PERBANDINGAN KEMAMPUAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DENGAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE* (PAC) SEBAGAI KOAGULAN DALAM MENURUNKAN BOD, COD, TSS DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI KOPI

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T) pada program studi Teknik Lingkungan

DISUSUN OLEH:

FARHANA FITRI ARDILLA

H75217057

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farhana Fitri Ardilla

NIM : H75217057

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2017

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul "PERBANDINGAN KEMAMPUAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DENGAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE* (PAC) SEBAGAI KOAGULAN DALAM MENURUNKAN BOD, COD, TSS DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI KOPI".

Apabila suatu saat nanti terbukti saya telah melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 1 Juli 2021

Yang Menyatakan

(Farhana Fitri Ardilla)

NIM. H75217057

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh,

NAMA : Farhana Fitri Ardilla

NIM : H75217057

JUDUL : Perbandingan Kemampuan Lidah Buaya (*Aloe vera*) dengan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) Sebagai Koagulan dalam Menurunkan BOD, COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Industri Kopi

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 18 Juni 2021

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ida Munfarida, M.T	Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL
NIP. 198411302015032001	NIP. 198512112014031002

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Farhana Fitri Ardilla ini telah dipertahankan

Di Depan Tim Penguji

Di Surabaya, 25 Juni 2021

Mengesahkan,
Dewan Penguji,

Dosen Penguji I	Dosen Penguji II
Ida Munfarida, M.T	Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL
NIP. 198411302015032001	NIP. 198512112014031002
Dosen Penguji III	**Dosen Penguji IV**
Sarita Oktorina, M.Kes	Estri Kusumawati, M.Kes
NIP. 198710052014032003	NIP. 198708042014032003

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Farhana Fitri Ardilla
NIM : H75217057
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Lingkungan
E-mail address : farahardilla683@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
☑ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
Perbandingan Kemampuan Lidah Buaya (*Aloe vera*) dengan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) Sebagai Koagulan dalam Menurunkan BOD, COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Industri Kopi

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 1 Juli 2021

Penulis

(Farhana Fitri Ardilla)

ABSTRAK

PERBANDINGAN KEMAMPUAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DENGAN *POLY ALUMINIUM CHLORIDE* (PAC) SEBAGAI KOAGULAN DALAM MENURUNKAN BOD, COD, TSS DAN WARNA PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI KOPI

Limbah cair industri kopi mengandung bahan organik yang tinggi sehingga menyebabkan kadar BOD, COD dan TSS yang tinggi. Selain itu, juga memiliki kandungan warna yang tinggi. Berdasarkan data pengolahan limbah cair PT. Aneka Coffee Industry (2021), kadar BOD, COD, TSS dan warna secara berurutan yaitu 1.100 mg/l, 2.600 mg/l, 2.100 mg/l dengan air limbah berwarna coklat kehitaman. Pada penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kemampuan dari lidah buaya dan PAC sebagai koagulan dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan warna. Selain itu, mengetahui dosis optimum dari penggunaan variasi dosis 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l untuk masing-masing koagulan. Karakteristik awal limbah cair industri kopi masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5/2014. Bentuk penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan jar test dan pengujian parameter air limbah di laboratorium. *Jar test* dilakukan dengan pengadukan cepat 200 rpm selama 1 menit kemudian pengadukan lambat 90-100 rpm selama 20 menit dan dibiarkan mengendap selama 30 menit. Pengujian parameter BOD, COD, TSS dan warna dilakukan sesuai dengan SNI yang berlaku. Berdasarkan pengujian diketahui dosis optimum koagulan lidah buaya maupun PAC dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna adalah 60 ml/l dengan presentase penurunan lebih dari 50%. Dan hasil uji beda Mann-Whitney yang dilakukan dengan SPSS menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kemampuan dari kedua koagulan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna dari limbah cair industri kopi. Dengan ini, koagulan lidah buaya maupun PAC, keduanya mampu menurunkan parameter pencemar tersebut dengan dosis optimum yang telah ditentukan.

Kata Kunci: *jar test, koagulan PAC, koagulan lidah buaya, koagulasi-flokulasi.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

COMPARISON OF THE ABILITY OF ALOE VERA AND POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) AS COAGULANTS IN REDUCING BOD, COD, TSS AND COLOR IN COFFEE INDUSTRIAL WASTEWATER

Coffee industrial wastewater contains high organic compound that caused high concentration of BOD, COD and TSS. It also contains high concentration in colour parameter. Based on data of coffee wastewater treatment in PT. Aneka Coffee Industry (2021), concentration of BOD, COD, TSS and colour respectively are 1.100 mg/l, 2.600 mg/l, 2.100 mg/l with blackish brown wastewater. This research aims to compare the ability of Aloe vera and PAC as coagulants to reduce the parameters of BOD, COD, TSS and colour. In addition, other objective is to find out the optimum dosage from various dosage that used, they are 20 ml/l, 40 ml/l and 60 ml/l for each coagulants. The initial characteristics of coffee industrial wastewater did not meet the standard quality from Minister of Environment Regulation No. 5/2014. This research is experimental research using jar test and parameter test of wastewater in laboratory. Jar test was operated with fast stirring at 200 rpm for a minute, then slow stirring at 90-100 rpm in 20 minutes and settled for 30 minutes. Analysis of BOD, COD, TSS and colour parameters were tested according to SNI method. Based on the results test, it was known the optimum dosage of Aloe vera and PAC coagulants was 60 ml/l with reduction percentage more than 50%. And the results of Mann-Whitney differences test with SPSS showed that there were no significant differences from both coagulants in reducing of BOD, COD, TSS and colour of coffee industrial wastewater. It concluded that Aloe vera and PAC as coagulants, both of them had ability to reduce the pollutant parameters with predetermined optimum dosage.

Keywords: *jar test, PAC coagulant, Aloe vera coagulant, coagulation-flocculation.*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **iii**
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI ..... **iv**
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiv**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Rumusan Masalah 5
1.5 Tujuan Penelitian 5
1.6 Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUANPUSTAKA **6**
2.1 Limbah Cair 6
2.1.1 Karakteristik Limbah Cair 6
2.1.2 Dampak Limbah Cair 7
2.1.3 Limbah Cair Industri Kopi 7
2.1.4 Sumber Limbah Cair Industri Kopi 11
2.2 Koagulasi-Flokulasi 12
2.2.1 Koagulasi dan Flokulasi 12
2.2.2 Koagulan 13
2.2.3 *Jar Test* 13
2.3 Lidah Buaya (*Aloe vera*) 14

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4 *Poly Aluminium Chloride* (PAC) 17
2.5 Penelitian Terdahulu 18
BAB III METODE PENELITIAN 23
3.1 Waktu Penelitian 23
3.1.1 Pengambilan Sampel 23
3.1.2 Penelitian Laboratorium 23
3.1.3 Penyusunan Laporan Hasil Penelitian 23
3.2 Lokasi Penelitian 23
3.2.1 Pengambilan Sampel 23
3.2.2 Penelitian Laboratorium 23
3.3 Metodologi Penelitian 25
3.3.1 Metode Pengumpulan Data 25
3.3.2 Metode Pengujian 25
3.3.3 Metode Analisis dan Pembahasan 25
3.4 Kerangka Pikir 26
3.5 Tahapan Penelitian 27
3.5.1 Studi Literatur 28
3.5.2 Pengambilan dan Pengawetan Sampel 28
3.5.3 Pengujian Parameter 28
3.5.4 Pembuatan Koagulan Alami Gel Lidah Buaya 36
3.5.5 Pembuatan Larutan PAC 10% 36
3.5.6 Pengujian Koagulasi-Flokulasi Menggunakan *Jar Test* 37
3.5.7 Analisa Data dan Hasil Penelitian 38
3.6 Rancangan Percobaan 39
3.7 Hipotesis Penelitian 39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Hasil Penelitian 41
4.1.1 Proses Pembuatan Koagulan Lidah Buaya 41
4.1.2 Proses Pengambilan Sampel Limbah Cair Industri Kopi 42
4.1.3 Karakteristik Awal Sampel Limbah Cair Industri Kopi 43
4.1.4 Proses Pembuatan Larutan PAC 10% 45
4.1.5 Proses Koagulasi dan Flokulasi dengan *Jar Test* 46

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.1.6 Hasil Uji Parameter Pencemar Setelah Koagulasi-Flokulasi 48
4.2 Pembahasan Penelitian..... 54
4.2.1 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan BOD (*Biological Oxygen Demand*) Limbah Cair Industri Kopi 55
4.2.2 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) Limbah Cair Industri Kopi 57
4.2.3 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan TSS (*Total Suspended Solids*) Limbah Cair Industri Kopi 60
4.2.4 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan Warna Limbah Cair Industri Kopi 63
4.2.5 Dosis Optimum Koagulan Lidah Buaya dalam Menurunkan BOD, COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Industri Kopi 65
4.2.6 Dosis Optimum Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dalam Menurunkan BOD, COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Industri Kopi.... 68
4.2.7 Analisa Kemampuan Koagulan Lidah Buaya dengan PAC dalam Menurunkan Parameter BOD, COD, TSS dan Warna Berdasarkan Uji Statistik 70
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 75
5.1 Kesimpulan..... 75
5.2 Saran 75
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 83

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Pengolahan Kopi 10
Tabel 2. 2 Efisiensi *Removal* Koagulan Lidah Buaya 16
Tabel 2. 3 Efisiensi *Removal* Koagulan PAC 17
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu 18
Tabel 3. 1 *Timeline* Penelitian Tugas Akhir 23
Tabel 3. 2 Rancangan Percobaan 39
Tabel 4. 1 Data Karakteristik Air Limbah Kopi PT. Aneka Coffee Industry.....43
Tabel 4. 2 Hasil Uji Karakteristik Awal Sampel Limbah Cair Industri Kopi 44
Tabel 4. 3 Hasil Uji Parameter BOD Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi..... 48
Tabel 4. 4 Hasil Uji Parameter COD Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi..... 50
Tabel 4. 5 Hasil Uji TSS Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi 51
Tabel 4. 6 Hasil Uji Warna Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi 53
Tabel 4. 7 Presentase Penurunan BOD Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan 55
Tabel 4. 8 Presentase Penurunan COD Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan 57
Tabel 4. 9 Presentase Penurunan TSS Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan 60
Tabel 4. 10 Presentase Penurunan Warna Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan 63
Tabel 4. 11 Rata-Rata Presentase Penurunan BOD, COD, TSS dan Warna Limbah Cair Industri Kopi Setelah Koagulasi-Flokulasi dengan Penambahan Koagulan Lidah Buaya 65
Tabel 4. 12 Rata-Rata Presentase Penurunan BOD, COD, TSS dan Warna Limbah Cair Industri Kopi Setelah Koagulasi-Flokulasi dengan Penambahan Koagulan PAC 68

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Produksi Kopi 12
Gambar 3. 1 Kerangka Pikir Penelitian 26
Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian 27
Gambar 3. 3 Metode Pengambilan dan Pengawetan Sampel 28
Gambar 3. 4 Uji COD dengan Titrasi..... 30
Gambar 3. 5 Uji BOD dengan DO meter (a) 31
Gambar 3. 6 Uji BOD dengan DO Meter (b) 32
Gambar 3. 7 Uji TSS dengan Gravimetri (a) 33
Gambar 3. 8 Uji TSS dengan Gravimetri (b)..... 34
Gambar 3. 9 Uji Warna dengan Spektrofotometer..... 35
Gambar 3. 10 Pembuatan Koagulan Lidah Buaya 36
Gambar 3. 11 Pembuatan Larutan PAC 10% 36
Gambar 3. 12 Metode *Jar Test*..... 37
Gambar 4. 1 Lidah Buaya 42
Gambar 4. 2 Daging Lidah Buaya (Gel)..... 42
Gambar 4. 3 Menghaluskan Daging Lidah Buaya 42
Gambar 4. 4 Koagulan Lidah Buaya 42
Gambar 4. 5 Lidah Buaya Ukuran 20-30 cm..... 42
Gambar 4. 6 Pengukuran suhu sampel 43
Gambar 4. 7 Pengukuran pH sampel..... 43
Gambar 4. 8 Menimbang PAC bubuk 30 gram 45
Gambar 4. 9 Aquades 300 ml 45
Gambar 4. 10 Melarutkan PAC ke dalam Aquades 45
Gambar 4. 11 Larutan PAC 10% 45
Gambar 4. 12 *Jar Test* dengan Koagulan PAC..... 47
Gambar 4. 13 *Jar Test* dengan Koagulan Lidah Buaya..... 47
Gambar 4. 14 Hasil *Jar Test* Koagulan PAC..... 47
Gambar 4. 15 Hasil *Jar Test* Koagulan Lidah Buaya..... 47
Gambar 4. 16 Flok Hasil *Jar Test* Koagulan PAC..... 48
Gambar 4. 17 Flok Hasil *Jar Test* Koagulan Lidah Buaya..... 48

