dan Keiding, 2002).

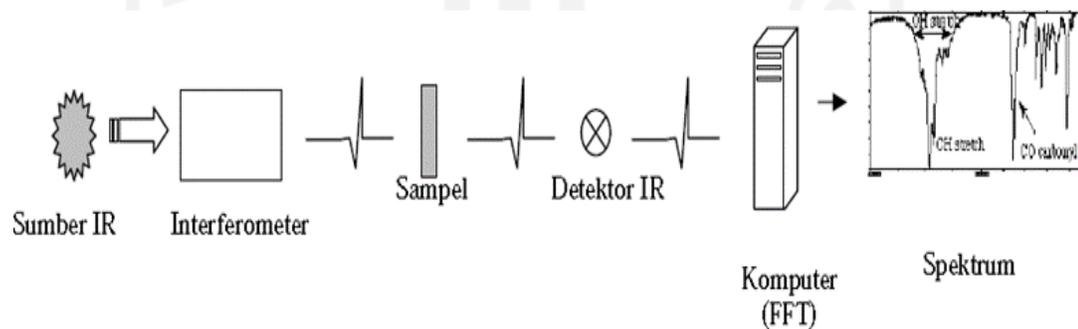
3.6 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) memiliki daerah radiasi pada panjang gelombang sekitar 1400-200 nm. Alat ini digunakan untuk penentuan struktur, khususnya senyawa organik. Sumber radiasi yang umum digunakan adalah neslert atau lampu glower dan menggunakan detektor termal. Kelebihan dari IR mencakup persyaratan ukuran sampel yang kecil, perkembangan spektrum yang cepat dan memiliki kemampuan untuk menyimpan data. Keunggulan IR lainnya adalah spektrum-spektrumnya bisa disimpan dan ditransformasikan dalam hitungan detik. Teknik ini memudahkan penelitian reaksi polimer-polimer seperti degradasi atau ikatan silang (Ratna, 2006).

Cara penanganan sampel tergantung dari jenis cuplikan yaitu apakah berbentuk gas, cairan, atau padatan. Ada tiga cara umum untuk mengolah cuplikan yang berupa padatan yaitu lempeng KBr, mull, dan bentuk film atau lapisan tipis. Lempeng (pellet) KBr dibuat dengan menggerus cuplikan (0,1-2% berat) dengan kalium bromida (KBr) dalam mortar dari batu agate untuk mengurangi kontaminasi yang menyerap radiasi IR

dan kemudian dimasukkan ke dalam tempat khusus kemudian di vakum untuk melepaskan air. Campuran dipres beberapa saat (10 menit) pada tekanan 80 Torr (8 hingga 20 ton per satuan luas). Kalium bromida yang digunakan harus kering dan dianjurkan penggerusan dilakukan dibawah lampu inframerah untuk mencegah kondensasi uap air. Kerugian metode pellet KBr adalah sifat KBr yang hidroskopis hingga sukar memperoleh pelet yang bebas sempurna terhadap kontaminasi air, yang memberikan serapan lebar pada 3500 cm^{-1} dan sukar mendapat ulangan yang tinggi (Hayati, 2007).

Prinsip kerja FTIR secara umum ditunjukkan pada Gambar 5. Interferometer dapat mengubah cahaya IR yang polikromatik menghasilkan beberapa berkas cahaya membentuk sinyal interferogram. Gelombang tersebut dilewatkan pada sampel dan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer sehingga dihasilkan gambaran spektrum sampel yang di uji. Spektrum tersebut menunjukkan hubungan antara intensitas serapan sampel dan bilangan gelombang (Sabrina, 2011).

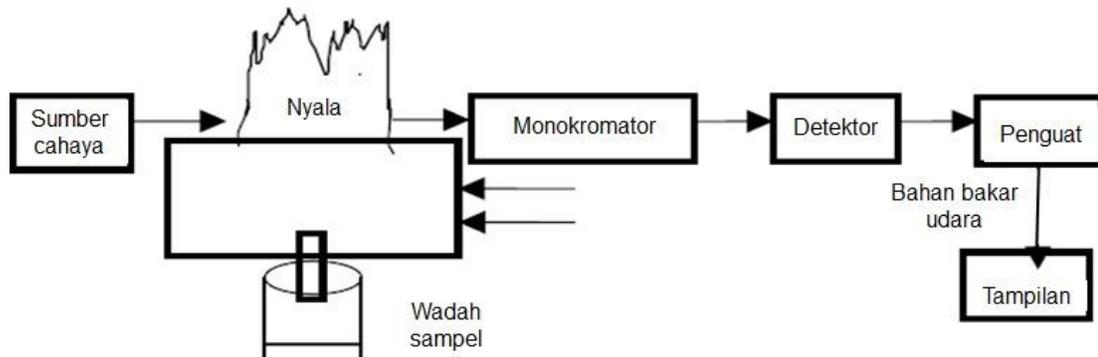


Gambar 5. Prinsip kerja FTIR (Firdausi, 2008).

3.7 Spektrofotometri Serapan Atom

Spektrometri serapan atom merupakan metode yang memanfaatkan fenomena penyerapan energi sinar oleh atom netral dalam bentuk gas sebagai dasar pengukuran dan sangat tepat digunakan untuk analisis zat pada konsentrasi rendah (Suryana, 2011). Metode ini berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada Panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan memperoleh garis resonansi yang tepat (Khopkar, 20013).

Cara kerja alat ini berdasarkan penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya di ubah menjadi atom bebas. Atom tersebut kemudian mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu sesuai jenis logamnya (Darmono, 1995). Menurut Day dan Underwood (2002), apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom bebas yang bersangkutan, maka sebagian besar cahaya tersebut akan diserap dimana intensitas penyerapan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada di dalam sel. Cara kerja spektrofotometri serapan atom ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Cara kerja spektrofotometri serapan atom (Anshori,2005).

Secara proporsional konsentrasi atom bebas dalam nyala ditunjukkan pada persamaan 5 dan 6 menurut hukum Lambert-Beer:

$$\text{Log } I/I_0 = a.b.c \quad (5)$$

$$A = a.b.c \quad (6)$$

Keterangan:

A = absorbansi, tanpa dimensi

a = koefisien serapan ($M^{-1} \text{ cm}^{-1}$)

b = panjang jejak sinar dalam medium berisi atom penyerap (cm)

c = konsentrasi (M)

I_0 = intensitas sinar mula-mula

I = intensitas sinar yang diteruskan

Persamaan 5 dan 6 menunjukkan bahwa besarnya absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi atom-atom pada tingkat tenaga dasar dalam medium nyala. Banyaknya konsentrasi atom-atom dalam nyala tersebut sebanding dengan konsentrasi unsur dalam larutan cuplikan. Kurva kalibrasi diperoleh dari menghubungkan serapan terhadap konsentrasi unsur dalam larutan standar dengan suatu grafik.

Komponen-komponen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), sebagai berikut:

1. Sumber Sinar

Sumber radiasi SSA adalah *Hallow Cathode Lamp* (HCL). Lampu ini terdiri atas tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda dan diisi dengan gas mulia (neon atau argon) (Rohman, 2007). *Hallow Cathode Lamp* terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda terbuat dari tungsten. Bila antara anoda dan katoda diberi tegangan pada arus tertentu, maka katoda akan memancarkan berkas-berkas elektron yang bergerak menuju anoda yang mana kecepatannya dan energinya sangat tinggi. Dalam perjalanannya akan bertabrakan dengan gas-gas mulia. Akibatnya unsur-unsur gas mulia akan kehilangan elektron dan menjadi bermuatan positif. Ion-ion positif gas mulia tersebut selanjutnya akan bergerak ke katoda dengan kecepatan dan energi yang tinggi. Unsur-unsur pada katoda akan bertabrakan dengan ion-ion positif gas mulia yang mengakibatkan unsur-unsur tersebut terlempar keluar dari permukaan katoda. Atom-atom unsur dari katoda akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu (Khopkar, 1990).

2. Sumber atomisasi

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrumen sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Aerosol biasa dihasilkan oleh nebulizer (pengabut) yang dihubungkan ke nyala oleh ruang penyemprot (*chamber spray*). Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah campuran gas udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisis yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorpsi dan juga fluoresensi.

3. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Dalam monokromator terdapat *chopper* (pemisah sinar), suatu alat yang berpusat dengan frekuensi atau

kecepatan perputaran tertentu (Rohman, 2007).

4. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka (Rohman, 2007).

3.8 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dan dasar teori yang telah dijelaskan, dapat ditentukan beberapa hipotesa yaitu:

1. Lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) mengandung protein yang mempunyai aktivitas sebagai biokoagulan menggantikan koagulan PAC untuk memperbaiki kualitas air sungai. Kandungan protein yang terdapat dalam lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) dapat menjadi agen koagulan untuk meningkatkan kinerja elektroflotasi.
2. Tegangan yang sesuai dapat menjamin proses perekatan gelembung dengan partikel yang meningkat efektivitas proses elektroflotasi. Kinerja elektroflotasi dengan tegangan optimum dapat dilihat melalui gelembung gas oksigen dan hidrogen yang terbentuk.
3. Analisis pengaruh penurunan parameter turbiditas, TDS, SVI, *sludge mass* dan intensitas cahaya dapat menentukan performa dan keefektifitas proses gabungan elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses tunggal elektroflotasi dan biokoagulasi.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain, perlengkapan yang digunakan dalam proses elektroflotasi seperti catu daya DC (Sanfix SP-6010, Taiwan), kamera Nikon Coolpix 3200 (3.2MP Digital Camera with 3x Optical Zoom, Jepang), kaca pembesar 8x perbesaran, seperangkat alat reaktor elektroflotasi yang terbuat dari bahan kaca 5 mm dengan dimensi 10 (P) × 10 (L) × 15 (T) cm, dan elektroda titanium pada anoda dan stainless steel pada katoda.

Alat ukur lain yang digunakan adalah multi tester pH dan TDS meter (HI 9813-5, Romania), turbidimeter (Thermo Scientific, EUTECH TN-100, USA), lux meter (*Lutron Electronic*, LX-103, Taiwan), spektrofotometer serapan atom (Perkin Elmer PinAACLE 900T, USA), FT-IR (Perkin Elmer Spectrum Two, MA 02451, USA), neraca analitik (Ohaus Pioneer PA214, China), pengaduk magnet (SH-2B, China), ayakan 250 mesh (Retsch, AS 200 Basic, USA), oven (Binder, 08-37521, USA), *blender* 550 watt (AQUA AB KF815G, Jepang) dan seperangkat alat gelas (Iwaki Pyrex, Jepang), gelas arloji, lumpang alu, sendok sungu, spatula, botol sampel.

4.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain gel lidah buaya, tepung jagung, PAC (Brataco, C19024041), NaCl 99,99% (Merck, CAS-7647-14-5, Germany), 99,99% NaOH (Merck, 011-022-00-6, Germany), HNO₃ 65% (Merck, Germany), kertas saring 42, ø 110mm (Whatman, CAT 1442-110), air kran dan aquades.

4.2 Cara Kerja

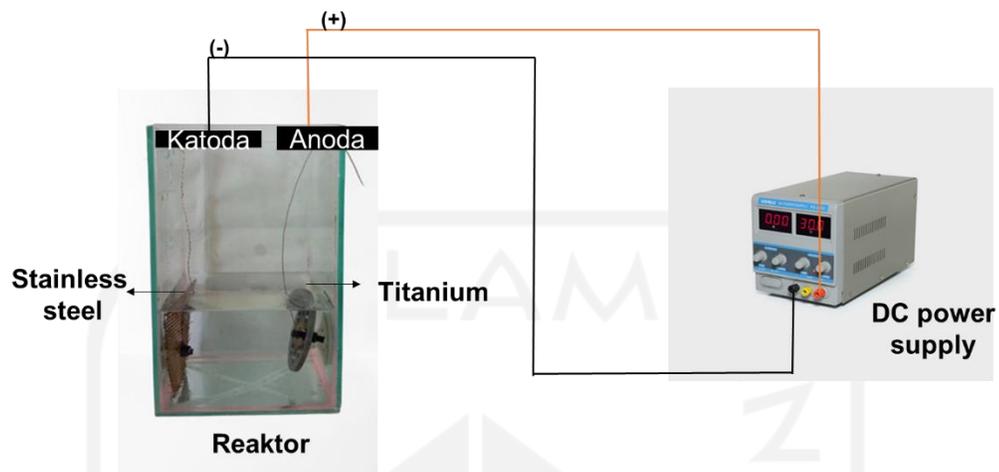
4.2.1 Penyiapan Sampel Air Sungai

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah air sungai Selokan mataram yang secara geografis terletak diantara $7^{\circ} 45' 08 4''$ lintang selatan dan $110^{\circ} 20' 37 0''$ bujur timur. Air sungai Selokan mataram dikarakterisasi dengan parameter uji kekeruhan, TDS, dan pH di lokasi pengambilan sampel. Peralatan sampling seperti ember, gayung dan wadah sampel terlebih dahulu dibilas menggunakan akuades. Sampel air sungai diambil menggunakan ember dan gayung plastik untuk kemudian ditempatkan ke dalam wadah sampel. Sampel air sungai yang telah diambil kemudian dianalisis nilai efek tyndall, SVI, sludge mass, kadar Fe dan Mn di laboratorium untuk membandingkan kondisi air sungai sesudah dan sebelum proses elektroflotasi, biokoagulasi dan elektroflotasi-biokoagulasi.

4.2.2 Elektroflotasi

4.2.2.1 Reaktor Elektroflotasi

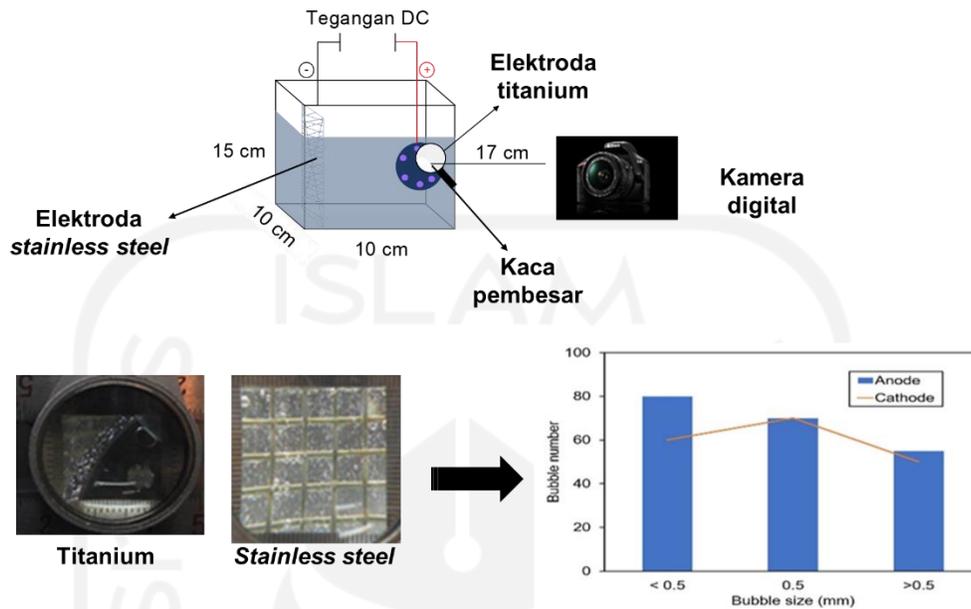
Pada penelitian ini reaktor yang digunakan adalah berbahan kaca. Reaktor didesain panjang horizontal dengan dimensi $10 (P) \times 10 (L) \times 15 (T)$. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah kawat *stainless steel* dan batang titanium pada elektroda katoda dan elektroda anoda. Catu daya DC dihubungkan pada elektroda dengan bantuan kawat *stainless steel*. Rangkaian reaktor yang digunakan pada proses elektroflotasi dan elektroflotasi-biokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 7. Rangkaian reaktor elektroflotasi dihubungkan dengan catu daya DC.