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4. 18 Perbandingan Nilai Rata-Rata BOD..... 57
Gambar 4. 19 Perbandingan Nilai Rata-Rata COD..... 60
Gambar 4. 20 Perbandingan Nilai Rata-Rata TSS..... 62
Gambar 4. 21 Perbandingan Nilai Rata-Rata Warna 65
Gambar 4. 22 Grafik Penurunan Untuk Dosis Optimum Koagulan Lidah Buaya 67
Gambar 4. 23 Grafik Penurunan Untuk Dosis Optimum Koagulan PAC..... 70

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Uji Parameter BOD Setelah Pengujian *Jar Test* 83
Lampiran 2 Hasil Uji Parameter COD Setelah Pengujian *Jar Test* 84
Lampiran 3 Hasil Uji Parameter TSS Setelah Pengujian *Jar Test*..... 85
Lampiran 4 Hasil Uji Parameter Warna Setelah Pengujian *Jar Test* 86
Lampiran 5 Perubahan Warna Sampel Setelah Perlakuan 87
Lampiran 6 Hasil Uji Homogenitas, Uji Normalitas dan Uji Mann-Whitney Parameter BOD..... 88
Lampiran 7 Hasil Uji Homogenitas, Uji Normalitas dan Uji Mann-Whitney Parameter COD..... 89
Lampiran 8 Hasil Uji Homogenitas, Uji Normalitas dan Uji Mann-Whitney Parameter TSS 90
Lampiran 9 Hasil Uji Homogenitas, Uji Normalitas dan Uji Mann-Whitney Parameter Warna 91
Lampiran 10 Hasil Uji Warna Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya 92

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR SINGKATAN

BOD : *Biological Oxygen Demand*

BOD_5 : *Biological Oxygen Demand* Hari ke-5

COD : *Chemical Oxygen Demand*

TSS : *Total Suspended Solid*

FAS : *Ferro Ammonium Sulfat*

DO : *Dissolved Oxygen*

TDS : *Total Dissolved Solid*

SNI : Standar Nasional Indonesia

PAC : *Poly Alumunium Chloride*

EC : *Electrical Conductivity*

DOC : *Dissolved Organic Compounds*

RC : *Recovered Coagulants*

NTU : *Nephelometric Turbidity Unit*

Pt.Co : Platina Cobalt

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pengolahan bahan sisa atau limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri maupun non perindustrian merupakan kewajiban sebagai bentuk kesadaran dan tanggung jawab dalam pengelolaan lingkungan. Seluruh sektor industri terus berkembang karena kebutuhan konsumen, salah satunya yaitu industri pengolahan kopi. Indonesia menjadi negara konsumen kopi sebesar 6,38% dari total negara lain penghasil kopi dengan tingkat konsumsi nasional pada tahun 2017 mencapai 0,798 kg/kapita/tahun (As'ad & Aji, 2020). Oleh karena tingkat produksi yang besar, maka limbah industri yang dihasilkan, baik limbah padat maupun limbah cair akan meningkat. Salah satu industri pengolahan kopi yaitu PT. Aneka Coffee Industry memiliki kapasitas produksi tahunan mencapai 3.600 ton kopi bubuk (PT. Aneka Coffee Industry, 2021).

Limbah cair industri kopi mengandung bahan organik yang tinggi sehingga meningkatkan kadar BOD dan COD. Berdasarkan data pengolahan air limbah kopi di PT. Aneka Coffee Industry (2021), kadar BOD, COD, TSS dan warna secara berurutan yaitu 1.100 mg/l, 2.600 mg/l, 2.100 mg/l dan air limbah berwarna cokelat kehitaman. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan Arifin (2016) menunjukkan bahwa nilai BOD dan COD untuk limbah cair industri kopi skala menengah mencapai 1.800 mg/l dan 2.900 mg/l. Menurut Adinda (2016), kadar TSS limbah cair industri kopi dapat mencapai 100-220 mg/l. Penelitian dari Fereja dkk. (2020) juga menjelaskan warna dari limbah cair kopi adalah cokelat tua dan berbau tidak sedap, namun seiring dengan pengolahan air limbah dapat berubah menjadi cokelat kehijauan. Limbah cair industri pengolahan kopi berasal dari proses pencucian biji kopi, proses pemanasan serta penggilingan biji kopi. Limbah cair dengan kandungan yang disebutkan, apabila tidak melalui pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air dapat menimbulkan pencemaran dan mengganggu daya dukung lingkungan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hal tersebut sesuai dengan firman Allah yang dituangkan dalam Surat Ar-Rum ayat 41, yang mana berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Pada salah satu surat Al-qur'an tersebut telah dijelaskan bahwa terjadinya kerusakan akibat perbuatan manusia sendiri, dimana pencemaran air merupakan salah satunya. Sama halnya dengan aktivitas manusia dalam memproduksi kopi, namun tidak mengolah limbah yang dihasilkan. Selain itu, kadar BOD, COD dan TSS yang disebutkan sebelumnya apabila dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 untuk kegiatan industri pengolahan kopi, maka telah melebihi baku mutu. Walaupun nilai COD dan BOD akan selalu lebih besar untuk COD di badan air, kelebihan zat organik dapat membuat oksigen terlarut dalam air berkurang bahkan habis, sehingga tumbuhan dan hewan air lainnya tidak mampu bertahan hidup (Sayow dkk., 2020).

Pengolahan limbah cair industri kopi untuk menurunkan BOD, COD, TSS dan warna dapat dilakukan dengan metode koagulasi menggunakan penambahan koagulan. Koagulan yang digunakan dapat berasal dari bahan organik maupun kimia. Koagulan alami dari bahan organik memiliki keuntungan karena tidak akan menambah kandungan kimia pada limbah cair selama proses pengolahan berlangsung. Beberapa diantaranya yaitu biji kelor, kaktus dan lidah buaya yang dapat digunakan sebagai bioakoagulan. Pemanfaatan bahan organik seperti tumbuh-tumbuhan salah satunya dijelaskan dalam Surat Taha ayat 53 yang berbunyi:

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِنْ نَبَاتٍ شَتَّىٰ

Allah SWT telah menganugerahkan nikmat-Nya termasuk Dia menciptakan tumbuh-tumbuhan dan menurunkan air hujan ke bumi sehingga dapat tumbuh dengan subur dan dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan. Berbagai jenis tumbuhan dapat dimanfaatkan, salah satunya yaitu lidah buaya dan kopi. Kopi dimanfaatkan sebagai bahan tambahan pada makanan dan sebagai minuman.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada pengolahan limbah cair maupun perbaikan kualitas air, lidah buaya dapat dimanfaatkan sebagai bioakoagulan. Lidah buaya memiliki kandungan zat *mucilago* yang berfungsi sebagai pengikat zat-zat organik disekitarnya apabila digunakan sebagai koagulan. Penelitian Puspitasari dkk. (2018) dijelaskan bahwa biokoagulan lidah buaya efektif digunakan dalam menurunkan COD, TSS dan kekeruhan pada limbah cair industri minyak dengan masing-masing efisiensi *removal* 77,51%, 45,29% dan 79,5%. Hal ini menandakan lidah buaya memiliki peluang sebagai koagulan alami untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.

Penelitian Gaikwad & Munavalli (2019) menggunakan lidah buaya sebagai koagulan *aid* yang dikombinasikan dengan PAC dan koagulan alami lainnya menunjukkan hasil penyisihan yang lebih efektif. Sementara itu, penggunaan PAC pada pengolahan air limbah dengan dosis tinggi akan membuat air limbah berbau seperti PAC dan warna air limbah menjadi kuning (Murwanto, 2018). Gel lidah buaya yang akan dimanfaatkan sebagai koagulan memiliki kondisi pH yang asam dan berpengaruh pada kadar zat organik dalam air limbah (Mujariah dkk., 2017).

Penelitian sebelumnya memanfaatkan lidah buaya sebagai koagulan dengan pengenceran (dilarutkan) dengan perbandingan 1:1, sedangkan PAC digunakan dalam bentuk padatan (serbuk) untuk tiap liter contoh uji. Namun, efisiensi yang dihasilkan untuk penurunan BOD dan COD tidak lebih dari 70%. Lidah buaya menurut Maharani & Prambudi (2020); Pranata dkk. (2019); Puspitasari dkk. (2018) memiliki nilai efisiensi yang besar dalam menurunkan kekeruhan air limbah maupun permukaan dibandingkan dengan parameter lain seperti BOD, COD dan TSS yang umumnya disisihkan dengan bantuan koagulan kimia seperti PAC. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini untuk membandingkan kemampuan koagulan lidah buaya dengan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna limbah cair industri kopi menggunakan prosedur koagulasi (*jar test*) yang telah ditetapkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Koagulan lidah buaya akan dimanfaatkan dalam bentuk gel tanpa pengenceran, sementara PAC akan digunakan dalam bentuk larutan (diencerkan). Kedua koagulan akan diuji dengan variasi dosis yang sama untuk menentukan dosis optimum masing-masing. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi bagi industri kopi mengenai pengolahan limbah cair dengan memanfaatkan bahan alami maupun kimia yang lebih efektif dan efisien, sehingga tetap aman ketika dibuang ke lingkungan.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dari latar belakang di atas adalah:

1. Kandungan BOD, COD, TSS dan warna yang tinggi pada limbah cair industri kopi PT. Aneka Coffee Industry.
2. Perbandingan efisiensi penyisihan antara koagulan alami dan kimia.
3. Belum adanya penelitian penggunaan lidah buaya sebagai koagulan alami terhadap limbah cair industri kopi.
4. Seiring dengan tingginya konsumsi kopi di Indonesia sebesar 2 kg/kapita/tahun dengan produksi kopi mencapai 700.000 ton pada tahun 2020 sehingga meningkatkan kapasitas limbah cair yang dihasilkan (Kementerian Perindustrian, 2020).
5. Harga lidah buaya yang lebih terjangkau dibandingkan PAC dan pembuatan koagulan yang mudah.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian merupakan limbah cair industri kopi.
2. Objek penelitian ini yaitu dosis optimum lidah buaya dan PAC serta presentase penurunan BOD, COD, TSS dan warna dari limbah cair industri kopi.
3. Penelitian akan menggunakan analisa kuantitatif berdasarkan hasil uji dengan proses koagulasi-flokulasi dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1.4 Rumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapakah dosis optimum koagulan lidah buaya dan PAC dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi?
2. Apakah terdapat perbedaan kemampuan antara koagulan lidah buaya dan PAC dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui dosis optimum koagulan lidah buaya dan PAC dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.
2. Mengetahui perbedaan kemampuan antara koagulan lidah buaya dan PAC dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi penelitian selanjutnya

   Mengetahui kemampuan lidah buaya sebagai koagulan alami dan PAC sebagai koagulan kimia dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi berdasarkan penentuan dosis optimum dan presentase penurunan.
2. Bagi industri pengolahan kopi

   Memberikan alternatif pengolahan limbah cair kopi dengan memanfaatkan lidah buaya dan PAC sebagai koagulan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna.
3. Bagi masyarakat

   Memberikan wawasan mengenai bahaya limbah cair apabila dibuang langsung ke lingkungan serta manfaat lain dari lidah buaya dalam pengolahan limbah cair.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 limbah cair adalah air limbah yang diproduksi rumah tangga, kantor, industri dan lain sebagainya dengan kandungan bahan atau zat yang berbahaya bagi kesehatan dan kehidupan masyarakat serta kelestarian lingkungan. Beberapa macam teknik pengolahan air limbah bertujuan untuk menyisihkan bahan pencemarnya. Teknik-teknik pengolahan air limbah pada umumnya dibagi menjadi 3, yaitu pengolahan secara fisika, kimia dan biologi (Indrayani & Rahmah, 2018).