4.2.2.2 Optimasi tegangan

Optimasi tegangan pada proses elektroflotasi dilakukan untuk mendapatkan tegangan optimal dari proses elektroflotasi dengan menggunakan larutan elektrolit 0,001 M NaCl sebanyak 500 mL untuk pembentukan gelembung. Variasi tegangan yang digunakan adalah 10 V, 20 V, dan 30 V selama 30 menit. Distribusi gelembung yang diperoleh diambil gambarnya menggunakan kamera digital dan diperbesar dengan kaca pembesar 8× yang dimodifikasi dengan penggaris. Penentuan distribusi gelembung gas dilakukan melalui pengukuran manual ukuran gelembung pada ukuran <0,5, 0,5, >0,5 merujuk pada Gambar 7. Tegangan optimum yang diperoleh kemudian digunakan untuk proses penjernihan air sungai menggunakan elektroflotasi-biokoagulasi.

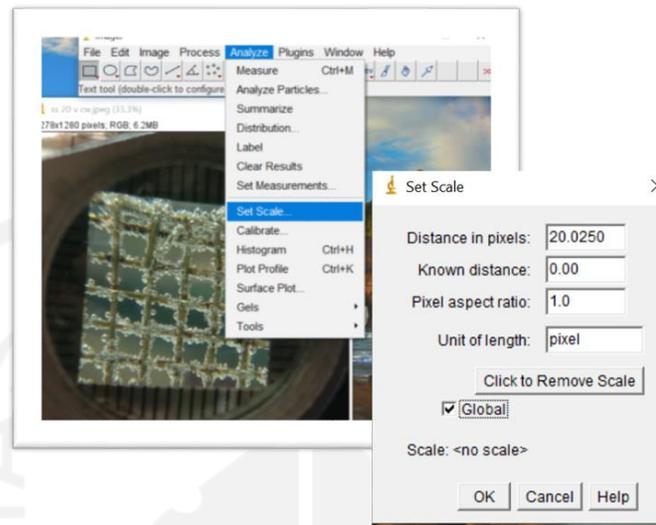


Gambar 8. Skema pengukuran gelembung elektroflotasi secara manual

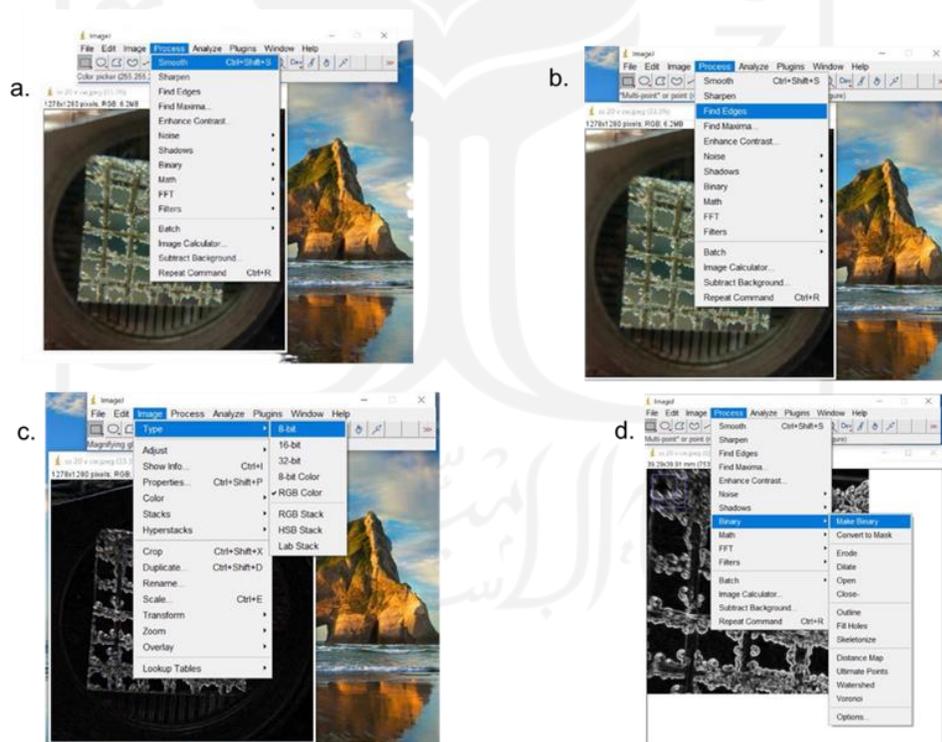
4.2.2.3 Verifikasi Metode Pengukuran Gelembung Menggunakan *Software ImageJ*

Dilakukan verifikasi hitungan manual dengan menggunakan *Software ImageJ*. Proses analisis dimulai dengan mengatur skala pada gambar menggunakan mistar dengan ketelitian 1 mm. Cara mengatur skala pada aplikasi adalah dengan membuat garis lurus terhadap gambar kemudian klik *analyze, set scale*. Pada *windows set scale* masukkan parameter 1 mm di *known distance* kemudian mengganti ukuran *pixel* menjadi milimeter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

Gambar gelembung diperjelas menggunakan perintah *smooth* (Gambar 9a), *find edges* (Gambar 9b), *changes to 8-bit* (Gambar 9c) dan *binary* (Gambar 9d). Dari proses ini akan didapat kelompok gelembung mikro yang sudah jelas visualisasinya. Tahapan memperjelas citra gelembung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.

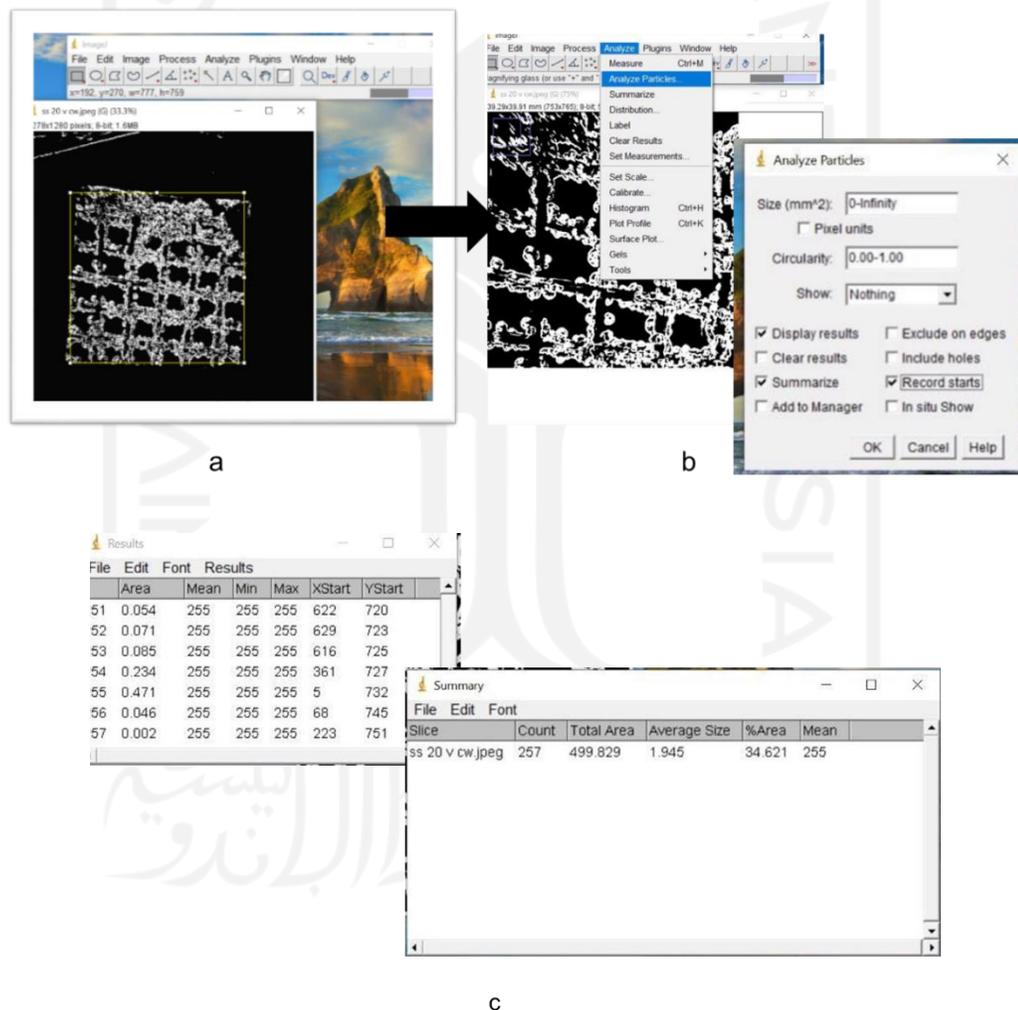


Gambar 9. ImageJ: Pengaturan skala



Gambar 10. ImageJ: Proses memperjelas citra gelembung dengan perintah (a) smooth, (b) find edges, (c) changes to 8-bit dan (d) binary

Citra gambar dibatasi area pengukurannya sebelum menganalisis ukuran partikel dengan perintah *rectangle* (Gambar 11a). Selanjutnya, mikro gelembung tersebut diukur menggunakan perintah *analyze particles* (Gambar 11b). Hasil pengukuran akan menampilkan data seluruh ukuran gelembung (Gambar 11c). Data tersebut dikelompokkan dan dihitung menggunakan aplikasi *windows excel* dalam ukuran $<0,5$; $0,5$; dan $>0,5$ mm. Tahapan pengukuran dan hasil dari aplikasi ImageJ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. ImageJ: Pengukuran citra gelembung menggunakan ImageJ dengan perintah (a) *rectangle*, (b) analisis ukuran partikel, dan (c) hasil akhir pengukuran partikel

4.2.3 Preparasi biokoagulan

4.2.3.1 Lidah Buaya

Bagian lidah buaya yang digunakan yaitu bagian daging lidah buaya. Lidah buaya dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel dan kupas kulit lidah buaya. Kemudian bagian dalam (daging lidah buaya) dipotong menjadi beberapa bagian yang lebih kecil dan dihaluskan dengan menggunakan blender hingga menjadi bubur. Lidah buaya yang telah menjadi bubur disaring sehingga diperoleh gel lidah buaya. Kemudian gel lidah buaya tersebut disimpan dalam wadah kering dan bersih (Mujariah dkk., 2016). Biokoagulan yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FT-IR dan analisis proksimat.

4.2.3.2 Tepung Jagung

Biji jagung yang diperoleh dijemur sampai cukup kering dan kemudian diblender sampai halus. Tepung jagung yang telah terbentuk disaring menggunakan ayakan untuk mendapatkan ukuran tepung jagung 200 mesh (Okili dkk., 2014). Biokoagulan yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FT-IR dan analisis proksimat.

4.2.3.3 Karakterisasi Biokoagulan

4.2.3.3.1 Analisis Proksimat

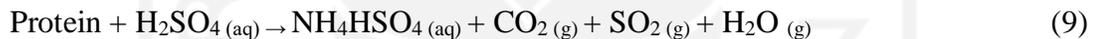
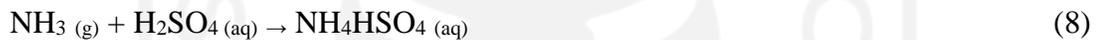
4.2.3.3.1.1 Penentuan Kandungan Protein dalam Biokoagulan Menggunakan Metode Kjeldahl

Ditimbang 0,5 g serbuk jagung dan gel lidah buaya dan dimasukkan ke dalam labu kjeldahl. Ditambah 2 tablet katalis VCM (monomer vinil klorida), 2 tablet antifoam VS, 20 ml H₂SO₄ pekat, dan 5 ml H₂O₂. Didestruksi hingga larutan menjadi jernih. Selanjutnya didestilasi dengan menambahkan 50 ml akuades dan 70 ml NaOH. Ditambahkan 30 ml H₃BO₃, indikator metil merah dan metil biru pada hasil destruksi. Lalu dititrasi dengan HCL 0,1 N. Kadar protein dihitung dengan persamaan 7.

$$\text{Kadar Protein} = \frac{(V_1 + V_2) \times N \times 0,0014 \times f.k \times f.p}{W} \quad (7)$$

Dimana W adalah bobot sampel, V_1 adalah volume HCL blanko, V_2 adalah volume HCl sampel, N adalah normalitas HCL, f.k adalah faktor konversi (0,25), f.p adalah faktor pengenceran.

Prinsip metode kjeldahl ini adalah senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen mengalami oksidasi dan dikonversi menjadi ammonia dan bereaksi dengan asam pekat membentuk garam amonium. Kemudian ditambahkan basa untuk menetralisasi suasana reaksi dan kemudian didestilasi dengan asam dan dititrasi untuk mengetahui jumlah N yang dikonversi (Sumantri, 2013). Reaksi yang terjadi pada proses analisis protein dengan metode kjeldahl ditunjukkan pada persamaan 8, 9, 10, 11, dan 12.



4.2.3.3.1.2 Penentuan Kadar Air Menggunakan Metode Gravimetri

Ditimbang 1-2 g biokoagulan dan dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya. Kadar air dapat dihitung dengan persamaan 13.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W}{W_1} \times 100 \quad (13)$$

Dimana W adalah bobot sampel (g) basah dan W_1 adalah bobot sampel kering (g).

4.2.3.3.1.3 Penentuan Kadar Abu Menggunakan Metode Gravimetri

Ditimbang 2-3 g biokoagulan, untuk gel lidah buaya diuapkan di atas penangas air sampai kering. Diarrangkan di atas nyala pembakar, lalu abukan dalam tanur listrik dengan suhu maksimum 550° C sampai pengabuan sempurna. Didingan dalam eksikator dan ditimbang. Kadar abu dapat dihitung dengan persamaan 14.

$$\text{Kadar Abu}(\%) = \frac{W^1 - W_2}{W} \times 100 \quad (14)$$

Dimana W adalah bobot sampel sebelum diabukan (g), W_1 adalah sampel + cawan sesudah diabukan (g), dan W_2 adalah bobot cawan kosong (g).