2.1.1 Karakteristik Limbah Cair

Limbah cair memiliki karakteristik fisik yaitu temperatur, warna bau dan zat padat. Temperatur menunjukkan besar nilai *thermal* dari air limbah dan dapat mempengaruhi DO di dalam air. Jika temperatur pada air limbah mengalami kenaikan sebesar 10℃, maka kadar oksigen akan turun sebesar 10%. Kemudian berpengaruh pada proses metabolisme yang menjadi dua kali lebih cepat. Warna pada air limbah biasa disebabkan oleh padatan terlarut maupun terendapkan yang terkandung pada air limbah. Padatan tersebut dapat dibagi menjadi *floating, settleable, suspended* atau *dissolved*. Karakteristik kimia air limbah lainnya yaitu DO, COD dan pH. COD mewakili nilai oksigen yang ada pada air limbah yang digunakan untuk menguraikan bahan organik, yang mana semakin tinggi nilai COD, maka kualitas airnya akan semakin rendah (Indrayani & Rahmah, 2018). Derajat keasaman atau pH yang merupakan logaritma dari ion-ion hidrogen yang bergerak bebas dalam cairan dengan rentang <7 maka air tersebut dikatakan asam, dan rentang >7 dikatakan basa (Dermawan, 2020).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

TSS merupakan zat tersuspensi yang terdiri dari bakteri, jamur, *fitoplankton* atau *zooplankton*, pasir dan lumpur. Nilai TSS yang semakin besar dapat membuat cahaya matahari sulit masuk ke dalam air sehingga tumbuhan yang ada dalam air terhambat proses fotosintesisnya. Kekeruhan sendiri berasal dari padatan yang mengambang (*floating*) di dalam air sehingga mengurangi permeabilitas air (Dermawan, 2020).

2.1.2 Dampak Limbah Cair

Kandungan zat organik dan TSS yang tinggi pada limbah cair dapat membahayakan, bahkan mematikan bagi ekosistem yang ada di air jika dibuang langsung tanpa pengolahan. Padatan tersuspensi mampu menyebabkan kekeruhan sehingga menurunkan laju fotosintesis *fitoplankton* dan tumbuhan air serta produktivitas primer perairan akan menurun. Oksigen dalam air dibutuhkan mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik. Kekurangan oksigen terlarut dapat menyebabkan proses dekomposisi tersebut oleh mikrooorganisme anaerob menghasilkan gas H_2S (hidrogen sulfida) dan CH_4 (metana) yang berbau busuk. Konsentrasi zat organik yang tinggi juga menyebabkkan BOD dan COD dalam air meningkat (Yulianto dkk., 2020).

Kondisi anaerobik akibat kandungan limbah cair mengakibatkan badan air menjadi bau dan berwarna. Air yang kemudian digunakan sebagai sumber baku untuk air minum dapat mengandung bakteri yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Kadar warna pada limbah cair jika tidak disisihkan melalui pengolahan juga dapat mengganggu proses fotosintesis dan penyerapan sinar matahari (Ijanu dkk., 2020).

2.1.3 Limbah Cair Industri Kopi

Limbah cair kopi secara fisik memiliki warna kecoklatan dan perlahan berubah menjadi hitam. Limbah cair kopi mengandung zat *melanoidin* dari pigmen cokelat buah kopi yang berpengaruh dalam nilai COD air limbahnya. Limbah cair kopi juga berbau tidak sedap.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Saat limbah cair kopi dibuang begitu saja ke lingkungan, kekeruhan dapat mengganggu proses fotosintesis dari tanaman yang hidup di dalam air (Kamil, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arifin (2016) mengenai karakteristik limbah cair kopi di industri kopi skala menengah, menunjukkan bahwa nilai BOD rata-rata 1.800 mg/l, COD rata-rata 2.900 mg/l, pH di rentang 3,5-4, TDS rata-rata 348 mg/l dan kekeruhan rata-rata 673 mg/l.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Septian (2016) menunjukkan nilai BOD rata-rata 12.000 mg/l, COD rata-rata 20.250 mg/l dan pH di rentang 6-7. Limbah cair kopi juga mengandung protein dan karbohidrat polisakarida dari pulp dan proses pengolahan yang menambahkan gula. Selain itu, terdapat kandungan pektin oligosakarida dan flavonoid yang apabila dalam kondisi pH>7 dapat mengubah warna air limbah menjadi hitam. Nilai BOD dari buangan pulp dapat mencapai 20.000 mg/l dan COD mencapai 50.000 mg/l (Blinová dkk., 2017). Kadar BOD, COD dan TSS masing-masing dari salah satu industri kopi dalam penelitian yang dilakukan Adinda (2016) adalah 1.700-6.400 mg/l, 1.000-4.000 mg/l dan 100-210 mg/l. Berikut dijelaskan karakteristik limbah cair industri kopi:

a. *Total Suspended Solid* (TSS)

TSS merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel 2 µm atau lebih besar dari ukuran padatannya. Semakin kecil nilai TSS, maka air yang diolah semakin jernih (Husaini dkk., 2018). Pengujian TSS dapat dilakukan sesuai dengan SNI 6989.3:2019 tentang cara uji padatan tersuspensi (TSS) secara gravimetri. Perhitungan TSS adalah sebagai berikut:

TSS (mg/l) = $\frac{(A-B)x\ 1000}{C}$

Keterangan:

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

C = volume sampel (ml)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

COD merupakan jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan dalam air untuk mengoksidasi bahan-bahan organik melalui proses kimia. Kadar COD dalam air akan lebih besar dibandingkan BOD, karena penguraian dengan metode kimiawi jauh lebih mudah dan cepat dilakukan. Penguraian bahan organik tersebut menggunakan kalium bikromat pada kondisi yang asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga memudahkan oksidasi. Pengukuran COD bertujuan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan bahan organik menjadi CO_2 (karbon dioksida) dan H_2O (hidrogen) (Haerun dkk., 2018). Pengujian COD dapat dilakukan sesuai dengan SNI 6989.15.2019 tentang cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri dan SNI 6989.2.2009 tentang cara uji COD dengan refluks tertutup secara spektrofotometri. Perhitungan kadar COD sebagai berikut:

COD (mg/l) = $\frac{(A-B)(N)(8000)}{V\ sampel}$

Keterangan:

A = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (ml)

B = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk sampel (ml)

N = normalitas larutan FAS

c. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD digunakan untuk menentukan nilai zat organik yang terlarut sehingga menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik melalui proses biologis dalam air limbah (Tchobanoglous dkk., 2003). Jika kadar BOD dalam air tinggi, maka dapat menyebabkan kematian bagi ekosistem di dalamnya. Oksigen akan diserap terlalu banyak oleh bakteri untuk menguraikan material organik (Sayow dkk., 2020). Pengukuran BOD_5 dapat menggunakan DO meter dengan mengukur kadar oksigen terlarut pada hari ke-0 dan hari ke-5 setelah diinkubasi sesuai dengan SNI 6989.72.2009.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d. Warna

Air limbah memiliki warna yang menentukan lama waktu penyimpanan atau pengolahan air limbah. Komposisi air limbah juga berpengaruh terhadap warna air limbah tersebut. Air limbah umumnya berwarna abu-abu kecoklatan. Kondisi pengolahan air limbah seperti anaerobik, dapat merubah warna air limbah menjadi abu-abu hingga hitam. Jika air limbah sudah berwarna hitam, hal itu menunjukkan kondisi pencemaran yang berat. Warna hitam tersebut dapat disebabkan oleh pembentukan logam sullida (Tchobanoglous dkk., 2003). Analisis warna pada air limbah maupun air bersih dapat dilakukan dengan metode SNI 6989.80:2011 menggunakan spektrofotometri.

e. Derajat Keasaman (pH)

Limbah cair cenderung bersifat asam, sehingga mudah menguap. Penguapan inilah yang dapat menimbulkan bau busuk (Sayow dkk., 2020).

Limbah industri memiliki peraturan yang mengatur terkait hasil produksinya yaitu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Pengolahan Kopi serta Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Pengolahan Kopi

Parameter	**Kadar Paling Tinggi (mg/l)**	**Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)**
BOD	90	2,7
COD	200	6
TSS	150	4,5
pH	6-9	
Kuantitas Air Limbah paling tinggi	30 m^3 per ton produk	

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.1.4 Sumber Limbah Cair Industri Kopi

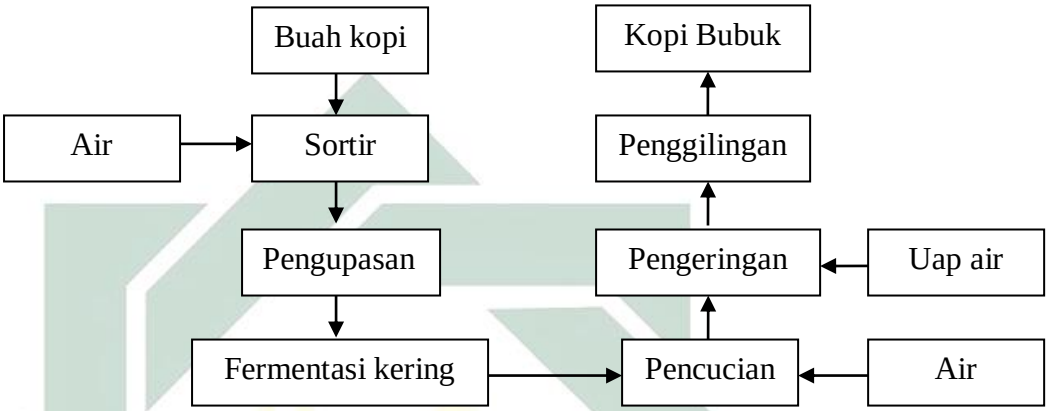
Proses pengolahan kopi terdapat dua cara, yaitu basah dan kering. Namun, pengolahan yang menghasilkan limbah cair terbanyak adalah pengolahan basah dan semi basah.

a. Proses pengolahan kopi kering memiliki polusi yang minim, karena proses pengeringan dengan dijemur secara alami di bawah sinar matahari sampai kadar air minimal 10%. Kemudian pengelupasan kulit luar buah kopi. Untuk metode kering biasanya membutuhkan lahan yang luas untuk menjemur dan sering terhambat oleh kondisi cuaca.
b. Proses pengolahan kopi untuk semi basah atau basah dimulai dengan pensortiran buah kopi, kemudian pengupasan buah kopi dan fermentasi kering. Setelah itu, biji kopi dicuci bersih dan dikeringkan (Adinda, 2016). Hasil dari pengupasan kopi berupa kulit kopi yang menjadi limbah padat (pulp kopi). Proses fermentasi kopi dilakukan selama 24-40 jam. Fermentasi bertujuan untuk menghilangkan lapisan pulp kopi yang masih tersisa (Kamil, 2019).

Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi kadar air hingga 10-13% dan untuk memudahkan proses pengupasan. Pengeringan dapat dilakukan di dalam ruang pengering atau dijemur secara langsung. Setelah proses pengeringan, dilakukan pengelupasan kembali untuk memisahkan kulit ari yang masih tersisa dan kemudian disangrai dengan suhu tinggi sekitar 160-200 ℃. Lalu, biji kopi didinginkan dan digiling menjadi serbuk halus (Edowai & Tahoba, 2018). Pengolahan kopi menghasilkan dua jenis limbah yaitu limbah padat yang disebut pulp kopi dan limbah cair kopi. Limbah padat dari pengolahan kopi dapat mencapai 200 kg/ton produk (Kamil, 2019).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Limbah cair dari proses pengolahan kopi berasal dari pencucian buah kopi dan pengelupasan kulit buah kopi. Limbah cair tersebut mengandung bahan-bahan organik yang tinggi (Adinda, 2016). Dalam proses produksi 1 kg biji kopi, dihasilkan air limbah sebanyak 40-45 liter (Rahmadyanti dkk., 2020).



Gambar 2. 1 Proses Produksi Kopi

Sumber: Adinda (2016)

2.2 Koagulasi-Flokulasi

2.2.1 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan proses untuk mengondisikan zat polutan seperti pengotor, materi tersuspensi dan koloid untuk diubah menjadi flok (gumpalan) yang mudah mengendap dengan menambahkan koagulan alami ataupun sintetis. Koagulasi dilakukan melalui proses pengadukan secara mekanis dengan alat pengaduk (*impeller*) yang digerakkan melalui motor listrik. Terdapat beberapa macam *impeller*, seperti pedal (*paddle*), baling-baling (*propeller*) dan turbin (Reynolds & Richards, 1996). Proses flokulasi merupakan penggabungan flok melanjutkan dari proses koagulasi untuk merubah flok menjadi ukuran yang lebih besar sehingga mudah untuk diendapkan. Tahapan dari flokulasi yaitu destabilisasi partikel koloid, pembentukan partikel koloid, lalu penggabungan mikroflok dan pembentukan makroflok (Radityaningrum & Caroline, 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Faktor yang mempengaruhi koagulasi yaitu ukuran partikel, muatan dan zat kimia. Semakin kecil ukuran dari suatu partikel dan luas permukaan, maka semakin sulit untuk melihat dosis yang dibutuhkan untuk mengikat partikel tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi flokulasi yaitu jenis polimer, kekuatan ion, pH, padatan pengenceran flokulan, berat molekul, pengerakan dan kondisi selama proses flokulasi berlangsung. Manfaat dari proses koagulasi dan flokulasi sangat banyak. Koagulan dan flokulan yang dapat digunakan beragam dan dengan kandungan bahan kimia yang berbeda-beda, rasio muatan, berat molekul dan lain-lain. Pemilihan koagulan dan flokulan diusahakan dapat menghemat biaya kerja dalam proses pemisahan padatan atau cairan. Koagulan dipilih berdasarkan kondisi proses, variabel seperti ukuran partikel, zat kimia, pH, persen zat padat dan lain-lain (Pillai, 1997).