4.2.3.3.2 Karakterisasi Biokoagulan Menggunakan FTIR

Sampel sebanyak 1-2 mg diletakkan diatas *plat sample holder*. Setelah itu dilakukan pengepresan sehingga menjadi pelet dengan tekanan 80 torr dan dianalisis menggunakan varian 1000 FTIR dengan bilangan gelombang 4000 cm^{-1} sampai 400 cm^{-1} .

4.2.4 Penjernihan Air Sungai Menggunakan Elektroflotasi

Penjernihan air sungai dilakukan dengan volume air sungai sebesar 500 mL pada tegangan DC 20 V yang diperoleh dari proses optimasi tegangan. Air hasil pengolahan diuji kadar turbiditas, TDS, pH, *sludge mass*, SVI, efek tyndall dan pengukuran konsentrasi lofam Fe dan Mn.

4.2.5 Penjernihan Air Sungai Menggunakan Biokoagulasi

Air sungai sebanyak 500 mL dikondisiikan pH pada keadaan basa yaitu pada pH 8 dengan penambahan 1M NaOH. Biokoagulan yang digunakan adalah lidah buaya, tepung jagung, dan koagulan PAC untuk perbandingan kinerja biokoagulan dengan variasi dosis 1,0, 1,5, 2 g/500mL. Proses pengadukan yang digunakan adalah pengadukan cepat selama 30 detik dan pengadukan lambat selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Proses biokoagulasi dihentikan dan didiamkan selama

60 menit hingga terbentuk endapan. Setelah endapan terbentuk, air hasil pengolahan diuji kadar turbiditas, TDS, pH, *sludge mass*, SVI, efek tyndall dan pengukuran konsentrasi logam Fe dan Mn. Dosis optimum kemudian digunakan dalam proses penjernihan elektroflotasi-biokoagulasi.

4.2.6 Penjernihan Air Sungai Menggunakan Elektroflotasi-biokoagulasi

Sampel air sungai 500 mL diolah dengan menggunakan elektroflotasi-biokoagulasi dengan tegangan 20 V selama 60 menit. Biokoagulan ditambahkan setelah 1 menit proses elektroflotasi. Biokoagulan yang ditambahkan adalah lidah buaya sebanyak 1 g dan tepung jagung sebanyak 1,5 g. Kinerja elektroflotasi-biokoagulasi dievaluasi dengan mengukur kadar turbiditas, TDS, pH, *sludge mass*, SVI, efek tyndall, dan pengukuran konsentrasi logam Fe dan Mn.

4.2.7 Analisis Nilai Efisiensi Penjernihan Air sungai

Penelitian ini menggunakan 3 metode penjernihan air sungai yaitu elektroflotasi, biokoagulasi, dan elektroflotasi-biokoagulasi. Sampel air sungai sebelum dan sesudah proses pengolahan dilakukan perhitungan nilai efisiensi untuk mengetahui efisiensi metode elektroflotasi-biokoagulasi untuk menurunkan turbiditas, kandungan zat terlarut (TDS), dan kadar logam Fe dan Mn pada pengolahan air bersih dengan menggunakan persamaan 15 (Sugiarto, 1987).

$$Efisiensi (\%) = \frac{A - B}{A} \times 100 \quad (15)$$

A adalah kondisi awal sampel dan B adalah kondisi setelah proses pengolahan.

4.2.8 Analisis Jumlah Lumpur yang Dihasilkan

4.2.8.1 *Sludge Mass*

Sampel hasil pengolahan air bersih disaring menggunakan pompa vakum dan corong *Buchner* yang dilengkapi kertas saring *whatman* 42 (110 mm). Endapan dikeringkan di desikator selama 15 menit. Endapan ditimbang sebagai endapan basah kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 60 °C selama 30 menit. Selanjutnya

endapan ditimbang sebagai berat kering (Sholichin, 2012). Nilai efisiensi penjernihan air sungai dilihat dari kinerja biokoagulan yang ditentukan menggunakan perhitungan % *sludge mass indeks* menggunakan persamaan 16.

$$\text{Sludge mass indeks (\%)} = \frac{W - D}{W} \times 100\% \quad (16)$$

Dimana W adalah berat basah (g) dan D adalah berat kering (g).

4.2.8.2 Pengukuran *Sludge Volume Indeks* (SVI) Menggunakan Metode SM 2710

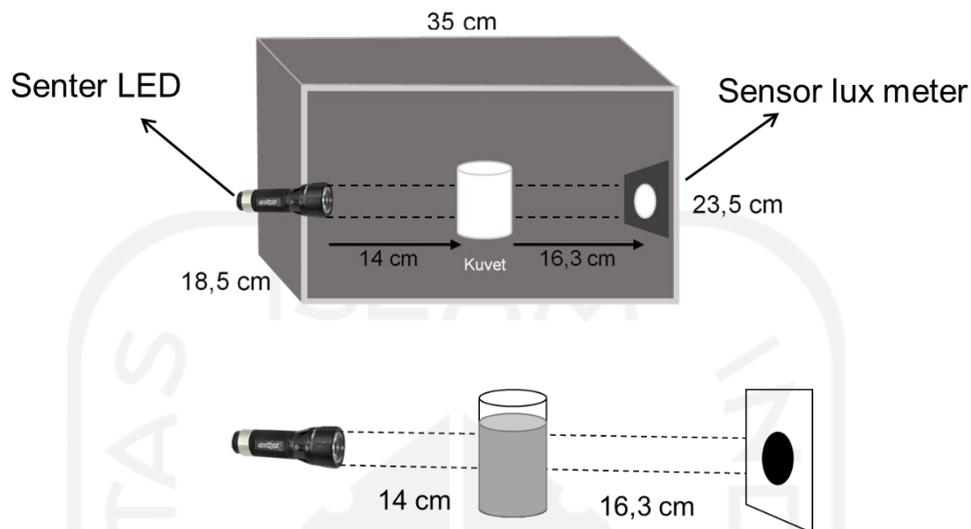
Pengukuran jumlah lumpur yang dihasilkan (*sludge volume indeks*) dilakukan dengan menggunakan silinder kerucut volume 1 L. Untuk mengetahui SVI dilakukan percobaan dengan mengendapkan sampel air sungai setelah pengolahan sebanyak 500 mL di dalam silinder kerucut, dan dibiarkan selama 30 menit. Volume sludge dicatat. SVI dapat dihitung dengan persamaan 17.

$$SVI \left(\frac{mL}{g} \right) = \frac{(SV \times 1000)}{MLSS} \quad (17)$$

Dimana SV adalah volume endapan lumpur di dalam tabung *Inhoff* setelah 30 menit pengendapan (mL), dan MLSS adalah *mixed liquor suspended solid* (mL/g).

4.2.9 Pengukuran Efek Tyndall

Pengukuran efek tyndall dilakukan di dalam wadah berwarna hitam dengan dimensi 35×23,5×18,5 cm, dengan jarak senter ke vial adalah 14 cm dan jarak vial ke sensor adalah 16,3 cm yang ditunjukkan pada Gambar 11. Untuk mengukur besar intensitas cahaya digunakan lux meter. Sampel yang akan diukur diletakkan sejajar di antara sumber cahaya dan sensor cahaya, dalam hal ini sumber cahaya yang digunakan adalah pointer senter *Light Emitting Diode* (LED). Pointer senter LED difokuskan dengan menembakan sinar ke sampel yang akan mengenai sensor kemudian dicatat nilai intensitas cahaya setelah angka digital muncul pada layar dalam keadaan yang stabil (Nasrudin, 2015).



Gambar 12. Ilustrasi pengukuran efek tyndall. Keadaan pengukuran di dalam ruangan (a) dan dimansi jarak sumber sinar dengan sampel dan Lux meter (b).

4.2.10 Analisis Logam Fe dan Mn Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Konsetrasi logam Fe dan Mn dianalisis menggunakan spektroskopi serapan atom (SSA). Preparasi sampel menggunakan destruksi basah. Sampel hasil pengolahan air bersih dipipet sebanyak 50 mL kemudian ditambahkan 5 mL HNO_3 . Larutan dipanaskan menggunakan *hot plate* sampai kering. Selanjutnya larutan dipindahkan ke dalam gelas piala 50 mL ditambahkan akuades sampai tanda tera homogen. Larutan disaring menggunakan kertas saring *whatman* 42 (110 mm). Filtrat diukur absorbansinya dengan SSA. Konsentrasi sebenarnya sampel dari hasil pengukuran SSA dapat dihitung dengan persamaan 18.

$$C \text{ sebenarnya } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{C \text{ AAS} \times V \text{ preparat} \times FP}{\text{Massa}} \quad (18)$$

C AAS adalah konsentrasi logam pada AAS (mg/L), massa adalah berat sampel yang digunakan (g), V preparat adalah volume larutan pada saat destruksi (L), dan FP adalah faktor pengenceran.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Parameter Awal Air Sungai Selokan Mataram

Pengolahan air bersih dilakukan dengan analisis parameter air sungai Selokan Mataram yang meliputi konsentrasi kekeruhan (Turbiditas), derajat keasaman (pH), zat padat terlarut (TDS), konsentrasi logam mangan (Mn) dan besi (Fe). Kondisi air sungai Selokan Mataram dibandingkan dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk kebutuhan hygiene sanitasi yang merujuk dari Permenkes RI nomor 32 tahun 2017. Tabel 3 menunjukkan perbandingan kondisi air sungai Selokan Mataram dengan standar baku mutu air bersih menurut Permenkes RI nomor 32 tahun 2017 untuk hygiene sanitasi.

Tabel 3. Parameter awal air sungai Selokan Mataram yang dibandingkan dengan standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk hygiene sanitasi.

Parameter	Satuan	Selokan Mataram	Standar Baku*
Turbiditas (kekeruhan)	NTU	866	25
Ph	-	6,7	6,5-8,5
Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/L	125	1000
Mangan (Mn)	mg/L	20,686	0,5
Besi (Fe)	mg/L	15,829	1

* Berdasarkan Peraturan Menkes No.32 tahun 2017

Kondisi air sungai Selokan Mataram menunjukkan bahwa parameter turbiditas, konsentrasi mangan dan besi melebihi standar baku Permenkes untuk hygiene sanitasi. Sedangkan parameter lain tidak melebihi standar baku mutu, namun tetap dilakukan pengujian untuk mengevaluasi efektifitas proses elektroflotasi-biokoagulasi untuk parameter kekeruhan (turbiditas), derajat keasaman (pH), zat padat terlarut (TDS), konsentrasi logam mangan (Mn) dan besi (Fe).

5.2 Biokoagulasi

5.2.1 Karakterisasi Biokoagulan

5.2.1.1 Analisis proksimat lidah buaya dan tepung jagung

Analisis proksimat dilakukan agar dapat mengetahui kadar protein, kadar air dan kadar abu pada biokoagulan yang akan digunakan yaitu lidah buaya dan tepung jagung. Kadar air sering dihubungkan dengan indeks kestabilan khususnya pada saat disimpan. Semakin tinggi kadar air dalam suatu biokoagulan, daya simpan serta kualitas biokoagulan tersebut semakin rendah (Arpah, 1993). Kadar abu dalam suatu biokoagulan berhubungan dengan kandungan mineral anorganik. Dimana abu disusun oleh berbagai jenis mineral dengan komposisi yang beragam dari suatu biokoagulan. Abu merupakan residu anorganik dari suatu proses pembakaran pada suhu 650 °C. Suatu biokoagulan sebagian besar mengandung bahan organik dan air, dan sisanya berupa senyawa anorganik yang disebut mineral dan abu. Penetapan kadar protein dengan metode kjeldahl merupakan metode tidak langsung yaitu melalui penetapan kadar N dalam bahan yang disebut protein kasar (Sumantri, 2013).

Tabel 4. Kandungan proksimat lidah buaya dan tepung jagung.

Jenis Biokoagulan	Parameter	Hasil (%)
Lidah buaya	Protein	1,16
	Air	88,89
	Abu	0,56
Tepung jagung	Protein	9,76
	Air	11,08
	Abu	0,89

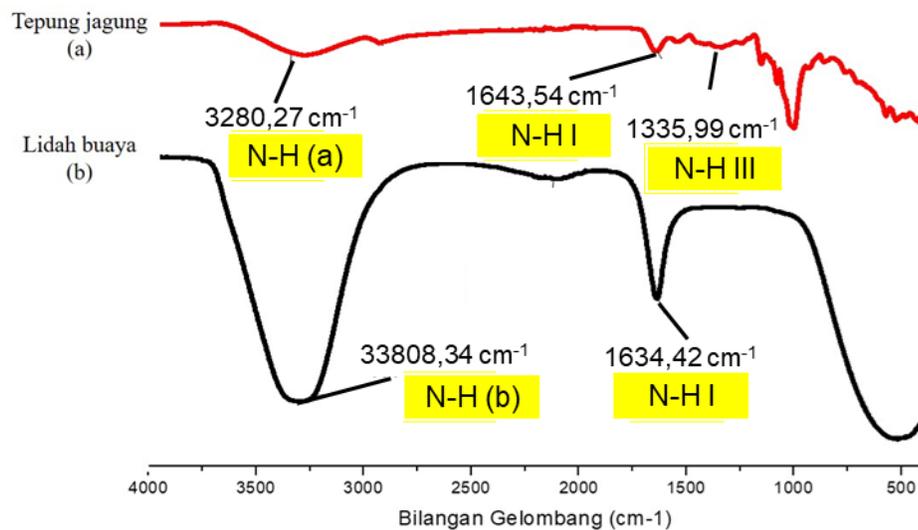
Hasil analisis proksimat pada biokoagulan lidah buaya dan tepung jagung ditunjukkan pada Tabel 4. Diketahui bahwa kandungan protein dalam lidah buaya sebesar 1,16% sedangkan pada tepung jagung sebesar 9,76%. Lidah buaya dan tepung

jagung dapat digunakan sebagai koagulan alami pengganti koagulan sintetik karena terdapat kandungan protein didalamnya. Protein yang berperan sebagai komponen aktif dalam proses koagulasi. Protein memiliki kandungan elektrolit alami yang akan melepaskan ion yang berlawanan dalam air sungai seperti halnya koagulan kimia (Shlini dan Murthy, 2016).

5.2.1.2 Komponen aktif pada biokoagulan

Karakterisasi biokoagulan lidah buaya dan tepung jagung dilakukan untuk mengetahui komponen aktif (protein) yang berperilaku seperti koagulan yaitu gugus N-H, C=O, dan C-N pada lidah buaya dan tepung jagung dengan metode Fourier Transform Infra Red (FTIR). Gugus fungsi pada lidah buaya dan tepung jagung ditunjukkan pada Gambar 13.

Spektrum FTIR pada Gambar 13 menunjukkan bahwa dari kedua biokoagulan protein dapat dikenali dengan 4 peak yaitu N-H tipe a, N-H tipe b, N-H tipe I, dan N-H tipe III. N-H tipe a dan b dibedakan berdasarkan kekuatan ikatan hidrogen. N-H tipe b lebih sensitif terhadap ikatan hidrogen dibandingkan dengan N-H tipe a karena memiliki bilangan gelombang lebih besar. Gugus fungsi pada biokoagulan lidah buaya digolongkan N-H tipe b karena bilangan gelombang yang dihasilkan sebesar $3308,34\text{ cm}^{-1}$. Sedangkan pada biokoagulan tepung jagung gugus fungsinya adalah N-H tipe a karena bilangan gelombang yang dihasilkan sebesar $3280,27\text{ cm}^{-1}$. Selain itu juga ditemukan gugus N-H tipe I pada panjang gelombang $1634,42\text{ cm}^{-1}$ untuk lidah buaya dan $1643,54\text{ cm}^{-1}$ untuk tepung jagung. Gugus N-H tipe I merupakan gugus yang dihasilkan dari vibrasi C=O dan kontribusi peregangan dari gugus C-N. Gugus lain yang ditemukan adalah gugus N-H tipe III pada panjang gelombang $1335,99\text{ cm}^{-1}$ untuk tepung jagung. N-H tipe III merupakan hasil vibrasi dari C-N dan peregangan dari C-O (Barth, 2007).



Gambar 13. Hasil spektrum FTIR lidah buaya (a) dan tepung jagung (b).

5.2.2 Perbandingan proses koagulasi dengan biokoagulan dan PAC

Metode koagulasi dilakukan untuk menguji efektifitas biokoagulan lidah buaya dan tepung jagung dengan cara membandingkan hasil biokoagulasi dengan koagulan sintetik (PAC). Selain itu, metode koagulasi dilakukan untuk mengetahui dosis optimum koagulan yang akan digunakan pada proses elektroflotasi-biokoagulasi. Pada proses koagulasi pH dikendalikan dalam keadaan basa yaitu pH 8 karena biokoagulan bekerja lebih optimal pada pH basa. Hasil dari proses koagulasi ditunjukkan pada Tabel 5. Penurunan turbiditas dan zat padat terlarut (TDS) air sungai menggunakan PAC lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan biokoagulan yaitu sebesar 91,17% untuk turbiditas dan 2,43% untuk zat padat terlarut pada dosis 1,5 g/500mL. Hal ini terjadi karena protein yang terdapat pada lidah buaya dan tepung jagung memiliki kandungan asam amino dan gugus aktif yang memiliki potensi interaksi elektrostatis dengan mineral untuk netralisasi muatan pada koloid sehingga membentuk flok netral yang kemudian mengendap (Mudenur, 2016).

Tabel 5. Kondisi air sungai Selokan Mataram sebelum dan sesudah proses koagulasi.

Dosis (g/500 mL)	Parameter		
	Turbiditas (NTU)	pH	TDS (mg/L)
Kondis awal air sungai	912	8,5	205
PAC 1	175 ± 1 (80,81%)	7,6	201 ± 1 (1,95%)
PAC 1,5	80,5 ± 0,05 (91,17%)	7	200 ± 1,52 (2,43%)
PAC 2	210 ± 1 (76,97%)	7,6	204 ± 1 (0,48%)
Lidah Buaya 1	78,1 ± 0,05 (91,43%)	7,1	175 ± 1 (14,63%)
Lidah Buaya 1,5	186 ± 1 (79,6%)	7,5	185 ± 1 (9,75%)
Lidah Buaya 2	191 ± 1 (79,05%)	7,7	190 ± 1,15 (7,31%)
Jagung 1	178 ± (80,5%)	8	182 ± 1 (11,21%)
Jagung 1,5	62,5 ± 0,05 (93,5%)	7,1	172 ± 1 (16,09%)
Jagung 2	203 ± 1 (77,74%)	7,8	200 ± 1,52 (2,43%)

pH: dikendalikan dalam keadaan basa, Angka (%): persen penurunan

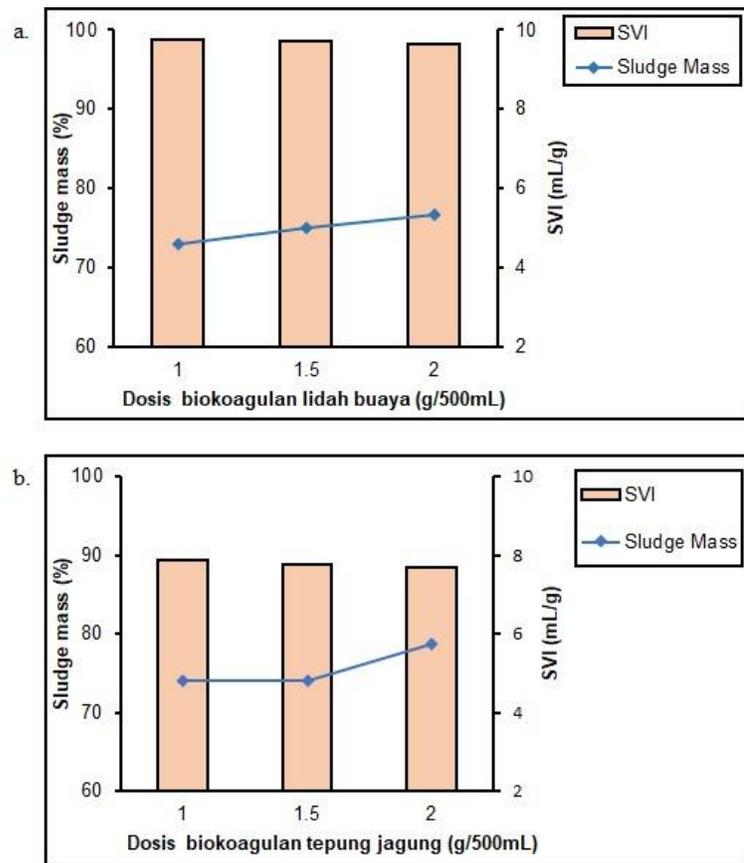
Perbandingan antara dua biokoagulan lidah buaya dan jagung berdasarkan dari hasil yang telah diperoleh secara umum koagulan tepung jagung lebih efektif menurunkan turbiditas dan zat padat terlarut (TDS) pada air sungai. Penurunan turbiditas dan zat padat terlarut (TDS) pada air sungai menggunakan koagulan jagung secara berturut-turut adalah sebesar 93,5% dan 16,09% pada dosis 1,5 g/500mL, sedangkan lidah buaya menurunkan turbiditas sebesar 91,43% dan TDS sebesar 14,63% pada dosis 1g/mL. Hal tersebut dikarenakan koagulan jagung memiliki kandungan protein yang cukup tinggi yaitu sebesar 9,765% dibandingkan dengan kandungan protein pada koagulan lidah buaya yaitu sebesar 1,16%.

5.2.3 Pengaruh dosis biokoagulan terhadap *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass*

Dosis biokoagulan yang ditambahkan pada pengolahan air bersih sangat berpengaruh terhadap SVI dan *sludge mass*. Tingginya dosis biokoagulan yang ditambahkan maka tinggi pula nilai *sludge mass* yang dihasilkan, sedangkan SVI yang dihasilkan rendah. Pengaruh dosis koagulan terhadap SVI dan *sludge mass* ditunjukkan pada Gambar 14. Nilai SVI yang dihasilkan rendah disebabkan oleh flok-flok kecil yang mendominasi di dalam larutan sampel yang mengakibatkan menurunnya kemampuan larutan sampel untuk mengendap sehingga hasil endapan yang dihasilkan lebih sedikit. Sedangkan pada pengukuran *sludge mass* flok-flok kecil yang sebelumnya susah mengendap akan disaring menggunakan kertas saring sehingga endapan yang diperoleh dari hasil penyaringan lebih besar (Patel dan Vashi, 2012).

Kemampuan pengendapan pada proses koagulasi sangat berpengaruh pada dosis yang ditambahkan. Jika dosis yang ditambahkan tidak tepat maka akan mengakibatkan restabilisasi koloid sehingga nilai SVI yang didapatkan lebih tinggi daripada *sludgemass* (Kristianto, 2019). Secara umum diketahui tiga jenis skenario penambahan dosis koagulan, yaitu pada saat dosis di bawah titik optimum, optimum, dan berlebih. Pada saat penambahan koagulan dengan dosis optimum, muatan koloid ternetralisasi sehingga zeta potensial larutan mencapai nol. Performa koagulan terbaik diperoleh pada titik ini. (Choy dkk., 2015).

الجمعة الاستاذة الباندية



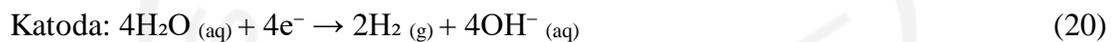
Gambar 14. Pengaruh dosis biokoagulan lidah buaya (a) dan biokoagulan jagung (b) terhadap SVI dan sludge mass.

5.3 Elektroflotasi

5.3.1 Optimasi tegangan

Optimasi tegangan dilakukan bertujuan untuk mengetahui tegangan yang akan digunakan pada penelitian ini. Variasi tegangan yang digunakan adalah 10, 20, dan 30V. Ukuran gelembung gas pada anoda dan katoda dibagi menjadi 3 kategori yaitu <0,5 mm, 0,5mm, dan >0,5mm. Optimasi tegangan elektroflotasi dapat dilihat dengan jumlah gelembung yang dihasilkan cukup banyak, ukuran gelembungnya relatif kecil, dan distribusi gelembung pada anoda dan katoda merata. Hasil dari optimasi tegangan ditunjukkan pada Tabel 6.

Secara umum, jumlah gelembung yang dihasilkan pada permukaan katoda lebih banyak dibandingkan anoda. Hal tersebut disebabkan oleh reaksi reduksi oksidasi yang terjadi pada katoda menghasilkan dua gelembung gas hidrogen dan pada anoda menghasilkan satu gelembung gas oksigen. Reaksi redoks yang terjadi pada sel elektroflotasi ditunjukkan pada Persamaan 19 dan 20.

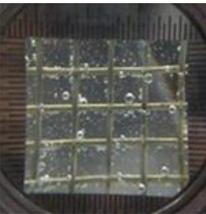
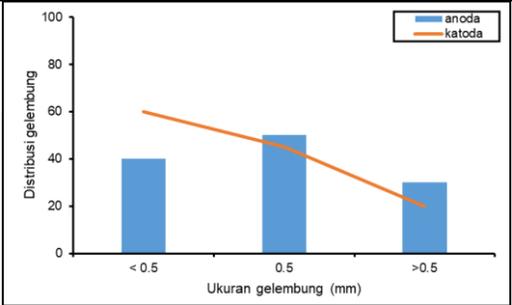
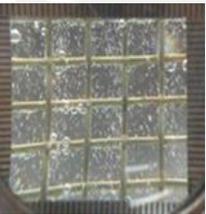
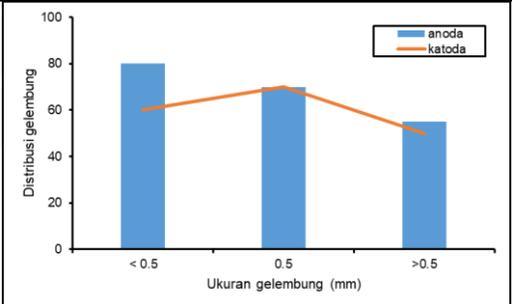
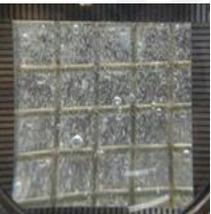
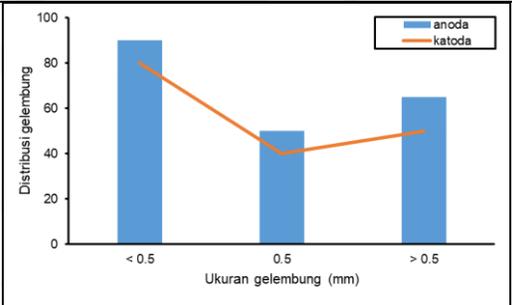


Tegangan optimum diperoleh pada tegangan 20V yang ditunjukkan pada Tabel 4. Distribusi jumlah gelembung pada tegangan 20V didapatkan ukuran tertinggi pada kategori <0,5 mm serta rendahnya selisih pembentukan gelembung pada anoda dan katoda. Pada tegangan 10V distribusi gelembung yang dihasilkan relatif kecil dan tidak merata antara anoda dan katoda. Tegangan rendah yang diberikan pada proses elektroflotasi, tidak dapat menghasilkan pembentukan ukuran gelembung secara optimal pada anoda dan katoda (Liuyu dkk., 2014). Sedangkan pada tegangan 30V selisih distribusi gelembung antara katoda dan anoda tinggi. Penentuan tegangan optimal merupakan hal penting dalam proses elektroflotasi. Tegangan yang sesuai dapat menjamin proses perekatan gelembung dengan partikel yang meningkatkan efektivitas proses elektroflotasi (Alam, 2015).

Distribusi ukuran gelembung gas pada anoda dan katoda ditentukan secara manual dengan menggunakan kamera digital dan diperbesar dengan kaca pembesar 8× yang diukur dengan milimeter penggaris. Hasil perhitungan secara manual terhadap distribusi gelembung gas berdasarkan kategori ukuran gelembung <0,5, 0,5 dan >0,5 mm menunjukkan tegangan 20V adalah tegangan optimum. Selanjutnya verifikasi perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan pengolahan citra software *ImageJ*. Verifikasi tersebut dilakukan dengan menghitung gelembung melalui jumlah pixel yang terdapat pada citra gambar hasil potret gelembung pada permukaan elektroda dengan kamera. Hasil analisis citra pada tegangan 20V menunjukkan distribusi jumlah gelembung gas pada kategori ukuran <0,5 mm sebesar 80 pada anoda

dan 60 pada katoda. Sedangkan pada kategori ukuran gelembung 0,5 mm sebanyak 70 pada anoda dan katoda. Untuk kategori ukuran gelembung $>0,5$ mm sebanyak 55 pada anoda dan 50 pada katoda.

Tabel 6. Optimasi tegangan pada proses elektroflotasi.

Anoda	Katoda	Distribusi gelembung gas
10V 	10V 	
20V 	20V 	
30V 	30V 	

5.3.2 Proses elektroflotasi

Elektroflotasi dilakukan dengan menggunakan 500 mL air sungai Selokan Mataram dengan anoda titanium dan katoda stainless steel. Elektroda yang digunakan adalah elektroda yang bersifat inert sehingga material katoda tidak tereduksi dan material anoda tidak teroksidasi. Hal tersebut menyebabkan reaksi reduksi oksidasi pada air dan menghasilkan gelembung gas hidrogen dan oksigen yang dirujuk pada persamaan 14 dan 15. Tabel 7 menunjukkan kondisi air sungai Selokan Mataram sebelum dan sesudah proses elektroflotasi.

Tabel 7. Kondisi air sungai Selokan Mataram sebelum dan sesudah proses elektroflotasi.