2.2.2 Koagulan

Dalam menentukan kondisi optimum selama proses koagulasi-flokulasi, dosis koagulan menjadi faktor yang dipertimbangkan. Kelebihan ataupun kekurangan dosis koagulan akan memberikan hasil yang kurang baik selama proses (Radzuan & Kassim, 2017). Koagulan kimia yang mudah untuk didapatkan dan sering digunakan yaitu tawas. Koagulan lain yang juga sering digunakan yaitu aluminium sulfat, fero sulfat, PAC dan polielektrolit organik (Dermawan, 2020). Selain koagulan kimia, terdapat juga koagulan alami yang dimanfaatkan sebagai penjernih air seperti kaktus, *Coccinia indica*, *Okara*, batang buah naga dan lidah buaya (Mujariah dkk., 2017).

2.2.3 *Jar Test*

Kemampuan suatu koagulan dan penentuan kondisi proses koagulasi-flokulasi dengan dosis optimum dapat diketahui menggunakan pengujian *jar test*. Pengukuran yang dapat dicatat pada *jar test* adalah pH, TSS dan kekeruhan. Lalu dapat diketahui dosis koagulan dengan volume air limbah tertentu (Husaini dkk., 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jar test merupakan alat simulasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi yang dapat mengakibatkan kekeruhan, rasa dan bau (Husaini dkk., 2018). *Jar test* dapat dilakukan sesuai dengan SNI 19-6449-2000. Prosedur pengujian sebagai berikut:

a. Masukkan volume sampel yang sama (1000 ml) ke dalam masing-masing gelas kimia. Tempatkan gelas hingga baling-baling pengaduk berada 6,4 mm dari dinding gelas. Catat temperatur sampel pada saat pengujian dimulai.
b. Letakkan bahan (kimia) uji pada pereaksi.
c. Operasikan pengaduk multi posisi pada pengadukan cepat dengan kecepatan 120 rpm. Tambahkan larutan atau suspensi pada setiap penentuan dosis yang telah ditentukan sebelumnya.
d. Kurangi kecepatan sampai kecepatan minimal, untuk menjaga keseragaman partikel flok yang terlarut melalui pengadukan lambat selama 20 menit.
e. Setelah pengadukan lambat selesai, angkat baling-baling dan lihat pengendapan partikel flok.
f. Setelah 15 menit pengendapan, catat bentuk flok pada dasar gelas dan catat temperatur sampel. Dengan menggunakan pipet atau *siphon*, keluarkan sejumlah cairan supernatan yang sesuai sebagai sampel untuk penentuan warna, kekeruhan, pH dan analisis lainnya.
g. Ulangi langkah a. sampai f. di atas sampai semua variabel penentu terevaluasi. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, lakukan prosedur berpasangan 3 dan 3 *jar* dianjurkan.

2.3 Lidah Buaya (*Aloe vera*)

Lidah buaya merupakan jenis tanaman yang sudah lama digunakan sebagai penyembuh luka, perawatan kulit serta penyubur rambut. Kata "*Aloe vera*" berasal dari bahasa Arab '*Alloeh*' yang artinya bahan pahit yang berkilat, dan dalam bahasan Latin '*Aloe*' berarti pokok, sedangkan '*vera*' berarti tulin. Lidah buaya tergolong dalam keluarga tanaman *Lily*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Klasifikasi lidah buaya sebagai berikut (Tjitrosoeopomo, 1994 dalam (Darini, 2018):

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Classs : Monocotyledonae
Ordo : Liliflorae
Famili : Liliaceae
Genus : *Aloe*
Species : *Aloe vera Sp.*

Lidah buaya merupakan tanaman tertua yang digunakan sebagai obat dan digunakan di seluruh dunia. Lidah buaya termasuk salah satu tropis tahunan yang mudah dibudidayakan di tempat yang kering atau panas. Lidah buaya juga termasuk ke dalam tanaman sukulen dengan tangkai sedikit atau pendek, namun mampu tumbuh tinggi hingga 60-100 cm (24-39 inch). Ciri-ciri lidah buaya yaitu memiliki daun yang tebal dan terdapat daging buah atau dikenal dengan gel lidah buaya, daun berwarna hijau atau abu-abu kehijauan, beberapa varietas memiliki bintik-bintik putih di bagian batang. Lidah buaya membutuhkan sedikit air karena dalam daunnya sudah mengandung 98% air. Lidah buaya juga mengandung sekitar 75 nutrisi dan 200 senyawa aktif seperti asam amino, enzim, mineral dan vitamin (Amruta & Munavalli, 2017).

Lidah buaya dapat digunakan sebagai koagulan alami karena mudah dalam budidayanya sekalipun di wilayah yang kering. Lidah buaya juga tidak beracun karena sudah terdapat banyak produk yang dihasilkan darinya (Maharani & Prambudi, 2020). Lidah buaya mengandung *mucilago* atau gel yang sama yang terdapat pada tanaman kaktus, sehingga memiliki potensi menurunkan kekeruhan. Hal tersebut sudah dibuktikan dapat menjernihkan air karena mengandung karbohidrat kompleks dan gula yang dapat mengikat partikel pencemar dalam air (Mujariah dkk., 2017).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Irma dkk. (2016) membuktikan bahwa lidah buaya mengandung *mucilago*, selain itu mengandung *quinone derivates*, *tannins*, protein dan *saponin* Kadar material organik yang ada pada lidah buaya sebesar 81,05%. Kandungan lidah buaya lainnya yaitu *acetylated mannan* (*acemannan*) yang mana adalah polisakarida. Zat tersebut mampu mengolah pencemar yang ada pada air limbah. *Acemannan* terletak di dinding sel lidah buaya dan merupakan polisakarida utama bagi lidah buaya. *Mannans* sendiri berperan dalam mengikat selulosa menjadi hemiselulosa (Puspitasari dkk., 2018). *Mucilago* mengandung poligalakturonat yang berperan sebagai zat koagulan dengan mekanisme koagulasi mengadsorpsi dan menggabungkan partikel. Partikel-partikel kemudian akan bersentuhan dan membentuk makroflok (Mujariah dkk., 2017).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Puspitasari dkk. (2018) koagulan lidah buaya dapat dibuat dengan mencuci bersih lidah buaya, kemudian mengupas kulitnya. Bagian dalam lidah buaya (daging) dipotong menjadi beberapa bagian dan dimasukkan dalam blender untuk dihaluskan. 500 ml dari gel lidah buaya yang sudah dihaluskan, kemudian dilarutkan ke dalam 500 ml air dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Hasil (filtrat) disimpan dalam wadah dan dapat bertahan hingga 1 minggu apabila disimpan dalam lemari pendingin. Berikut beberapa penelitian yang menggunakan lidah buaya sebagai biokoagulan:

Tabel 2. 2 Efisiensi *Removal* Koagulan Lidah Buaya

No.	Jenis Air Limbah	Dosis Optimum	Efisiensi *Removal*	Sumber
1.	Air Rawa	1,2 gr	Kekeruhan = 71,48%	(Pranata dkk., 2019)
2.	Air Sumur	1,6%	Kekeruhan = 74,56%	(Maharani & Prambudi, 2020)
3.	Air Sumur	0,3 ml	Kekeruhan = 72,22% Kesadahan = 63,48% Warna = 68,62%	(Mujariah dkk., 2017)
4.	Limbah minyak	60 ml/l	COD = 77,51% TSS = 45,29%	(Puspitasari dkk., 2018)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Jenis Air Limbah	Dosis Optimum	Efisiensi *Removal*	Sumber
			Kekeruhan = 79,5%	
5.	Air dengan kekeruhan buatan (*artificial turbid water*)	40 m/l	Kekeruhan = 76-81%	(Amruta & Munavalli, 2017)
6.	Air permukaan yang keruh	5 ml	Kekeruhan = 72% TSS = 91%	(Irma dkk., 2016)

Sumber: (Amruta & Munavalli, 2017; Irma dkk., 2016; Maharani & Prambudi, 2020; Mujariah dkk., 2017; Pranata dkk., 2019; Puspitasari dkk., 2018)

2.4 *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

PAC merupakan gabungan senyawa organik komplek, ion hidroksil serta ion aluminium sebagai pembentuk *polynuclear* dengan rumus kimia $Al(OH)_nCl_{(3m-n)}$ (Rahimah dkk., 2016). PAC sebagai koagulan sintetis yang cukup efektif dalam menurunkan kadar TSS. Keunggulan dari PAC yaitu lebih cepat dalam pembentukan flok dibandingkan koagulan biasa seperti Aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$) (Hanifah, 2019). Menurut Malhotra (1994) dalam Murwanto (2018), PAC memiliki waktu proses koagulasi yang lebih cepat, generasi lumpur yang lebih sedikit dan residu aluminium yang sedikit. PAC juga memiliki keunggulan dimana tingkat adsorpsinya kuat, memiliki kekuatan lekat, tingkat sedimentasinya cepat walaupun dengan dosis yang kecil, cakupan penggunaan yang luas dan dapat digunakan untuk air limbah konsentrasi rendah (Echanpin, 2005 dalam (Murwanto, 2018). Berikut beberapa penelitian yang menggunakan PAC sebagai koagulan:

Tabel 2. 3 Efisiensi *Removal* Koagulan PAC

No.	Jenis Air Limbah	Dosis optimum	Efisiensi *Removal*	Sumber
1.	Air limbah industri farmasi	10 g/l	COD = 21,65% BOD = 27,54% TSS = 73,5%	(Hanifah, 2019)
2.	Limbah *slurry* dari sianida bijih emas	0,3 g/l	TSS = 84,87%	(Husaini dkk., 2018)
3.	Limbah cair industri tekstil	50 ml	BOD = 90,21% COD = 88,95%	(Indrayani & Rahmah, 2018)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Jenis Air Limbah	Dosis optimum	Efisiensi *Removal*	Sumber
4.	Limbah cair industri tahu	300 mg/l	BOD = 70,7% COD = 36,36% TSS = 85,48%	(Murwanto, 2018)

Sumber: (Hanifah, 2019; Husaini dkk., 2018; Indrayani & Rahmah, 2018; Murwanto, 2018)

2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai sumber referensi dilakukannya penelitian ataupun sebagai pembanding saat analisa hasil penelitian. Sehingga pembahasan dapat didukung dengan pernyataan dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Parameter Kualitas Air dengan Metode *Jar test* oleh Nisa & Aminuddin (2019) (Nisa & Aminudin, 2019)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan dosis koagulan PAC terhadap parameter pH, *turbidity*, TDS dan *total hardness* dengan sampel hasil pengolahan air Manisrejo	Uji karakteristtik awal menunjukkan bahwa sampel memiliki pH sebesar 7,69, *turbidity* sebesar 16,7 NTU, TDS sebesar 7,28 mg/l dan *total hardness* sebesar 135 mg/l. Digunakan variasi dosis koagulan yaitu 25 mg/l, 31 mg/l, 37 mg/l, 43 mg/l, 49 mg/l dan 55 mg/l. Proses koagulasi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 10 menit kemudian menjadi 25 rpm selama 15 menit. Dan pengendapan selama 30 menit. Dosis optimum hasil penelitian pada variasi 43 mg/l dengan penurunan *turbidity* menjadi 0,05 NTU, TDS menjadi 7,02 mg/l dan *total hardness* menjadi 51,5 mg/l. Semakin besar dosis koagulan yang digunakan makan semakin besar nilai penurunan dari parameter air.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
2.	Penggunaan Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Penjernihan Air Sumur Di Desa Sausu Tambu Kecamatan Sausu oleh Mujariah dkk. (2017) (Mujariah dkk., 2017)	Tujuan penelitian ini untuk menguji pemanfaatan gel lidah buaya (*Aloe vera*) sebagai koagulan alami dalam menjernihkan air sumur di Desa Sausu Tambu, Kecamatan Sausu. Parameter yang diuji yaitu kekeruhan, suhu, warna dan kesadahan.	Kadar kekeruhan air menurun dari 18 NTU menjadi 5 NTU, kadar kesadahan menurun dari 314,28 mg/l menjadi 114,77 mg/l dengan dosis optimum 0,3 ml untuk 500 ml air sampel. Sedangkan warna menurun dari 187 TCU menjadi 58,67 TCU dengan dosis optimum 0,5 ml untuk 500 ml air sampel. Berdasarkan penelitian yang dilakukannya, menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan suhu yang signfikan dan pH semakin turun menjadi asam
3.	Penggunaan Lidah Buaya sebagai Biokoagulan di Industri Minyak oleh Puspitasari dkk. (2019) (Puspitasari dkk., 2018)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengolah limbah cair kelapa sawit dengan menggunakan biokoagulan gel lidah buaya untuk menurunkan kadar COD, TSS dan kekeruhan dengan metode koagulasi flokulasi *jar test*	Penelitian yang dilakukan menggunakan variasi konsentrasi 20 ml/l, 30 ml/l, 40 ml/l, 50 ml/l dan 60 ml/l. Kadar COD mengalami penurunan sebesar 262,15 mg/l (77,51%), kadar TSS mengalami penurunan 99,75 mg/l (45,29%) dan kekeruhan mengalami penurunan 16,05 NTU (79,5%). Ketiga penurunan terjadi pada dosis optimum 60ml/l. Disebutkan juga bahwa, konsentrasi lain yang melebihi konsentrasi optimum kekeruhan akan kembali meningkat
4.	Pengolahan Air Sumur Di Daerah Simolawang Menggunakan Metode Koagulasi Dengan Koagulan *Aloe vera* oleh Maharani & Prambudi (2020) (Maharani & Prambudi, 2020)	Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan kekeruhan dan kadar logam Fe pada air sumur di Simolawang menggunakan proses koagulasi dengan biokoagulan lidah buaya	Hasil penelitian menunjukkan pada rentang dosis 0,4-1,6%, semakin tinggi dosis yang diberikan, maka semakin besar efisiensi *removal* untuk kekeruhan dan logam Fe. Pada dosis 2,0 % efisiensi *removal* menurun, sehingga dosis optimumnya yaitu 1,6%. Efisiensi *removal* untuk kekeruhan tertinggi yaitu 74,56% dan untuk logam Fe tertinggi yaitu 74,0%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
5.	Efektivitas Jenis Koagulan *Poly Aluminium Chloride* Menurut Variasi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu oleh Murwanto (2018) (Murwanto, 2018)	Tujuan penelitian ini adalah untuk menurunkan parameter pencemaran limbah cair tahu dengan penelitian skala laboratorium menggunakan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) sebagai koagulan. Parameter yang ingin dihilangkan yaitu BOD, COD dan TSS	Dosis optimum hasil penelitian yaitu 300 mg/l dengan presentase penurunan BOD terendah yaitu 42,63% dan tertinggi yaitu 70,7%. Presentase penurunan COD terendah yaitu 0,86% dan tertinggi yaitu 36,3%. Presentase penurunan TSS terendah yaitu 5,66% dan tertinggi yaitu 85,48%. Proses penghilangan parameter dilakukan dengan metode koagulasi dimana lama waktu pengadukan selama 25 menit
6.	Pemanfaatan *Aloe vera* Sebagai Koagulan dalam Menyisihkan Kekeruhan oleh Gulmire Amruta dan GR. Munavalli (2017) (Amruta & Munavalli, 2017)	Tujuan penelitian ini, untuk mengembangkan flokulan alami yang digunakan dalam perbaikan kualitas air dengan analisis menggunakan gel lidah buaya. Penelitian ini juga berfokus pada penggunaan *Aloe vera* gel sebagai tambahan koagulan terhadap tawas untuk pengolahan air dengan kekeruhan rendah maupun tinggi.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah tawas yang dibutuhkan cukup tinggi untuk menghilangkan kekeruhan secara efektif. *Aloe vera* dapat digunakan sebagai flokulan alami untuk pengolahan air. Efisiensi penyisihan air kekeruhan tinggi sebesar 76-81% dan untuk air kekeruhan rendah sebesar 60-65%. Untuk pengenceran 7% dari *Aloe vera* yang optimal adalah 40 ml/l. Juga ditemukan bahwa *Aloe vera* memiliki efek pada parameter kualitas air lainnya seperti pH, EC, kesadahan. Kesimpulannya, gel *Aloe vera* terbukti menjadi tambahan koagulan yang efektif yang dapat digunakan di daerah pedesaan yang ketersediaannya lebih banyak.
7.	Penyisihan Kekeruhan dengan Kombinasi Koagulan Alami oleh Gaikwada & Munavalli (2019)	Tujuan penelitian ini adalah studi penggunaan koagulan alami untuk menghilangkan kekeruhan dengan	Penelitian koagulasi dengan berbagai bentuk kernel dan bagian biji *Moringa oleifera* terlihat bahwa biji kelor yang kering secara alami memiliki lebih banyak potensi untuk menghilangkan kekeruhan,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	(Gaikwad & Munavalli, 2019)	cara berikut: Studi koagulasi dengan berbagai bentuk kernel dan bagian biji *Moringa oleifera*. 1. Flokulasi kombinasi pasir dengan koagulan alami (*Moringa oleifera* dan *Strychnos potatorum*) dan *Aloe vera* sebagai pengikat (polimer). 2. Penggunaan bubuk karbon aktif sebagai bahan pemberat dalam studi tambahan koagulan.	dengan efisiensi penghilangan 88,57%. Pengaruh *Moringa oleifera* kering dan ekstrak biji menunjukkan bahwa konsentrasi 1% menjadikan *removal* kekeruhan 88%. Konsentrasi 1% daging buah *Aloe vera* ditemukan lebih efektif untuk penurunan kekeruhan.
8.	Evaluasi Gel Daun Lidah Buaya Sebagai Flokulan Alami: Percobaan *Phytochemical Screening* dan Penyisihan Kekeruhan dengan Metode Koagulasi-Flokulasi oleh Irma dkk. (2016) (Irma dkk., 2016)	Tujuan dari penelitian ini adalah yang pertama, untuk mengidentifikasi gugus fitokimia dan parameter kimiawi dan untuk menunjukkan bahwa tanaman ini dapat digunakan sebagai flokulan untuk mengurangi kekeruhan air permukaan.	Lidah buaya dapat digunakan sebagai flokulan alami untuk pengolahan air. Ditemukan juga bahwa penggunaan tanaman ini bahkan dalam dosis rendah dapat menghilangkan air dengan bahan tersuspensi muatan tinggi. Untuk dosis optimal, efisiensi *removal*, 72% untuk kekeruhan dan 91% untuk materi tersuspensi, tetapi *removal* untuk warna sangat rendah.
9.	Pengolahan Air Limbah dengan Koagulasi dan Flokulasi Menggunakan Biomaterial oleh Muruganandam dkk. (2017)	Tujuan penelitian untuk mengetahui aktivitas koagulan alami pada pengolahan limbah sebanding bahan sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan	Pada penelitian ini biji kelor memberikan penyisihan kekeruhan dan COD tertinggi untuk sampel air limbah yang digunakan. Dosis dan pH dioptimalkan untuk mendapatkan penghilangan kekeruhan setinggi mungkin. Dosis optimal biji kelor

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	(Muruganandam dkk., 2017)	dan menemukan cara yang layak dalam penggunaan koagulan alami seperti *Aloe vera*, biji kelor dan kaktus.	adalah 15 mg/l dengan pH optimal 6. Kaktus memiliki dosis dan pH optimal 40 mg/l dan 7 masing-masing. Demikian pula lidah buaya memiliki dosis optimal pada konsentrasi 5% dan optimal pH 5. Meskipun kinerja koagulan memuaskan, analisis kelayakan ekonomi untuk merancang instalasi pengolahan skala besar masih perlu dilakukan. Koagulan alami belum efisien dalam mengolah air dengan tingkat kekeruhan yang sangat tinggi.
10.	Pemanfaatan Kembali Koagulan Untuk Pengolahan Air Minum oleh Keeley dkk. (2016) (Keeley dkk., 2016)	Penelitian ini bertujuan untuk memberikan tolok ukur kemurnian dan kinerja penggunan koagulan untuk menghilangkan kadar besi dan untuk menetapkan karakteristik RC mana yang paling mempengaruhi.	PAC ternyata lebih efektif daripada grafit bubuk. Dosis 80 mg PAC/mg DOC secara konsisten menurunkan kadar RC DOC hingga di bawah 15 mg/L dengan peningkatan pembuangan menjadi <6 mg/L pada nilai pH RC di atas 1, dengan kehilangan Fe paling sedikit. Ketika digunakan bersama dengan pra-pengolahan alkali atau ultrafiltrasi, RC yang diolah PAC menyediakan DOC dan penghilangan kekeruhan dari air baku yang sama atau lebih besar dari yang dicapai oleh koagulan murni.

Sumber: (Amruta & Munavalli, 2017; Gaikwad & Munavalli, 2019; Irma dkk., 2016; Keeley dkk., 2016; Maharani & Prambudi, 2020; Mujariah dkk., 2017; Muruganandam dkk., 2017; Murwanto, 2018; Nisa & Aminudin, 2019; Puspitasari dkk., 2018)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu Penelitian

3.1.1 Pengambilan Sampel

Proses pengambilan sampel dan persiapan bahan dilakukan tanggal 14 – 22 April 2021.

3.1.2 Penelitian Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan mulai tanggal 14 April – 25 April 2021.

3.1.3 Penyusunan Laporan Hasil Penelitian

Penyusunan hasil penelitian dilakukan mulai tanggal 14 April – 10 Juni 2021.

3.2 Lokasi Penelitian

3.2.1 Pengambilan Sampel

Sampel berasal dari industri kopi PT. Aneka Coffee Industry, Sidoarjo.

3.2.2 Penelitian Laboratorium

Pengujian dilakukan di Laboratorium Fisika, Kimia dan Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya dan oleh Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 3. 1 *Timeline* Penelitian Tugas Akhir

No.	Kegiatan	Januari		Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	Penyusunan Proposal Tugas Akhir																						
2.	Pelaksanaan Seminar Proposal																						
3.	Pengambilan Sampel dan Data Penelitian																						
4.	Pengujian Sampel di Laboratorium																						
5.	Penyusunan Laporan Hasil Penelitian																						
6.	Bimbingan Laporan																						
7.	Pelaksanaan Seminar Hasil																						
8.	Pelaksanaan Sidang Akhir																						

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3 Metodologi Penelitian

Bentuk penelitian yang dilakukan yaitu penelitian eksperimental berdasarkan percobaan koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test*. Metode penelitian bersifat kuantitatif yang dianalisis berdasarkan hasil pengujian parameter pencemar dan uji statistik menggunaan uji non parametrik Mann-Whitney untuk mengetahui perbedaan kemampuan kedua koagulan.

3.3.1 Metode Pengumpulan Data

a. Data primer
   1. Dosis koagulan alami dan kimia.
   2. Kualitas limbah cair industri pengolahan kopi sebelum dan sesudah perlakuan.

b. Data sekunder

   Penelitian terdahulu berdasarkan literatur jurnal.