Kondisi	Parameter		
	Turbiditas (NTU)	pH	TDS (mg/L)
Kondisi air sungai sebelum proses elektroflotasi	866 ± 1,52	6,7	125 ± 1,52
Sesudah elektroflotasi	250 ± 1 (71,1%)	6,6	108 ± 1,52 (13,6%)
Angka (%): persen penurunan			

Gelembung gas ini dapat dengan mudah mengapung ke permukaan air dengan prinsip flotasi. Prinsip flotasi yaitu pemisahan suatu mineral (polutan) dengan mineral lainnya melalui pengapungan gelembung gas. Mekanisme antarmuka antara gelembung gas pada anoda dan katoda dengan air sungai pada proses elektroflotasi terdiri dari pengapungan, penyerapan, dan pelekatan. Pengapungan terjadi karena ikatan antara gelembung gas dengan air sungai yang berlangsung secara fisik. Penyerapan berlangsung pada flokulan tersuspensi terhadap gelembung gas. Dan pelekatan terjadi gaya tarik intra molekular yang digunakan pada suatu permukaan

antara dua fasa dan mengakibatkan tegangan permukaan (Rochman dkk., 2016). Proses elektroflotasi dapat menurunkan turbiditas sebesar 71,1% dan TDS sebesar 13,6%.

5.4 Efektifitas Kinerja Elektroflotasi-Biokoagulasi pada Penjernihan Air Sungai

5.4.1 Proses biokoagulasi dengan bantuan elektroflotasi

Elektroflotasi-biokoagulasi dilakukan untuk melihat proses kinerja elektroflotasi dengan penambahan biokoagulan. Waktu dan tegangan yang digunakan pada proses elektroflotasi-biokoagulasi sesuai dengan kondisi optimal proses elektroflotasi yaitu selama 60 menit dan digunakan tegangan 20 V (Haryono, 2018). Jenis biokoagulan yang digunakan adalah lidah buaya dan tepung jagung. Penentuan dosis koagulan merujuk pada dosis optimum pada proses biokoagulasi yaitu 1 g/500mL untuk lidah buaya, 1,5 g/500ml untuk tepung jagung. Pengolahan air sungai pada proses elektroflotasi-biokoagulasi pH tidak dikendalikan karena kondisi pH air sungai Selokan Mataran yaitu 6,7 (netral). Pada kondisi pH netral gelembung hidrogen dan oksigen terbentuk optimal (Mansour, 2007). Hasil dari proses elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya dan tepung jagung lebih efektif mengolah air sungai menjadi air bersih yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Pada elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya 1 g/500ml mampu menurunkan turbiditas dan TDS sebesar 97,49% dan 82,24%, sedangkan elektroflotasi-biokoagulasi tepung jagung 1,5 g/500mL menurunkan turbiditas sebesar 97,43% dan TDS sebesar 82,64%. Hal tersebut disebabkan adanya interaksi antara biokoagulan dengan arus elektron yang mengalir. Elektron akan dialirkan oleh katoda kemudian melintasi sampel untuk menuju anoda. Pada saat melintasi sampel reaksi akan terbentuk dengan menghasilkan gelembung, ion positif dan negatif. Dimana ketika tegangan DC sudah optimal, gelembung yang dihasilkan juga akan optimal dan kemungkinan tabrakan antara gelembung-gelembung ini, kemudian diokoagulasi mengapung secara optimal. Akibatnya, lebih banyak partikel akan dihilangkan (Mansour, 2007).

Tabel 8. Kondisi air sungai Selokan Mataram sebelum dan sesudah proses elektroflotasi biokoagulasi.

Dosis (g/500 mL)	Parameter		
	Turbiditas (NTU)	pH	TDS (mg/L)
Kondisi air sungai sebelum proses	866 ± 1,52	6,7	125 ± 1,52
Sesudah proses EB lidah buaya 1	21,7 ± 0,05 (97,49%)	6,6	22,2 ± 0,05 (82,24%)
Sesudah proses EB tepung jagung 1,5	22,2 ± 0,05 (97,43%)	6,7	21,7 ± 0,05 (82,64%)

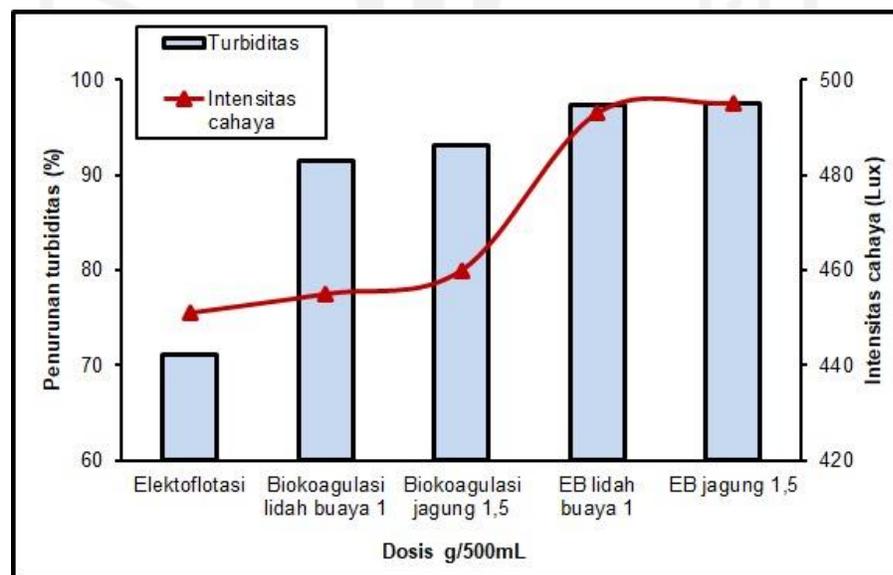
Angka (%): persen penurunan

5.4.2 Efektifitas penurunan turbiditas dan intensitas cahaya

Efektifitas elektroflotasi-biokoagulasi (EB) dapat dilihat pada persentase penurunan turbiditas dan intensitas cahaya yang dibandingkan dengan proses elektroflotasi dan biokoagulasi. Persentase turbiditas dihitung untuk mengetahui tingkat penurunan turbiditas pada air sungai sebelum dan sesudah pengolahan. Efek tyndall (hamburan cahaya oleh partikel koloid) untuk membedakan antara koloid dan larutan. Tingginya persen penurunan turbiditas maka tinggi pula intensitas cahaya. Hal ini disebabkan oleh prinsip dari intensitas cahaya yaitu jika seberkas sinar/cahaya masuk ke dalam sebuah medium (air) yang berisi partikel maka sinar tersebut akan di hamburkan oleh partikel tersebut. Jika dalam medium tersebut terdapat lebih banyak partikel maka sinar yang terhambur akan menjadi lebih banyak. Sehingga besarnya intensitas sinar yang dihamburkan dapat menjadi ukuran untuk menentukan banyaknya partikel di dalam medium. Dalam hal ini partikel dalam medium menimbulkan kekeruhan tertentu. Jadi intensitas sinar yang dihamburkan dapat menjadi ukuran untuk menentukan tingkat kekeruhan air tersebut (Hill, 2006). Tingginya intensitas cahaya mengacu pada nilai akuades yang digunakan pada saat kalibrasi lux meter yaitu sebesar

580 lux. Persentase penurunan turbiditas dan intensitas cahaya ditunjukkan pada Gambar 15.

Persentase penurunan turbiditas dan intensitas cahaya pada proses elektroflotasi-biokoagulasi (EB) dengan bantuan koagulan lidah buaya dan tepung jagung lebih tinggi dibandingkan dengan proses elektroflotasi dan biokoagulasi yaitu sebesar 97,43% dan 493 lux dengan bantuan koagulan lidah buaya dosis 1g/500mL, sedangkan dengan bantuan tepung jagung dosis 1,5 g/500mL menghasilkan persen penurunan turbiditas sebesar 97,49% dan nilai intensitas cahaya sebesar 495 lux. Proses tunggal elektroflotasi dapat menurunkan nilai turbiditas sebesar 71,1% dan intensitas cahaya sebesar 451 Lux. Sedangkan proses tunggal biokoagulasi mampu menurunkan nilai turbiditas dan intensitas cahaya yaitu sebesar 91,43% dan 455 Lux pada koagulan lidah buaya dosis 1g/500mL, sedangkan tepung jagung dosis 1,5 g/500mL menghasilkan persen penurunan turbiditas sebesar 93,14% dan nilai intensitas cahaya sebesar 460 lux.

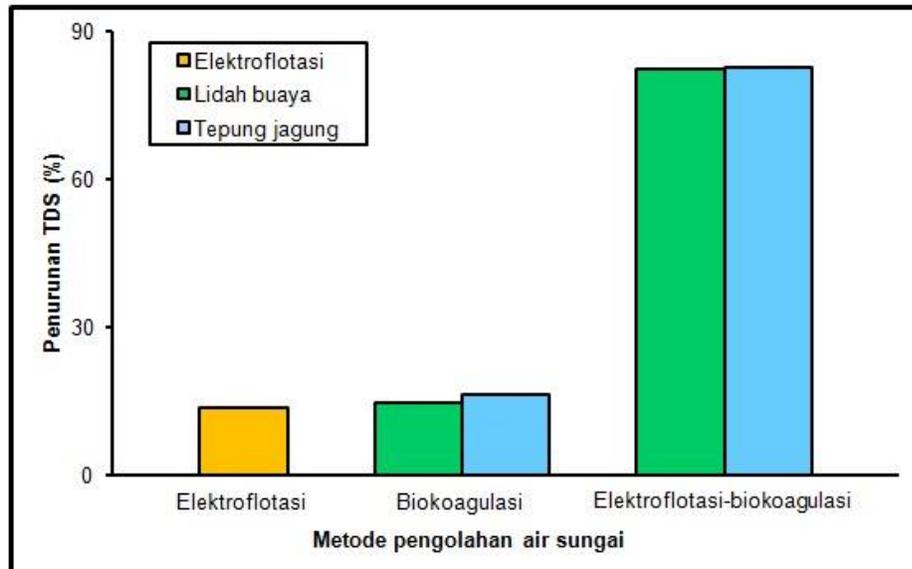


Gambar 15. Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi (EB) terhadap penurunan turbiditas dan intensitas cahaya.

5.4.3 Efektifitas penurunan TDS

Efektifitas elektroflotasi-biokoagulasi dapat dilihat pada persentase penurunan TDS akibat proses elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan persentase penurunan TDS akibat proses elektroflotasi dan biokoagulasi. Gambar 16 menunjukkan efektifitas elektroflotasi-biokoagulasi terhadap TDS memiliki kecenderungan lebih tinggi dibandingkan dengan elektroflotasi dan biokoagulasi yaitu sebesar 82,24% pada elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya dan 82,64% pada elektroflotasi-biokoagulasi tepung jagung. Hal tersebut terjadi karena adanya interaksi yang terjadi antara biokoagulan dengan arus elektron yang mengalir. Elektron akan dialirkan oleh katoda kemudian melintasi limbah untuk menuju anoda. Pada saat melintasi air sungai reaksi akan terbentuk dengan menghasilkan gelembung, ion positif dan negatif. Dimana ketika tegangan DC sudah optimal, gelembung yang dihasilkan juga akan optimal dan kemungkinan tabrakan antara gelembung-gelembung ini, kemudian dikoagulasi mengapung secara optimal. Akibatnya, lebih banyak partikel akan dihilangkan (Mansour, 2007).

Peningkatan efektifitas penurunan TDS sangat bergantung pada dosis dan kemampuan koagulan. Jika dosis biokoagulan yang diberikan melebihi batas maka koloid akan kembali stabil dan tidak membentuk flok yang menyebabkan efektifitas penurunan TDS rendah (Putri, 2018).



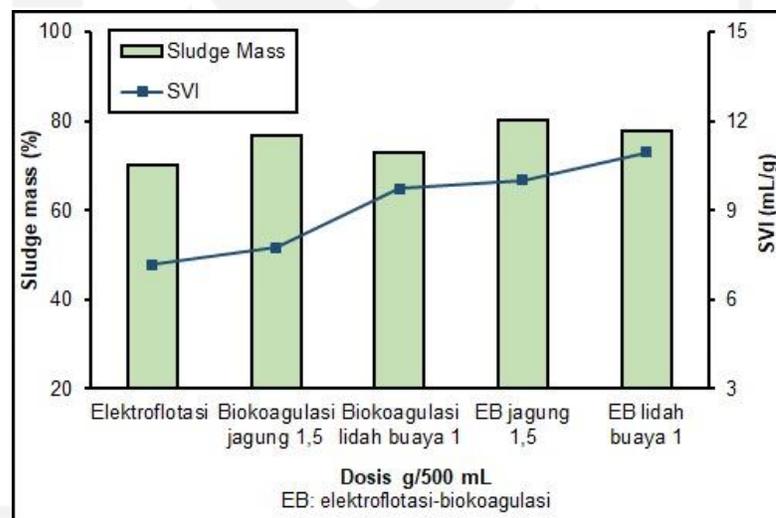
Gambar 16. Perbandingan penurunan TDS terhadap jenis metode pengolahan air sungai.

5.4.4 Pengaruh metode elektroflotasi-biokoagulasi terhadap *sludge mass* dan *sludge volume index* (SVI)

Sludge mass indeks diukur untuk mengetahui efektifitas proses elektroflotasi-biokoagulasi dengan cara mengevaluasi aktivitas biokoagulan yang ditunjukkan dengan tingginya persen *sludge mass indeks*. Sampel diuji aktifitas biokoagulan dengan menimbang hasil endapan, semakin rendah berat endapan keringnya maka hasil akan semakin bagus dengan ditunjukkan oleh tingginya persen *sludge mass indeks*. Sedangkan nilai *sludge volume indeks* merupakan parameter untuk mengevaluasi kemampuan lumpur aktif untuk mengendap. Nilai SVI yang tinggi (>150 mL/g) menunjukkan kondisi lumpur sukar untuk mengendap (*bulking*), sedangkan SVI rendah (< 70 mL/g) menunjukkan dominasi *pinflocs* (flok-flok kecil) (Bitton, 1994). Hasil persen *sludge mass indeks* dan nilai SVI ditunjukkan pada Gambar 17.

Persentase *sludge mass indeks* dan SVI menunjukkan bahwa proses elektroflotasi-biokoagulasi memiliki nilai persen *sludge mass indeks* dan nilai SVI paling tinggi yaitu sebesar 77,92% dan 10,97 mL/g pada elektroflotasi-biokoagulasi

lidah buaya 1 g/500mL, sedangkan pada elektroflotasi tepung jagung 1,5 g/500mL persen *sludge mass indeks* sebesar 80,36% dan nilai SVI sebesar 10,01 mL/g. Hasil ini disebabkan karena aktivasi biokoagulan dalam proses elektroflotasi-biokoagulasi dengan bantuan flokulasi perikinetik yang mengandalkan gerak brown (Vigneswaran dan Visvanathan, 1995) dan aktivasi biokoagulan dibantu juga dengan proses flotasi dan perpindahan elektron dari elektroflotasi (Yanqing dkk, 2009). Sedangkan proses koagulasi tumbukan antar partikel hanya mengandalkan proses pengadukkan. Persentase *sludge mass indeks* juga dipengaruhi oleh banyaknya dosis biokoagulan yang ditambahkan. Semakin banyak dosis biokoagulan yang ditambahkan maka semakin tinggi persen *sludge mass indeks*.