3.3.2 Metode Pengujian

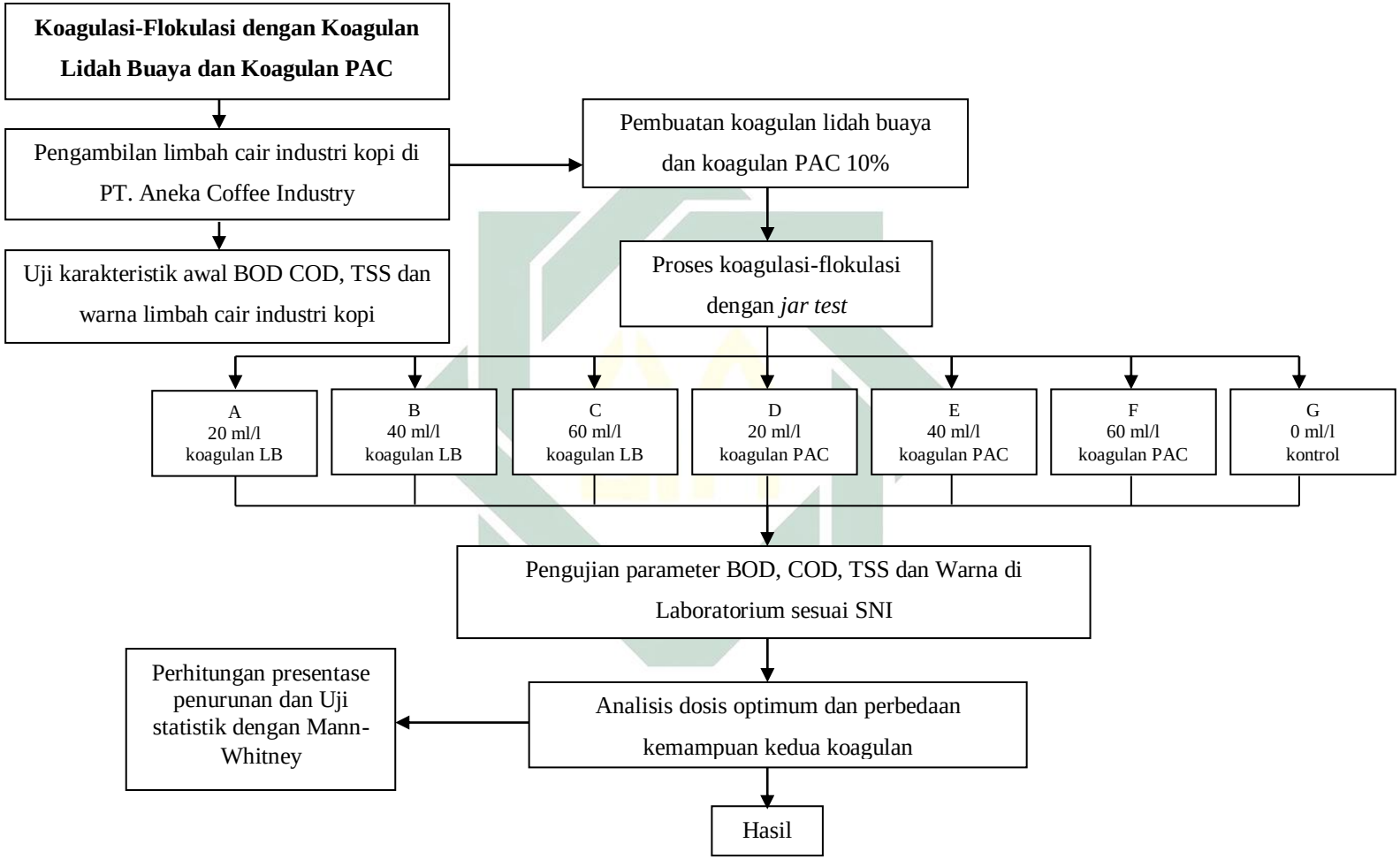
a. Pengujian parameter BOD, COD, TSS dan warna sesuai dengan SNI yang berlaku.
b. Penggunaan *jar test* sesuai dengan SNI yang berlaku.

3.3.3 Metode Analisis dan Pembahasan

a. Penentuan dosis optimum kedua koagulan dan presentase penurunan BOD, COD, TSS dan warna pada masing-masing sampel setelah perlakuan.
b. Hasil pengujian dianalisis perbandingan BOD, COD, TSS dan warna dari limbah cair industri kopi sebelum dan sesudah perlakuan kemudian disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik.
c. Uji hipotesis dengan uji statistik menggunakan uji beda Mann-Whitney.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

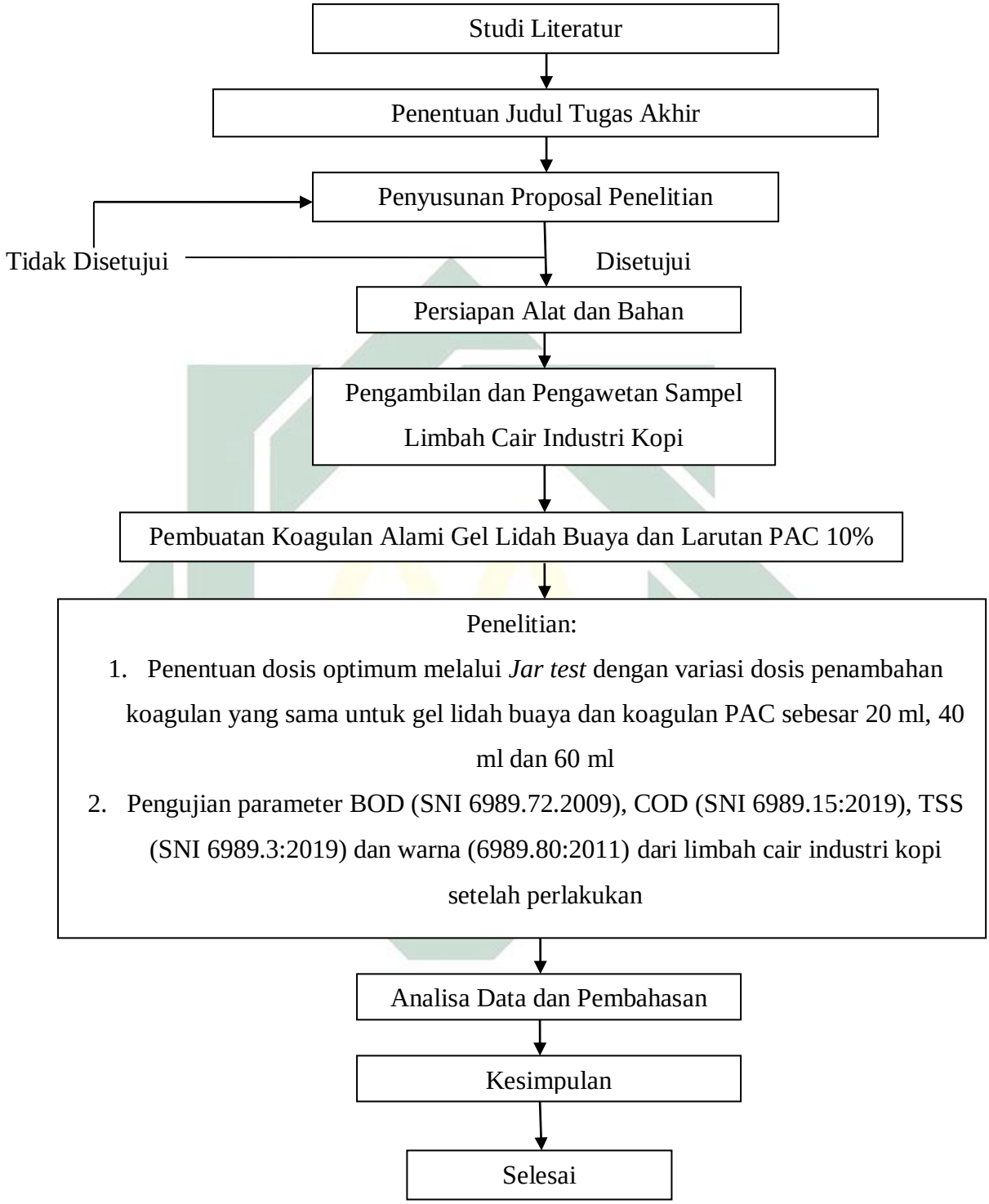
3.4 Kerangka Pikir



Gambar 3. 1 Kerangka Pikir Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5 Tahapan Penelitian



Gambar 3. 2 Tahapan Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.1 Studi Literatur

Mencari literatur penelitian-penelitian terdahulu terkait dengan koagulan gel lidah buaya maupun PAC dari jurnal, buku serta laporan akhir hasil penelitian.

3.5.2 Pengambilan dan Pengawetan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Limbah cair yang digunakan sebagai sampel sebesar ±20 liter yang dimasukkan ke dalam jirigen.

Gambar 3. 3 Metode Pengambilan dan Pengawetan Sampel

3.5.3 Pengujian Parameter

Parameter yang diuji yaitu BOD, COD, TSS dan warna dengan menggunakan metode pengujian sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditetapkan. Pengukuran COD dilakukan sesuai dengan SNI 6989.15:2019, pengukuran BOD sesuai dengan SNI 6989.72:2009, pengukuran TSS sesuai dengan SNI 6989.3:2019 dan pengukuran warna sesuai dengan SNI 6989.80:2011.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Metode Pengujian COD

Bahan :

1) Serbuk $HgSO_4$ (merkuri sulfat)
2) $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N (kalium dikromat)
3) Asam sulfat-perak sulfat
4) Aquades
5) Ferroin
6) Larutan FAS
7) Sampel limbah cair industri kopi

Alat :

1) Erlenmeyer
2) Pipet
3) Pendingin Liebig
4) Hot plate atau pemanas listrik
5) Biuret
6) Statif
7) Gelas beker

Perhitungan COD:

Normalitas FAS = $\frac{(V1)(N1)}{V2}$

Keterangan:

V1 : volume larutan $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan (ml)

V2 : volume larutan FAS yang dibutuhkan (ml)

N1 : Normalitas larutan $K_2Cr_2O_7$

COD (mg/l) = $\frac{(A-B)(N)(8000)}{V\ sampel}$

Keterangan:

A = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko (ml)

B = volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk sampel (ml)

N = normalitas larutan FAS

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sampel

1. Diambil 10 ml sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml
2. Ditambahkan 0,2 gr serbuk $HgSO_4$ (merkuri sulfat)
3. Ditambahkan 5 ml larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N
4. Ditambahkan 15 ml pereaksi asam sulfat-perak sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan di dalam air pendingin dan hubungkan dengan pendingin Liebig
5. Dipanaskan di atas *hot plate*/pemanas selama 2 jam
6. Didinginkan dan dicuci bagian dalam pendingin dengan aquades hingga volume sampel menjadi ± 70 ml
7. Didinginkan hingga mencapai suhu ruangan
8. Ditambahkan indikator ferroin 2-3 tetes
9. Dititrasi dengan larutan FAS 0,1 N sampai warna merah kecoklatan
10. Dicatat kebutuhan larutan FAS

Hasil

Gambar 3. 4 Uji COD dengan Titrasi

Sumber: SNI 6989.15:2019

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

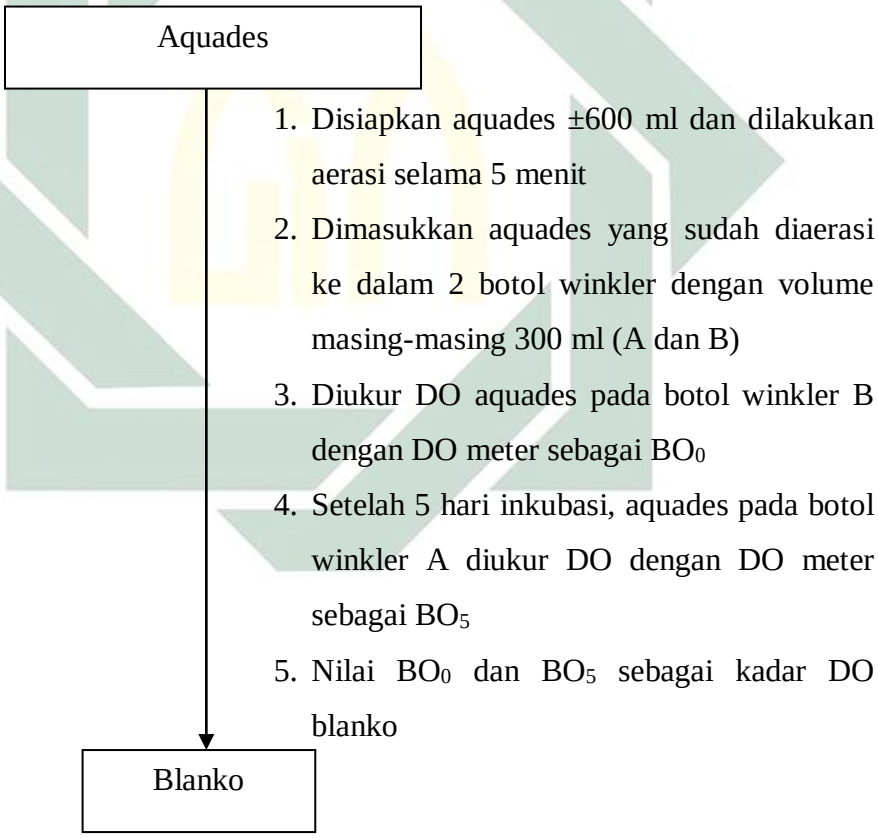
b. Metode Pengujian BOD

Bahan :

1) Aquades
2) Sampel limbah cair industri kopi

Alat :

1) Aerator
2) Gelas beker
3) DO meter
4) Botol winkler
5) Alat pendingin



Gambar 3. 5 Uji BOD dengan DO meter (a)

Sumber: SNI 6989.72.2009

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sampel

1. Dimasukkan sampel ke dalam 2 botol winkler dengan volume masing-masing 75 ml (A dan B)
2. Ditambahkan aquades yg sudah diaerasi selama 5 menit masing-masing sebanyak 225 ml
3. Botol winkler A diinkubasi selama 5 hari di tempat tertutup dengan suhu 20℃
4. Diukur DO sampel pada botol winkler B dengan DO meter sebagai SO_0
5. Setelah 5 hari inkubasi, sampel pada botol winkler A diukur DO dengan DO meter sebagai SO_5
6. Nilai SO_0 dan SO_5 sebagai kadar DO sampel