Gambar 17. Pengaruh metode elektroflotasi- biokoagulasi (EB) terhadap sludge mass dan SVI.

5.4.5 Persentase penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn

Persentase penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn merupakan parameter untuk menunjukkan tingkat keefektifan proses elektroflotasi-biokoagulasi dibandingkan dengan proses elektroflotasi dan biokoagulasi. Keberadaan logam Fe dan Mn yang berlebihan pada air sungai yaitu sebesar 15,829 mg/L (logam Fe) dan 20,686 mg/L (logam Mn) dapat menimbulkan efek toksik. Proses elektroflotasi-biokoagulasi lebih

efektif untuk mengurangi konsentrasi logam Fe dan Mn pada air sungai Selokan Mataram yang dibuktikan dari hasil persentase penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn pada proses elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya 1 g/500mL yaitu sebesar 95,32% (logam Fe) dan 99,81% (logam Mn). Pada proses elektroflotasi-biokoagulasi tepung jagung 1 g/500mL persentase penurunan logam Fe dan Mn sebesar 96,81% dan 99,63%. Hasil persentase penurunan logam konsentrasi Fe dan Mn ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil persen penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn.

Dosis koagulan (g/500 mL)	Konsentrasi (mg/L)	
	Kadar Fe	kadar Mn
Kondisi air sungai sebelum proses	15,829	20,686
Elektroflotasi	1,096 (93,70%)	0,038 (99,40%)
Biokoagulasi lidah buaya 1	0,630 (96,03%)	0,075 (99,63%)
Biokoagulasi tepung jagung 1,5	0,865 (94,61%)	0,937 (95,46%)
EB lidah buaya 1	0,744 (95,32%)	0,038 (99,81%)
EB tepung jagung 1,5	0,507 (96,81%)	0,075 (99,63%)
Angka (%): persen penurunan		

Mekanisme berkurangnya kadar logam Fe dan Mn dapat terjadi saat mulai terbentuknya flok pada proses biokoagulasi. Flo-flok yang terbentuk dan mengendap akan ikut mengendapkan logam Fe dan Mn dalam sampel air sungai. Kemudian flok-flok yang terbentuk tersebut mengapung secara optimal karena adanya interaksi antara biokoagulan dengan arus elektron yang mengalir pada proses elektroflotasi-biokoagulasi. Penurunan konsentrasi loga Fe dan Mn juga disebabkan oleh sifat polielektrolit yang terkandung pada biokoagulan lidah buaya dan tepung jagung memiliki gugus-gugus bermuatan negatif yang mampu mengikat ion-ion logam yang bermuatan positif (Hendriarianti dkk., 2011).

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Proses koagulasi menggunakan lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) lebih baik dibandingkan dengan koagulan sintesis *Poly aluminium chloride* (PAC) dalam pengolahan air sungai menjadi air bersih. Koagulan lidah buaya (*Aloe vera*) mampu menurunkan nilai turbiditas sebesar 91,43% dan TDS 14,63%, sedangkan tepung jagung (*Zea mays*) mampu menurunkan nilai turbiditas sebesar 93,5% dan TDS 16,09%. Sedangkan koagulan sintesis *Poly aluminium chloride* (PAC) mampu menurunkan nilai turbiditas sebesar 91,17% dan TDS 2,43%.
2. Performa kinerja proses pengolahan air sungai menjadi air bersih berdasarkan pengukuran SVI dan *sludge mass* menunjukkan gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi menggunakan lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan secara tunggal proses elektroflotasi dan biokoagulasi. Gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) menghasilkan nilai SVI sebesar 10,97 mL/g dan 10,01 mL/g dengan nilai *sludge mass* sebesar 77,92% dan 80,36%. Sedangkan proses elektroflotasi menghasilkan nilai SVI sebesar 7,71 mL/g dan nilai *sludge mass* sebesar 70,26%. Untuk proses biokoagulasi dengan lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) mampu menghasilkan nilai SVI sebesar 9,74 mL/g dan 7,76 mL/g dengan nilai *sludge mass* sebesar 72,93% dan 76,63%. Proses pengolahan air sungai menjadi air bersih menggunakan gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi menggunakan koagulan lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan secara tunggal proses elektroflotasi dan biokoagulasi. Gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) mampu menurunkan parameter air bersih meliputi turbiditas, TDS, logam Fe dan Mn secara

berturut-turut sebesar 97,49% ; 97,43%, 82,24% ; 82,64%, 95,32% ; 96,81%, dan 99,81% ; 99,63%. Sedangkan proses elektroflotasi mampu menurunkan turbiditas, TDS, logam Fe dan Mn secara berturut-turut sebesar 71,1%, 13,6%, 93,70%, dan 99,40%. Untuk biokoagulasi dengan lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung mampu menurunkan turbiditas, TDS, logam Fe dan Mn secara berturut-turut sebesar 91,43% ; 93,5%, 14,63% ; 16,09%, 96,03% ; 94,61%, dan 99,63%, 95,46%. Berdasarkan pengukuran intensitas cahaya gabungan proses elektroflotasi-biokoagulasi menggunakan lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) menghasilkan nilai intensitas cahaya lebih tinggi dibandingkan dengan proses tunggal elektroflotasi dan biokoagulasi yaitu sebesar 493 Lux dan 495 Lux. Proses tunggal elektroflotasi menghasilkan nilai intensitas cahaya sebesar 451 Lux. Sedangkan proses tunggal biokoagulasi lidah buaya (*Aloe vera*) dan tepung jagung (*Zea mays*) menghasilkan nilai intensitas cahaya sebesar 455 Lux dan 460 Lux.

6.2 Saran

Penelitian lebih lanjut, dapat dilakukan dengan uji coba elektroflotasi-biokoagulasi semi kontinyu serta melakukan pengujian pada parameter-parameter air bersih lainnya yang terdapat pada Permenkes RI nomor 32 tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2014. *Kimia Lingkungan*. Penerbit ANDI, Yogyakarta, 12-25.
- Adjeroud, N., dkk., 2017, Effect of opuntia ficus indica mucilage on copper removal from water by electrocoagulation-electroflotation technique, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 811, 26–36.
- Aho, I.M., and Lagasi, J.E., 2012, A new water treatment system using *Moringa oleifera* seed, *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 3, 487-492.
- Alam, R. 2015. Fundamentals of electroflotation and electrophoresis and application in soil sand tailing management. *Departement of Civil and Environmental Engineering. University of Western Ontario*.
- Al-Anshori, J. 2005. *Spektroskopi Serapan Atom*. Materi Ajar disajikan dalam Pelatihan Instrumentasi Analisa Kimia Universitas Padjadjaran.
- Al-Snafi, A.E., 2016, The medical importance of cicer arietinum: A Review, *IOSR Journal of Pharmacy*, 6 (3), 29-40.
- Andiwijaya, A.F., 2016, Alternatif koagulan alami sebagai pengganti atau pembantu aluminium sulfat pada proses pengolahan air minum, *Journal of Water Resource and Protection*, 8, 1-6.
- APHA, 1989, Standard Methods For The Examination Of Waters And Wastewater. 17th Ed, American Public Health Association, *American Water Works Association, Water Pollution Control Federation*, Washington, D.C.
- Babu, R., and Chauduri, M., 2005. Home Water Treatment by Direct Filtration with Natural Coagulant. *Journal of Water and Health*, 3(1), 27-30.
- Bangun, A. R., Aminah, S., Hutahaean, R. A., dan Ritonga, M. Y., 2013. Pengaruh kadar air, dosis dan lama pengendapan koagulan serbuk biji kelor sebagai alternatif pengolahan limbah cair industri tahu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 7-13.
- Benfield, L.D., 1982. *Process Chemistry For Water and Waswater Treatment*. New Jersey : Prentice Hall, 510.
- Barth, A. 2007. Infrared Spectroscopy of Proteins. *Biochemica et Biophysica Acta*. 1073-1101.
- Ben, M. L. 2006. Treatment of wastewaters of paper industry by coagulation–electroflotation. *Desalination*, 208, 34–41.
- Bramantyo, A. E. 2014. Pembuatan bio koagulan dari biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai pengganti koagulan sintesis (Tawas). *Jurnal Kimia Valensi*, 1(1), 1-11.
- Bhuptawat, H., Folkard, G.K. & Chaudari, S. 2007. Innovative physico-chemical treatment of wastewater incorporating *Moringa oleifera* seed coagulant. *Journal of Hazardous Materials*. 142, 477 – 482.
- Campbell., Arezoo. 2002. The potential role of aluminium in Alzheimer’s disease, *Neprhol Dial Transplant*. 17, 17-20.

- Casqueira, R. G., Torem, M. L. dan Kohler, H. M., 2006, The removal of zinc from liquid streams by electroflotation, *Mineral Engineering*, 19, 1388- 1392.
- Chandra, B. 2006. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. EGC, Jakarta. 35-38.
- Christensen, M.L., Keiding, K., Nielsen, P.H., and Jorgensen, M.K., 2015. Dewatering in biological wastewater treatment: a review. *Water Research*, 82, 14–24.
- Eka, P & Agus, J. 2018. Karakterisasi ekstrak tapioka dan tapioka tonik sebagai biokoagulan dalam proses aepngolahan air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19, 2.
- Gregory, J., 2007. Polymer adsorption and flocculation in sheared suspensions. *Colloids Surf.* 31, 231-253
- Jagaba, A. H., Kutty, S. R. M., Hayder, G., Latiff, A. A. A., Aziz, N. A. A., Umaru, I., Abubakar, S., Lawal, I. M., and Nasara, M. A., 2020. Sustainable use of natural and chemical coagulants for contaminants removal from palm oil mill effluent: A comparative analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 1-10.
- Janczukowicz, W., Szewczyk, M., Krzemieniewski, M., and Pesta, J., 2001. Settling properties of activated aludge from a sequencing batch reactor. *Polish Journal of Environmental Studies*, 1(1), 15–20.
- Hammam, J. H., 2008. *Composition and Application of Aloe vera Leaf Gel*. *Molecules* 13, 1599-1616.
- Haryono., Muhammad Faizal D., Christi Liamita N., Atiek Rostika. 2018. Pengolahan limbah zat warna tekstil terdispersi dengan metode elektroflotasi. *Jurnal Kimia dan Pendidikan* 3, 1.
- Hendrawati., Desly S., dan Nurhasni, 2013, Penggunaan biji asam jawa (*Tamarindus indicis L.*) dan biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus L.*) sebagai koagulan alami dalam perbaikan kualitas air tanah, *Valensi*, 3, 22-33.
- Idris J., Som A. M., Musa M., & Hamid K. H. K. 2013. Dragon fruit foliage plant-based coagulant for treatment of concentrated latex effluent: Comparison of treatment with ferric sulfate. *Journal Of Chemistry*, 1-7.
- Katayon S., Noor M.J.M.M., Tat W.K., Halim G.A., Thamer A.M., & Badronisa Y. 2007. Effect of natural coagulant application on microfiltration performance in treatment on secondary oxidation pond effluent. *Desalination*, 204, 204 – 212.
- Kihampa C., Mwegoha W.J.S., Kaseva M.E., and Marobhe N. 2011. Performance of solanum incunum linnaeus as natural coagulant and disinfectant for drinking water. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 5, 867-872.
- Kurniawan TA, Chan GYS, Lo WH, Babel S. 2006. Physico-chemical treatment techniques of wastewater laden with heavy metals. *Chem Eng J* , 118, 83–98.
- Liu, W., Wang, T., Borthwick, A. G. L., Wang, Y., Yin, X., Li, X. dan Ni, J., 2013, Adsorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} and Cr^{2+} onto titanate nanotubes: Competition and effect of inorganic ions. *Science of the Total Environment*. 456-457, 171-180.
- Mackereth, F. J., Heron, T., dan Tallin, J. F., 1989, *Water Analysis Freshwater Biological Association*, Cumbria, UK, 16.

- Magaji, U.F., 2015, Biocoagulation Activity of Moringa oleifera Seeds for Water Treatment, *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 4, 2, 19-26.
- Mansour L. Ben., dkk. 2006. Treatment of wastewaters of paper industry by coagulation–electroflotation. *Desalination* 208, 34–41.
- Mansour, L.B., Abdou, Y.B., Gabsi, S., 2001, Effects of some parameters on removal process of nickel by electroflotation, *Water Waste Environment Research*, 2, 51–58.
- Mansour, L.B., I. Ksentini., B. Elleuch., 2007, Treatment of wastewaters of paper industry by coagulation–electroflotation. *Desalination*, 208, 34–41.
- Mansour, L.B., I. Ksentini., 2007, Treatment of effluents from cardboard industry by coagulation–electroflotation. *Journal of Hazardous Materials*, 20, 1–4.
- Muhammad, S. dan Warjito, 2014, *Elektroflotasi untuk Pemisahan Zat Warna Batik*, Penelitian, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Mujariah., Paulus Hengky Abram., & Minarni Rama Jura. 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.
- Novita E., dkk. 2014. Optimasi penggunaan koagulan alami biji kelor (*Moringa Oleifera*) pada pengolahan limbah cair mocaf. *Jurnal Agroteknologi*, 8, 2.
- Pichler T., Young K., & Alcantar N. 2012. Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus. *Water Science & Technology: Water Supply*, 179-186.
- Prihatinningtyas., dan Effendi., 2013. Aplikasi koagulan alami dari tepung jagung dalam pengolahan air bersih. *Jurnal Teknosains*, 2(2), 71-158.
- Ramadhan D., 2017. Peran Koagulasi dalam Meningkatkan Efisiensi Pemrosesan dan Efektivitas Biaya dalam Proses Pengolahan Air dan Air Limbah. *Jurnal Intitut Teknologi Bandung*.
- Shak, K.P.Y., and Wu, T.Y., 2015. Optimized use of alum together with unmodified *cassiaobtusifolia* seed gum as a coagulant aid in treatment of palm oil mill effluent under natural pH of wastewater. *Industrial Crops and Products*, 76, 1169–1178.
- Siregar, S. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 6, 58-62.
- Suseno, J.E. dan Firdausi K.S. 2008. Rancang bangun spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) untuk penentuan kualitas susu sapi. *Berkala Fisika*, 11, 23-28.
- Sudijanto, A., 1993, *Uji Tingkat Biodegradasi Limbah Deterjen Metode Activated Sludge*, Skripsi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sumantri. 2013. *Analisis Kimia Pangan*. Yogyakarta: UGM Press. 20-25.
- Srawaili, N. 2008. Efektivitas biji kelor (*Moringa oleifera*) dalam menurunkan kekeruhan, kadar ion besi dan mangan dalam air, Institut Teknologi Bandung.