Hasil

Gambar 3. 6 Uji BOD dengan DO Meter (b)

Sumber: SNI 6989.72:2009

Perhitungan BOD:

$$\text{Nilai BOD} = \frac{(SO_0 - SO_5) - \left(\frac{(BO_0 - BO_5)}{Vblanko}\right) x\ V\ sampel}{P}$$

Keterangan:

SO_0	: kadar DO sampel tanpa inkubasi (mg/l)
SO_5	: kadar DO sampel inkubasi 5 hari (mg/l)
BO_0	: kadar DO blanko tanpa inkubasi (mg/l)
BO_5	: kadar DO blanko inkubasi 5 hari (mg/l)
V sampel	: Volume sampel dalam botol winkler
V blanko	: Volume blanko dalam botol winkler
P	: perbandingan volume sampel per volume total

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

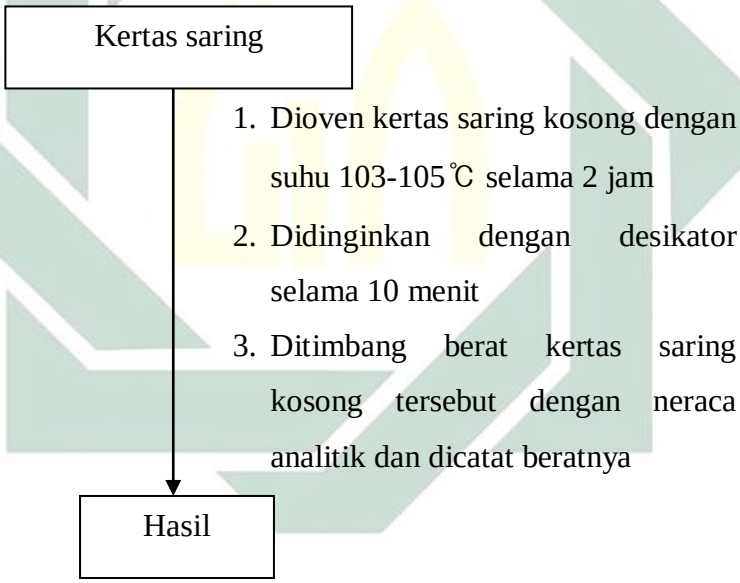
c. Metode Pengujian TSS

Bahan :

1) Kertas saring
2) Sampel limbah cair industri kopi

Alat :

1) Cawan petri
2) Corong
3) Gelas beker
4) Erlenmeyer
5) Neraca analitik
6) Oven
7) Desikator



Gambar 3. 7 Uji TSS dengan Gravimetri (a)

Sumber: SNI 6989.3:2019

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kertas saring

1. Diletakkan kertas saring di permukaan corong
2. Disiapkan 25 ml sampel dan dituangkan ke dalam erlenmeyer melalui corong yang sudah diisi kertas saring
3. Dibiarkan sampai sampel tersaring
4. Dioven kertas saring+residu selama 2 jam pada suhu 103-105℃
5. Didinginkan dengan desikator selama 10 menit
6. Ditimbang kertas saring+residu dengan neraca analitik dan dicatat beratnya

Hasil

Gambar 3. 8 Uji TSS dengan Gravimetri (b)

Sumber: SNI 6989.3:2019

Perhitungan TSS

TSS (mg/l) = $\frac{(A-B)x\ 1000}{C}$

Keterangan:

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

C = volume sampel (ml)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

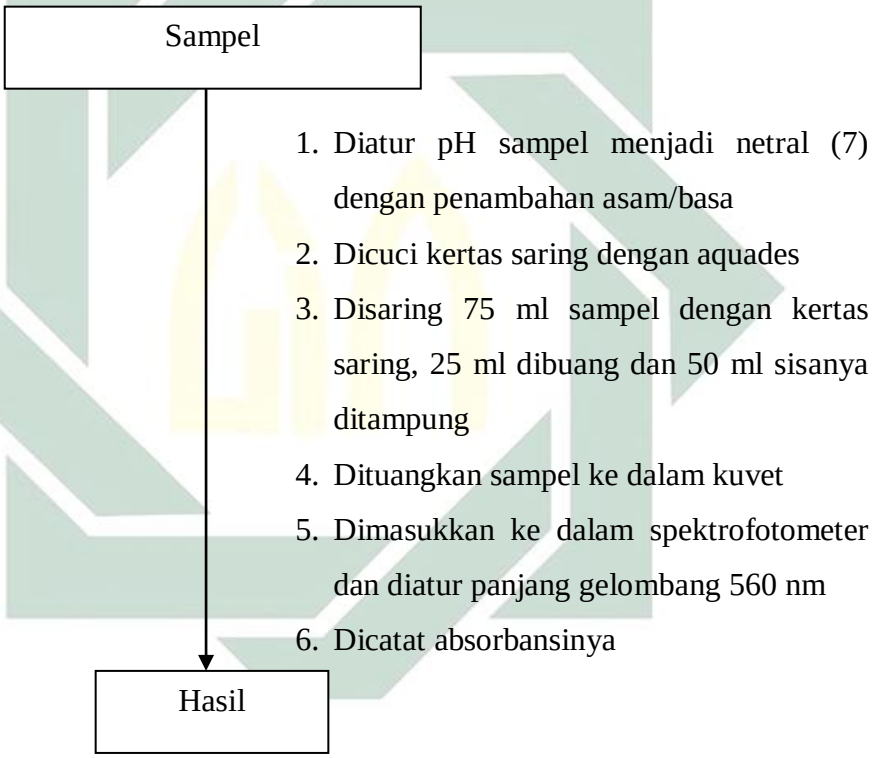
d. Metode Pengujian Warna

Bahan :

1) Kertas saring
2) Aquades
3) Sampel limbah cair industri kopi

Alat :

1) Gelas beker
2) Kuvet
3) Spektrofotometer

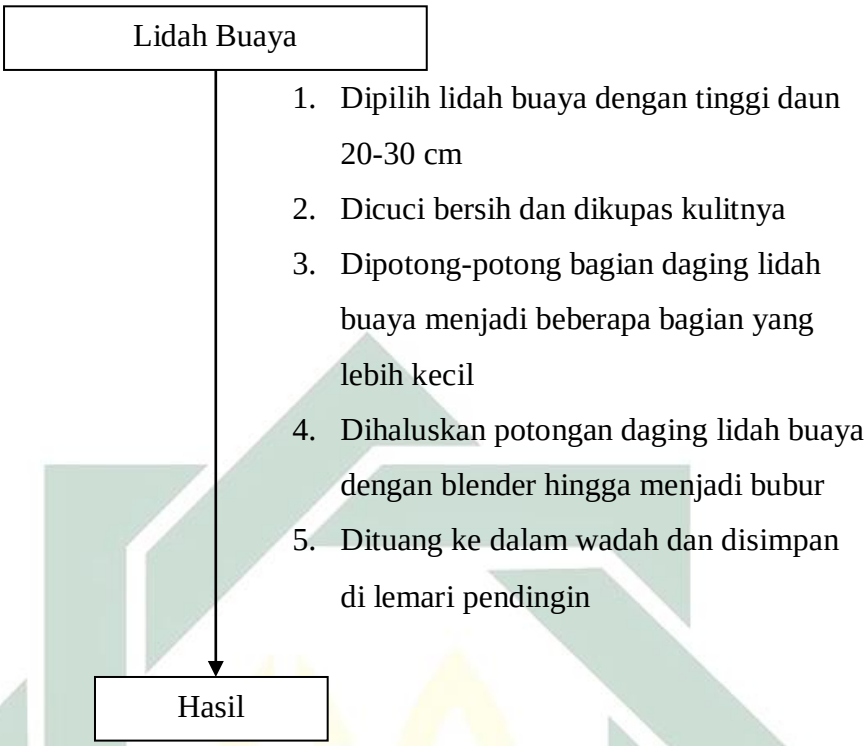


Gambar 3. 9 Uji Warna dengan Spektrofotometer

Sumber: SNI 6989.80:2011

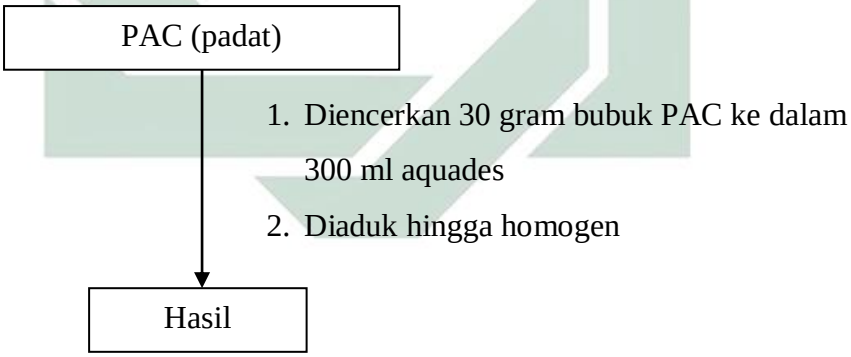
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.4 Pembuatan Koagulan Alami Gel Lidah Buaya



Gambar 3. 10 Pembuatan Koagulan Lidah Buaya

3.5.5 Pembuatan Larutan PAC 10%



Gambar 3. 11 Pembuatan Larutan PAC 10%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.6 Pengujian Koagulasi-Flokulasi Menggunakan *Jar Test*

Sampel

1. Dituangkan masing-masing 1000 ml sampel limbah cair ke dalam 7 gelas beker dan diberi label A-G
2. Ditambahkan koagulan lidah buaya dengan dosis 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l pada gelas beker A, B dan C
3. Ditambahkan koagulan PAC dengan dosis 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l pada gelas beker D, E dan F
4. Gelas beker G digunakan sebagai kontrol
5. Dinyalakan *jar test*
6. Diletakkan masing-masing sampel ke alat uji dengan posisi *paddle* terendam sampel dan berjarak 6,4 mm dari dinding gelas beker
7. Diatur kecepatan pengadukan 200 rpm (koagulasi) dan ditunggu selama 1 menit
8. Diturunkan kecepatan pengadukan menjadi 90-100 rpm dan ditunggu selama 20 menit
9. Didiamkan sampel seama 30 menit agar partikel flok mengendap
10. Dilakukan pengujian kedua dengan langkah yang sama

Hasil

Gambar 3. 12 Metode *Jar Test*

Sampel dituangkan ke dalam 7 gelas beker dengan masing-masing volume sebanyak 1000 ml. Kemudian diberi label A-G pada masing-masing gelas beker. Lalu ditambahkan koagulan lidah buaya dan PAC ke dalam gelas beker dengan variasi dosis yang sama, masing-masing 20 ml/l, 40 ml/l, 60 ml/l dan salah satu sebagai kontrol (0 ml/l atan tanpa koagulan). Proses koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Jar test dinyalakan dan dilakukan koagulasi dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 1 menit. Dilanjutkan dengan menurunkan kecepatan menjadi 90-100 rpm selama 20 menit untuk proses flokulasi. Selanjutnya masing-masing sampel didiamkan selama 30 menit agar partikel flok mengendap. Pengujian parameter diulang dengan variasi dosis, kecepatan pengadukan dan lama waktu pengadukan yang sama.

3.5.7 Analisa Data dan Hasil Penelitian

Masing-masing sampel setelah melalui koagulasi-flokulasi diukur kembali kadar BOD, COD, TSS dan warna dengan metode uji SNI yang disebutkan di atas. Hasil pengukuran parameter selanjutnya disajikan ke dalam bentuk tabel dan grafik, sehingga terlihat perbandingan sebelum dan sesudah perlakuan, lalu dianalisis. Dosis optimum kedua koagulan diketahui berdasarkan penurunan kadar BOD, COD, TSS dan warna. Analisa statistik yang digunakan yaitu uji Mann-Whitney. Sebelum dilakukan uji beda tersebut, perlu dilakukan uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk dan uji homogenitas data menggunakan uji Lavene's. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali untuk pengulangan sehingga data yang dihasilkan lebih teliti dan akurat. Presentase penyisihan BOD, COD, TSS dan warna dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Presentase penyisihan (%) = $\frac{Parameter_1 - Parameter_0}{Parameter_1}$ x 100

Keterangan:

Parameter 0 : kadar parameter (BOD, COD, TSS dan warna) sebelum perlakuan

Parameter 1 : kadar parameter (BOD, COD, TSS dan warna) sesudah perlakuan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.6 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan dilakukan dengan menggunakan *jar test* dengan 3 variasi dosis dan satu sebagai kontrol (0 ml atau tanpa koagulan). Variasi dosis yang digunakan yaitu 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali.