- Tarigan, M. S., dan Edward., 2003. Kandungan total zat padat tersuspensi (TDS) di perairan Raha Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science*, 7(3), 109-119.
- Thompson, R., 1995. *Industrial Inorganic Chemicals: Production and Uses*. Cambridge : The Royal Society of Chemistry, 5, 408.
- Tripathy, T., and De, B. R., 2006. Flocculation: a new way to treat the waste water. *Journal of Physical Science*, 10, 93–127.
- Tzoupanos, N. D., dan Zouboulis, A. I., 2011. Preparation, characterisation and application of novel composite coagulants for surface water treatment. *Water Research*, 45(12), 3614-3626.
- Ugwu, S. N., Umuokoro, A. F., Echiegu, E. A., Ugwuishiwu, B. O., Enweremadu, C. C., and Aziz, Abdul, H., 2017. Comparative study of the use of natural and artificial coagulants for the treatment of sullage (domestic wastewater). *Cogent Engineering*, 4(1), 1-13.
- Vangronsveld, J., and Clijsters, H., 1994, *Toxic effects of metals, in: Plants and the Chemical Elements: Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity*, VCH Publishers, Weinheim.
- Wang C.T., Chou W.L., Kuo Y.M. 2013, Removal of COD from textile wastewater by electroflotation, *Journal of Hazardous Materials*, 164, 81-86.
- Wei, N., Zhang, Z., Liu, D., Wu, Y., Wang, J., Wang, Q., 2015, Coagulation behavior of polyaluminium chloride: effects of pH and coagulant dosage, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 23, 6,1041-1046.
- Wiratini, N.M., dan Kartowasono, N., 2016, Dampak rangkaian sel elektroda Al-C dalam elektrokimia untuk mendegradasi limbah lekstil, *Reaktor*, 16, 2, 65-71.
- Yanqing X., Shang J.Q., Yono F.W., Gary G., Coleman D.P., Sioshansi M., Sullivan S. 2009, Electrokinetic flotation of process water from paint booths, *Water Qual. Res. J. Can*, 44, 189-200.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil proses koagulasi dengan biokoagulan dan PAC

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

$$\text{Peningkatan (\%)} = \frac{\text{konsentrasi akhir} - \text{konsentrasi awal}}{\text{konsentrasi akhir}} \times 100$$

a. Turbiditas pada proses koagulasi dengan biokoagulan dan PAC

Nilai turbiditas air sungai Selokan Mataram diukur setelah pH dibasakan menjadi 8,5 yaitu 912 NTU

Jenis biokoagulan	Dosis koagulan (g/500mL)	Turbiditas (NTU)			Rata-rata	Penurunan (%)
		1	2	3		
PAC	1	174	175	176	175 ± 1	80,81 ± 0,57
	1,5	80,5	80,6	80,6	80,5 ± 0,05	91,17 ± 0,06
	2	209	210	211	210 ± 1	76,97 ± 0,47
Jagung	1	177	178	179	178 ± 1	80,48 ± 0,56
	1,5	62,5	62,6	62,6	62,5 ± 0,05	93,14 ± 0,08
	2	202	203	204	203 ± 1	77,74 ± 0,49
Lidah buaya	1	78,1	78,2	78,2	78,1 ± 0,05	91,43 ± 0,06
	1,5	185	186	187	186 ± 1	79,60 ± 0,53
	2	190	191	192	191 ± 1	79,05 ± 0,52

b. TDS koagulasi dengan biokoagulan dan PAC

Nilai TDS air sungai Selokan Mataram diukur setelah pH dibasakan menjadi 8,5 yaitu 205 mg/L

Jenis biokoagulan	Dosis biokoagulan (g/500mL)	TDS (mg/L)			Rata-rata	Penurunan (%)
		1	2	3		
PAC	1	200	201	202	201 ± 1	1,95 ± 0,49
	1,5	199	200	201	200 ± 1	2,43 ± 0,5
	2	203	204	205	204 ± 1	0,48 ± 0,49
Jagung	1	181	182	183	182 ± 1	11,21 ± 0,54
	1,5	171	172	173	172 ± 1	16,09 ± 0,58
	2	204	206	207	200 ± 1,52	2,43 ± 0,76
Lidah buaya	1	174	175	176	175 ± 1	14,63 ± 0,57
	1,5	184	185	186	185 ± 1	9,75 ± 0,54
	2	184	184	186	190 ± 1,15	7,31 ± 0,6

Lampiran 2. Hasil pengaruh dosis biokoagulan terhadap *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass*

$$SM (\%) = \frac{(\text{berat basah}) - (\text{berat kering})}{(\text{berat basah})} \times 100$$

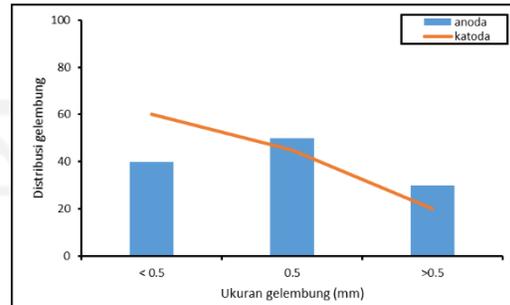
$$SVI \left(\frac{\text{mL}}{\text{g}}\right) = \frac{\text{volume endapan lumpur di dalam silinder kerucut (mL/L)}}{\text{berat endapan tersuspensi } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)} \times 1000$$

Dosis (g)	Volume inhoff (mL)	Sludge basah (mg)	Sludge kering (mg)	SVI (mL/g)	SM (%)	
Lidah	1	9	3414	924	9,74	72,93
buaya	1,5	9,2	3787	948	9,7	74,96
	2	9,4	4163	975	9,64	76,57
Tepung	1	5	2441	635	7,87	73,98
jagung	1,5	5,2	2812	657	7,76	76,63
	2	5,2	3179	675	7,7	78,76

Lampiran 3. Pengukuran ukuran gelembung menggunakan excel (manual)

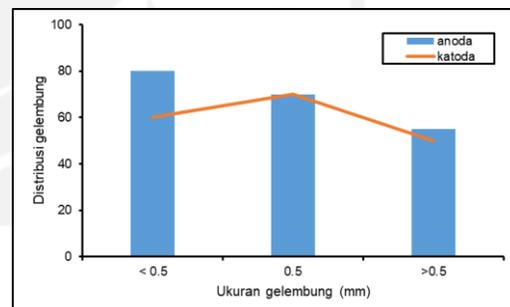
a. Distribusi gelembung pada tegangan 10V

Ukuran (mm)	Katoda	Anoda
< 0,5	40	60
0,5	50	45
>0,5	30	20



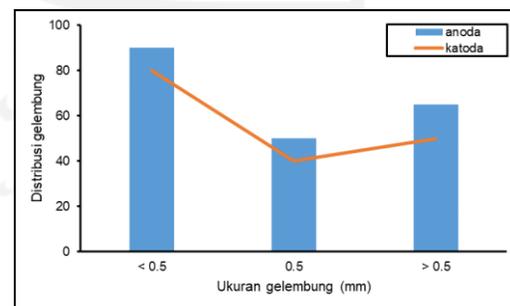
b. Distribusi gelembung pada tegangan 20V

Ukuran (mm)	Katoda	Anoda
< 0,5	80	60
0,5	70	70
>0,5	50	55



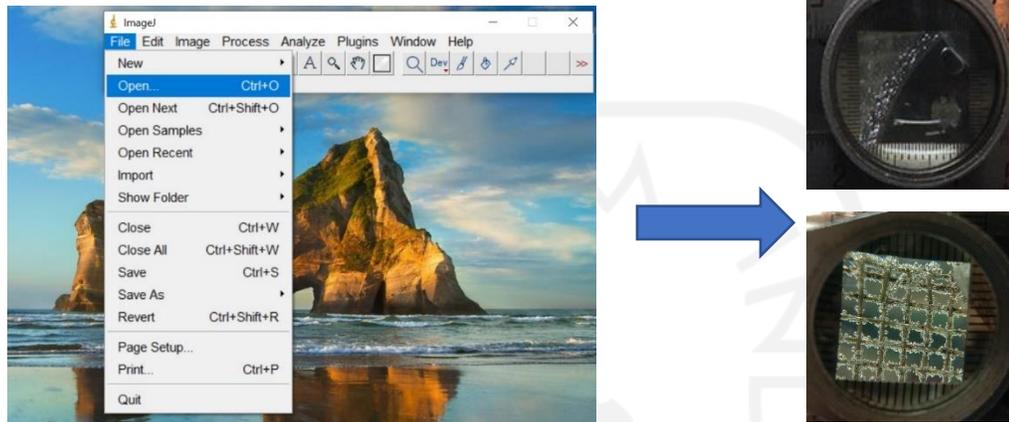
c. Distribusi gelembung pada tegangan 30V

Ukuran (mm)	Katoda	Anoda
< 0,5	90	80
0,5	50	40
>0,5	65	50



Lampiran 4. Pengolahan data menggunakan *software imageJ*

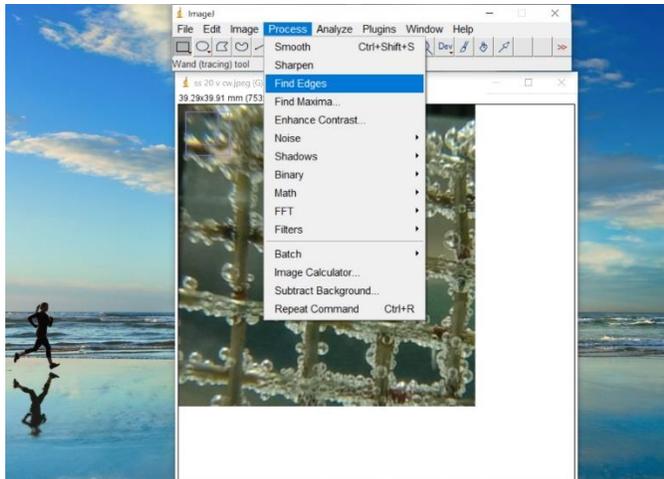
a. Langkah membuka gambar dengan imageJ



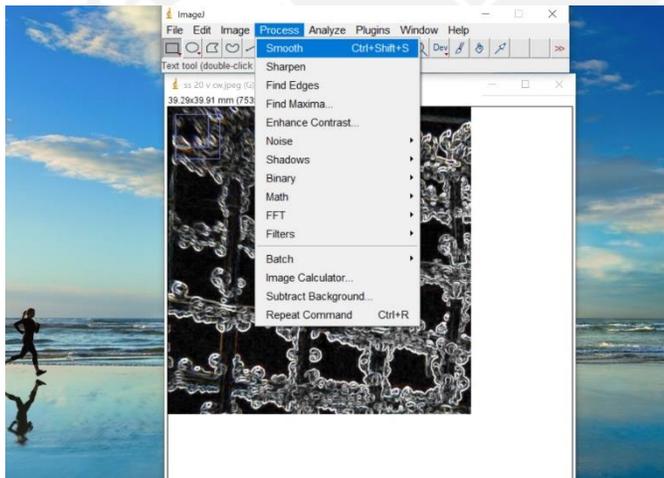
b. Langkah mengatur skala citra



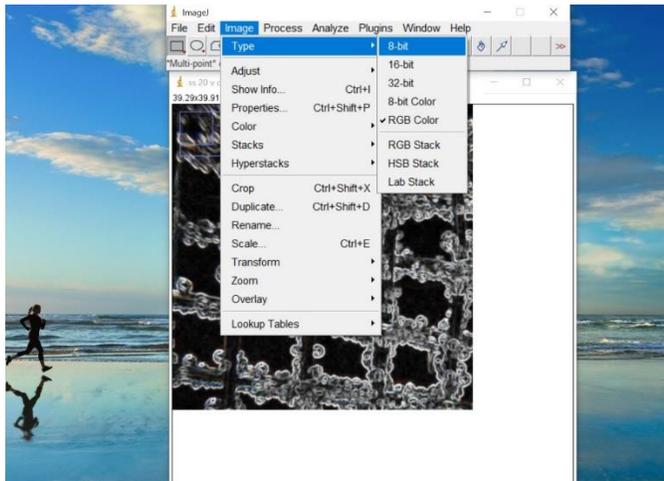
- c. Langkah pemisahan dan pembatasan bagian yang akan dianalisis (*find edges*)



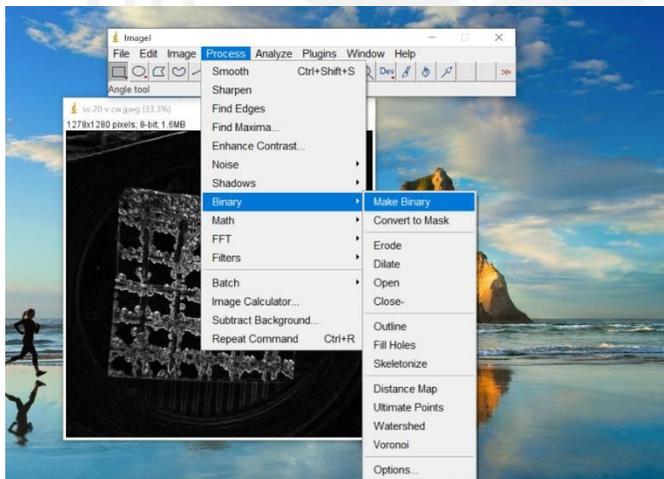
- d. Langkah menghaluskan gambar dan menajamkan gambar



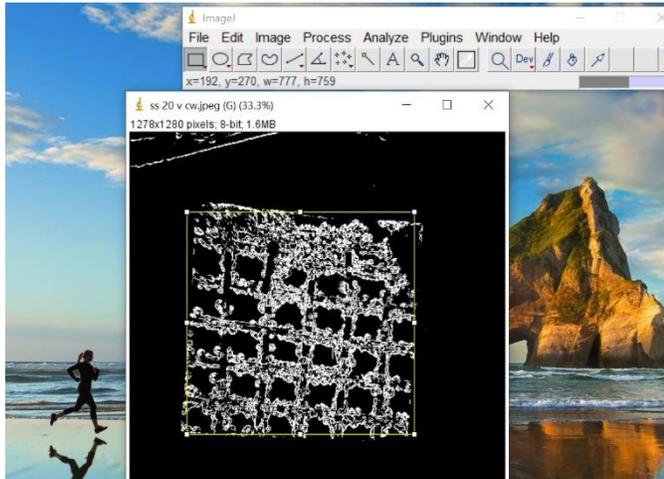
e. Langkah mengsortir gambar menjadi jelas



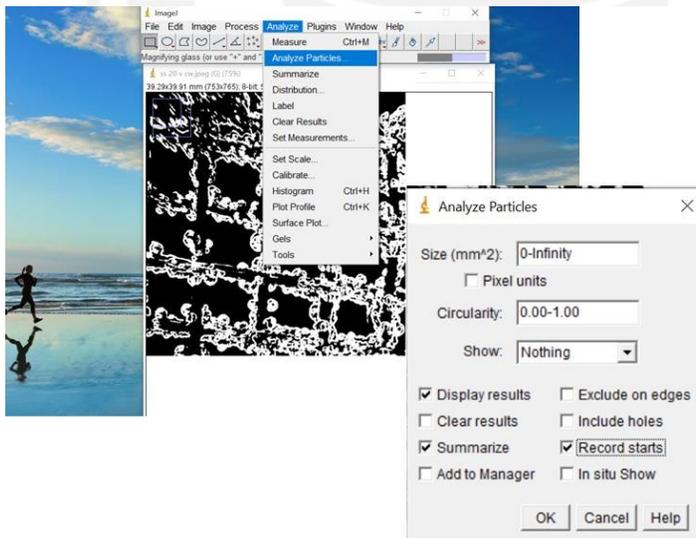
f. Langkah akhir visualisasi citra yang akan dianalisis



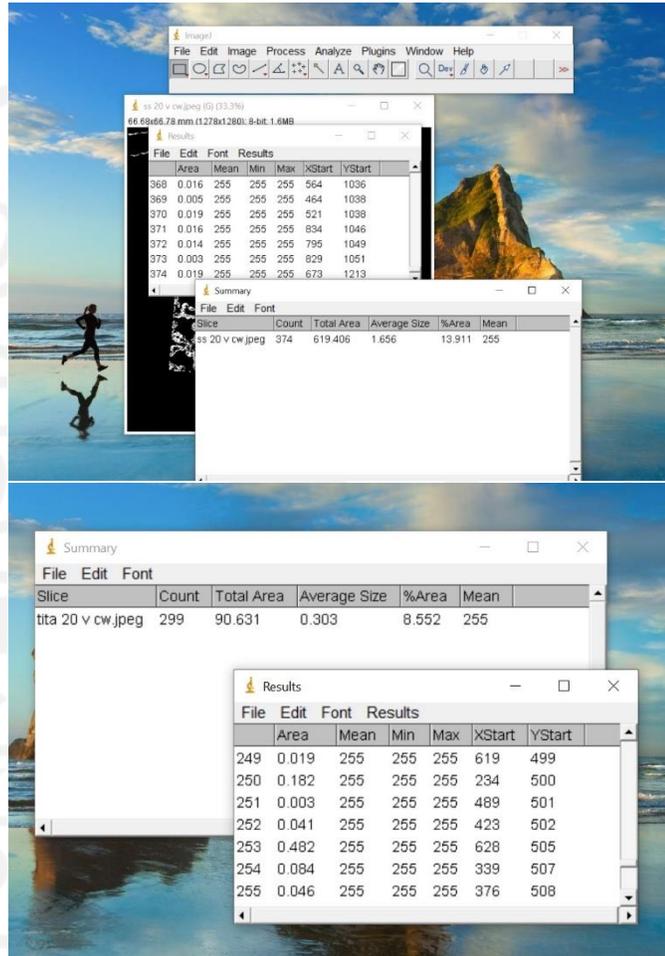
g. Langkah pembatasan pengukuran (rectangle)



h. Langkah menghitung luas



i. Hasil akhir pengukuran ukuran partikel



Lampiran 5. Hasil efektifitas kinerja elektroflotasi-biokoagulasi pada penjernihan air sungai (Tanpa control pH)

a. Hasil perbandingan turbiditas pada proses penjernihan air sungai

Nilai turbiditas air sungai selokan mataram = 866 NTU

Dosis (g/500mL)	Turbiditas (NTU)			Rata-rata	Penurunan (%)
	1	2	3		
Elektroflotasi	249	250	251	250 ± 1	$71,1 \pm 0,4$
Lidah buaya 1	78,1	78,2	78,2	$78,1 \pm 0,05$	$91,43 \pm 0,06$
Tepung jagung 1,5	62,5	62,6	62,6	$62,5 \pm 0,05$	$93,14 \pm 0,08$
EB lidah buaya 1	22,2	22,3	22,3	$22,2 \pm 0,05$	$97,43 \pm 0,22$
EB tepung jagung 1,5	21,7	21,8	21,8	$21,7 \pm 0,05$	$97,49 \pm 0,23$

b. Hasil perbandingan TDS pada proses penjernihan air sungai

Nilai TDS air sungai selokan mataram = 125 mg/L

Dosis (g/500mL)	TDS (mg/L)			Rata-rata	Penurunan (%)
	1	2	3		
Elektroflotasi	108	109	109	$108 \pm 1,52$	$13,6\% \pm 1,4$
Lidah buaya 1	174	175	176	175 ± 1	$14,63\% \pm 0,57$
Tepung jagung 1,5	171	172	173	172 ± 1	$16,09\% \pm 0,58$
EB lidah buaya 1	22,2	22,3	22,3	$22,2 \pm 0,05$	$82,24\% \pm 0,22$
EB tepung jagung 1,5	21,7	21,8	21,8	$21,7 \pm 0,05$	$82,64\% \pm 0,23$

c. Hasil perbandingan intensitas cahaya pada proses penjernihan air sungai

Nilai intensitas cahaya air sungai selokan mataram = 336 Lux

Dosis (g/mL)	Intensitas cahaya (Lux)			Rata-rata	Peningkatan (%)
	1	2	3		
Elektroflotasi	447	458	449	451 ± 5,85	25,49 ± 1,29
Lidah buaya 1	458	451	456	455 ± 3,6	26,15 ± 0,79
Tepung jagung 1,5	459	460	461	460 ± 1	26,95 ± 0,21
EB lidah buaya 1	492	493	494	493 ± 1	31,84 ± 0,20
EB tepung jagung 1,5	495	494	496	495 ± 1	32,12 ± 0,20

d. Hasil perbandingan *sludge volume index* (SVI) dan *sludge mass* pada proses penjernihan air sungai

Dosis (g)	Volume inhoff (mL)	Berat basah (mg)	Berat kering (mg)	SVI (mL/g)	SM (%)
Elektroflotasi	6,5	3047	906	7,71	70,26
Lidah buaya 1	9	3414	924	9,74	72,93
Tepung jagung 1,5	5,1	2812	657	7,76	76,63
EB lidah buaya 1	11	4539	1002	10,97	77,92
EB tepung jagung 1,5	6,8	3550	697	10,01	80,36

Lampiran 6. Data spektroskopi serapan atom (SSA) logam Fe



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

No. Dok : Form-36/Hasil Uji Rev. 0
Tgl. Terbit : 24 Oktober
2018

Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Sampel : Cair
Kode Sampel : 01300720/C/AAS
Asal Sampel : Kimia UII
Tanggal diterima : 1 Juli 2020
Tanggal dianalisis : 8 Juli 2020

Parameter : Fe

No	Sample ID	Seq No.	El	Standar	Mean Sig	Limit Detection from standard	Mean Samp	Ketidak pastan	Samp Units
					(Absorbance)				
1	Calb Blank	2	Fe	0	-0.0002			0.00010	mg/L
2	std 1	4	Fe	0.5	0.0096	0.0004		0.00040	mg/L
3	std 2	5	Fe	1	0.0242	0.0004		0.00010	mg/L
4	std 3	6	Fe	2	0.0605	0.0004		0.00010	mg/L
5	std 4	7	Fe	3	0.0886	0.0004		0.00010	mg/L
6	std 5	8	Fe	5	0.1463	0.0004		0.00040	mg/L
7									
8									
9									
10	01300720-1	30	Fe		0.0450		15.890	0.111	mg/L
11	01300720-2	11	Fe		0.0553		1.932	0.200	mg/L
12	01300720-3	12	Fe		0.0230		0.857	0.183	mg/L
13	01300720-4	13	Fe		0.0317		1.146	0.120	mg/L
14	01300720-5	14	Fe		0.0162		0.630	0.317	mg/L
15	01300720-6	31	Fe		0.0631		2.192	0.116	mg/L
16	01300720-7	16	Fe		0.0273		1.000	0.118	mg/L
17	01300720-8	17	Fe		0.0125		0.507	0.119	mg/L
18	01300720-9	18	Fe		0.0196		0.743	0.116	mg/L
19	01300720-10	19	Fe		0.0302		1.096	0.111	mg/L

Jogjakarta, 10 Juli 2020		
Manajer Teknis	Penyelia	Laboran
Thorikul H	Rhamdan C.	Yusuf H

Lampiran 7. Data spektroskopi serapan atom (SSA) logam Mn



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

No. Dok : Form-36/Hasil Uji Rev. 0
Tgl. Terbit : 24 Oktober
2018

Hasil Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

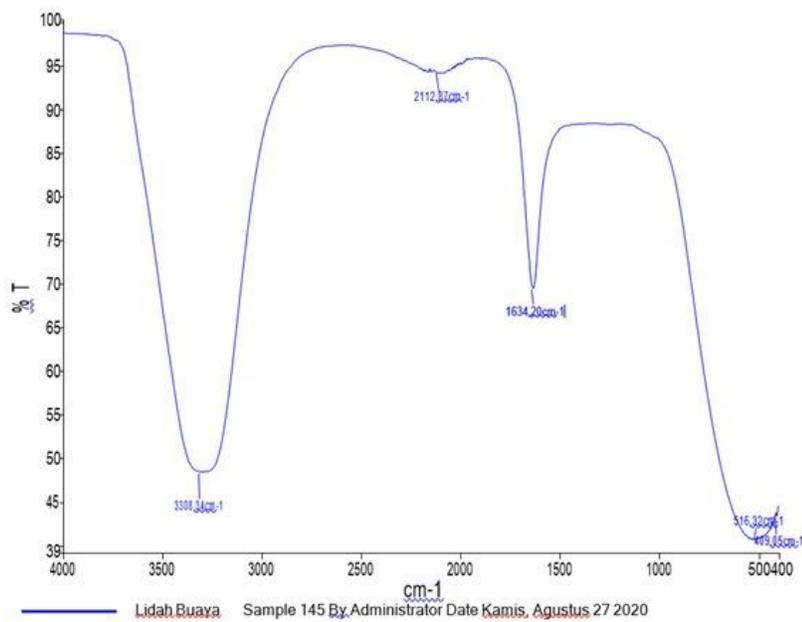
Sampel : Cair
Kode Sampel : 01300720/C/AAS
Asal Sampel : Kimia UII
Tanggal diterima : 1 Juli 2020
Tanggal dianalisis : 8 Juli 2020

Parameter : Mn

No	Sample ID	Seq No.	El	Standar	Mean Sig (Absorbance)	Limit Detecton fom standard	Mean Samp	Ketidak pastian	Samp Units
1	Calib Blank	2	Mn	0	0.0002			0.00010	mg/L
2	std 1	3	Mn	0.05	0.0031	0.0004		0.00020	mg/L
3	std 2	4	Mn	0.1	0.0054	0.0004		0.00020	mg/L
4	std 3	5	Mn	0.5	0.0286	0.0004		0.00030	mg/L
5	std 4	6	Mn	1	0.0600	0.0004		0.00020	mg/L
6	std 5	7	Mn	1.5	0.0902	0.0004		0.00090	mg/L
7									
8									
9									
10	01300720-1	20	Mn		0.0619		20.680	0.020	mg/L
11	01300720-2	10	Mn		0.0298		0.501	0.015	mg/L
12	01300720-3	11	Mn		0.0561		0.938	0.020	mg/L
13	01300720-4	12	Mn		0.0646		1.079	0.020	mg/L
14	01300720-5	13	Mn		0.0042		0.076	0.015	mg/L
15	01300720-6	14	Mn		0.0666		1.112	0.019	mg/L
16	01300720-7	15	Mn		0.0252		0.424	0.022	mg/L
17	01300720-8	16	Mn		0.0071		0.124	0.016	mg/L
18	01300720-9	17	Mn		0.0042		0.076	0.015	mg/L
19	01300720-10	18	Mn		0.0020		0.039	0.002	mg/L

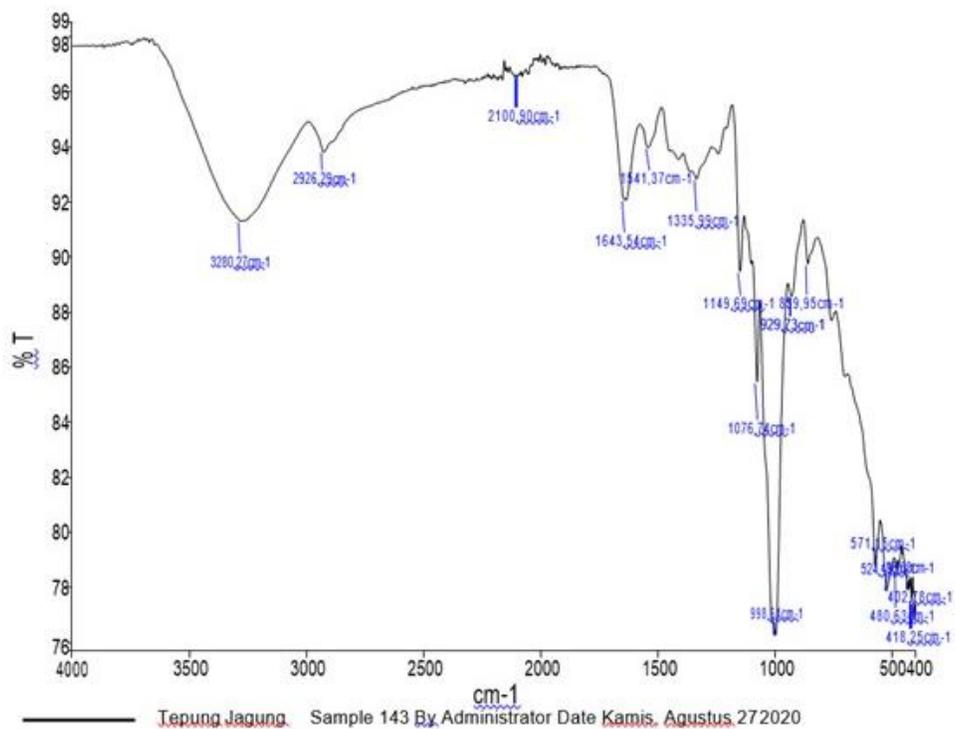
Jogjakarta, 10 Juli 2020		
Manajer Teknis	Penyelia	Laboran
Thorikul H	Khamdan C.	Yusuf H

Lampiran 8. Hasil spektrum FTIR lidah buaya



List of Peak Area/Height		
Peak Number	X (cm-1) (cm-1) (cm-1)	Y (%T) (%T) (%T)
1	3308,34	48,46
2	2112,87	94,24
3	1634,2	69,55
4	516,32	40,64
5	409,05	43,43

Lampiran 9. Hasil spektrum jagung



List of Peak Area/Height

Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
2	2926,29	93,85
3	2100,9	96,56
4	1643,54	92,09
5	1541,37	93,99
6	1335,99	92,85
7	1149,69	89,48

8	1076,74	85,47
9	998,64	76,24
10	929,73	88,59
11	859,95	89,76
12	571,15	78,77
13	524,19	77,85
14	480,63	78,6
15	433,08	77,9
16	418,25	77,44

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاستد بالاندو