Tabel 3. 2 Rancangan Percobaan

Variasi Dosis	Pengulangan	
	P1	**P2**
A	AP1	AP2
B	BP1	BP2
C	CP1	CP2
D	DP1	DP2
E	EP1	EP2
F	FP1	FP2
G	GP1	GP2

Keterangan:

A : sampel air limbah + koagulan lidah buaya 20 ml

B : sampel air limbah + koagulan lidah buaya 40 ml

C : sampel air limbah + koagulan lidah buaya 60 ml

D : sampel air limbah + koagulan PAC 20 ml

E : sampel air limbah + koagulan PAC 40 ml

F : sampel air limbah + koagulan PAC 60 ml

G : sampel air limbah (kontrol)

P1 : Pengulangan 1

P2 : Pengulangan 2

3.7 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara dari hasil penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan kemampuan dari dua sampel yaitu penggunaan koagulan alami dari gel lidah buaya dengan koagulan kimia dari *Poly Aluminium Chloride*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pengujian dilakukan menggunakan uji Mann-Whitney yang sebelumnya dilakukan uji normalitas menggunakan Shapiro-wilk dan uji homogenitas data menggunakan Lavene's *Test*.

Uji statistik tersebut dipilih dikarenakan tujuan penelitian ingin mengetahui perbedaan kemampuan dua sampel yang tidak berpasangan yaitu koagulan lidah buaya dan PAC. Skala data yang digunakan dalam penelitian juga sesuai dengan persyaratan yaitu rasio atau interval. Uji Lavene's diperlukan untuk mengetahui apakah variansi data homogen, dimana saat nilai Sig (p value) > α (0,05) artinya data homogen dan dapat dilanjutkan dengan uji Mann-Whitney tersebut. Hipotesis yang disusun yaitu:

H0 : tidak terdapat perbedaan kemampuan dari kedua koagulan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.

H1 : terdapat perbedaan kemampuan dari kedua koagulan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini membahas mengenai perbandingan kemampuan koagulan lidah buaya dengan koagulan PAC dalam menurunkan parameter pencemar yaitu BOD, COD, TSS dan warna setelah melalui proses koagulasi-flokulasi dengan *jar test*. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu pembuatan koagulan lidah buaya, pengambilan sampel air limbah industri kopi serta uji parameter awal dan pembuatan larutan PAC 10%. Kemudian dilakukan proses koagulasi-flokulasi dengan *jar test*. Sampel limbah cair hasil dari perlakuan *jar test* diuji kembali parameter BOD, COD, TSS dan warna sesuai dengan metode SNI yang digunakan sehingga diperoleh hasil uji yang akan digunakan untuk penentuan dosis optimum kedua koagulan serta mengetahui apakah terdapat perbedaan kemampuan dari kedua koagulan dalam menurunkan parameter pencemar tersebut.

4.1.1 Proses Pembuatan Koagulan Lidah Buaya

Koagulan lidah buaya dibuat dengan menyiapkan tanaman lidah buaya dengan ukuran daun 20-30 cm. Jumlah daun lidah buaya yang digunakan yaitu sebanyak 8 buah. Proses pembuatan koagulan lidah buaya yaitu sebagai berikut:

a. Mencuci daun lidah buaya.
b. Mengupas kulit daun lidah buaya dan diambil daging atau gel lidah buayanya.
c. Memotong daging lidah buaya sehingga mudah untuk dihaluskan.
d. Menghaluskan daging atau gel lidah buaya dengan blender hingga berbentuk bubur dan teksturnya kental. Koagulan lidah buaya siap digunakan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4. 1 Lidah buaya

Gambar 4. 2 Daging lidah buaya (gel)

Gambar 4. 3 Menghaluskan daging lidah buaya

Gambar 4. 4 Koagulan lidah buaya

Gambar 4. 5 Lidah buaya ukuran 20-30 cm

4.1.2 Proses Pengambilan Sampel Limbah Cair Industri Kopi

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair industri kopi yang berasal dari PT. Aneka Coffee Industry, Sidoarjo. Volume sampel yang digunakan yaitu 20 liter. Limbah cair industri kopi diambil dari *Equal Tank* (Bak Ekualisasi).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Limbah cair industri kopi tersebut merupakan hasil sisa dari proses pencucian biji kopi, pengupasan kulit biji kopi serta proses pemanasan biji kopi. Proses pengambilan sampel limbah cair industri kopi dilakukan sesuai dengan SNI 6989.59:2008 yang dilakukan oleh pihak industri, dikarenakan situasi pandemi Covid-19 sehingga tidak mengizinkan orang luar untuk masuk ke dalam area pabrik termasuk IPAL. Sampel limbah cair kopi dimasukkan ke dalam jirigen dan ditutup rapat.

Gambar 4. 6 Pengukuran suhu sampel

Gambar 4. 7 Pengukuran pH sampel

4.1.3 Karakteristik Awal Sampel Limbah Cair Industri Kopi

Berdasarkan data pengujian air limbah kopi dari PT. Aneka Coffee Industry, diperoleh kadar BOD, COD, TSS dan warna air limbah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data Karakteristik Air Limbah Kopi PT. Aneka Coffee Industry

No.	Parameter	Kadar	Metode Uji
1.	BOD	1.100 mg/l	SNI 6989.72:2009
2.	COD	2.600 mg/l	SNI 06-6989.15-2004
3.	TSS	2.100 mg/l	SNI 06-6989.3-2004
5.	pH	7,2	SNI 06-6989.11-2004
6.	Suhu	36,5 ℃	SNI 06-6989.23-2005

Sumber: Dokumen PT. Aneka Coffee Industry, 2021

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sementara itu, karakteristik awal limbah cair industri kopi yang akan digunakan sebagai sampel berdasarkan uji yaitu:

Tabel 4. 2 Hasil Uji Karakteristik Awal Sampel Limbah Cair Industri Kopi

No.	Parameter	Nilai	Baku Mutu	Satuan
1.	pH	7,2	6-9	-
2.	Suhu	29	-	℃
3.	BOD	16,8	90	mg/l
4.	COD	412,9	200	mg/l
5.	TSS	6048	150	mg/l
6.	Warna	4601	50	Pt.Co

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Uji karakteristik awal tersebut dilakukan sesuai dengan SNI 6989.15:2019 untuk pengukuran COD, SNI 6989.72:2009 untuk pengukuran BOD, SNI 6989.3:2019 untuk pengukuran TSS, SNI 6989.80:2011 untuk pengukuran warna, pH menggunakan pH meter dan suhu menggunakan termometer. Secara pengamatan, sampel limbah cair industri kopi berwarna cokelat kehitaman dengan partikel koloid yang terlarut di dalamnya dan berbau menyengat. Berdasarkan hasil uji karakteristik awal air limbah di atas, menunjukkan bahwa belum memenuhi baku mutu air limbah untuk industri kopi sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. Air limbah tersebut harus melalui pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu proses pengolahan yang bisa dilakukan yaitu koagulasi-flokulasi. Pada penelitian ini dilakukan uji koagulasi dengan simulasi *jar test* menggunakan koagulan alami dan koagulan kimia sehingga dapat mengetahui perbedaan kemampuan keduanya dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan warna di atas. Variasi dosis yang digunakan untuk kedua koagulan yaitu 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.1.4 Proses Pembuatan Larutan PAC 10%

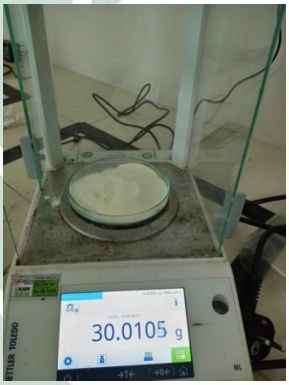
Koagulan kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dalam bentuk larutan dengan konsentrasi 10%. Kebutuhan larutan PAC keseluruhan yaitu 240 ml, sehingga dibutuhkan PAC bubuk sebanyak:

PAC 10% = $\frac{massa\ PAC\ (gr)}{300\ ml}\ x\ 100$

= 30 gr PAC bubuk

Proses pembuatan larutan PAC 10% yaitu sebagai berikut:

a. Menimbang 30 gr PAC bubuk.
b. Melarutkan 30 gr PAC bubuk tersebut ke dalam 300 ml aquades dan diaduk hingga homogen.



Gambar 4. 8 Menimbang PAC bubuk 30 gram

Gambar 4. 9 Aquades 300 ml

Gambar 4. 10 Melarutkan PAC ke dalam aquades

Gambar 4. 11 Larutan PAC 10%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.1.5 Proses Koagulasi dan Flokulasi dengan *Jar Test*

Proses koagulasi-flokulasi dilakukan dengan menggunakan *jar test*. *Jar test* merupakan alat simulasi dari proses koagulasi sehingga hasil dari proses tersebut dapat membentuk flok-flok yang mengikat padatan organik dan menurunkan parameter pencemar dengan bantuan zat koagulan. Koagulan yang digunakan yaitu koagulan lidah buaya dan koagulan PAC. Variasi dosis yang digunakan untuk kedua koagulan yaitu 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l serta 0 ml/l (tanpa koagulan) sebagai kontrol. Sampel air limbah masing-masing sebanyak 1000 liter dituangkan dalam 7 beker glass. Kemudian dituangkan koagulan lidah buaya dan PAC dengan dosis tersebut di atas secara bersamaan. Kecepatan *jar test* untuk pengadukan cepat disesuaikan yaitu 200 rpm dengan waktu 1 menit. Lalu kecepatan diturunkan menjadi 90-100 rpm dengan waktu 20 menit. Setelah itu, sampel uji dibiarkan selama 30 menit agar flok-flok yang terbentuk dapat mengendap.

Dari hasil *jar test* dengan koagulan PAC secara fisik terdapat flok-flok yang terbentuk dan air hasil endapan berubah menjadi kuning kecoklatan. Sedangkan hasil *jar test* dengan koagulan lidah buaya secara fisik juga terbentuk flok-flok namun air hasil endapan belum terlalu jernih atau berwarna kecoklatan. Terbentuknya flok selama proses *jar test* menunjukkan bahwa telah terjadi proses koagulasi untuk kedua koagulan dengan hasil yang berbeda (Salsabila dkk., 2018). Pengadukan cepat bertujuan untuk mengikat padatan organik yang ada dalam air limbah sehingga dapat membentuk flok-flok (mikroflok) dengan ukuran kecil. Kemudian pada pengadukan lambat, flok-flok yang sebelumnya terbentuk akan saling berikatan sehingga membentuk flok-flok (makroflok) dengan ukuran yang lebih besar dan stabil (Radityaningrum & Caroline, 2017). Flok-flok yang terbentuk kemudian akan mengendap ke dasar sehingga membentuk 2 lapisan, yaitu lapisan jernih (air hasil koagulasi-flokulasi) dan padatan yang terendapkan di bagian dasar (Murwanto, 2018).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Limbah cair industri kopi berdasarkan data awal menunjukkan kandungan koloid atau padatan yang tinggi yaitu 6048 mg/l (tabel 4.1) dan secara fisik berwarna coklat kehitaman dengan padatan terlarut. Oleh karena itu, flok yang dihasilkan cukup banyak, mencapai 50% dari volume sampel yang digunakan (gambar 4.15 dan 4.16). Pengaruh kekeruhan dari sampel yang digunakan selama proses koagulasi dimana saat tingkat kekeruhan rendah, destabilisasi partikel akan sulit terjadi dan sebaliknya ketika tingkat kekeruhan tinggi proses destabilisasi partikel akan lebih cepat. Namun, apabila hal tersebut diaplikasikan dengan konsentrasi koagulan yang rendah dapat menyebabkan pembentukan flok kurang efektif (Rahimah dkk., 2016).

Gambar 4. 12 *Jar test* dengan koagulan PAC

Gambar 4. 13 *Jar test* dengan koagulan lidah buaya

Gambar 4. 14 Hasil *jar test* koagulan PAC

Gambar 4. 15 Hasil *jar test* koagulan lidah buaya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4. 16 Flok hasil *jar test* koagulan PAC

Gambar 4. 17 Flok hasil *jar test* koagulan lidah buaya

4.1.6 Hasil Uji Parameter Pencemar Setelah Koagulasi-Flokulasi

Hasil uji parameter BOD, COD, TSS dan warna sampel limbah cair industri kopi setelah pengujian *jar test* dengan menambahkan koagulan lidah buaya dan larutan PAC 10% sesuai dengan variasi dosis 0 ml/l, 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l dijelaskan dalam tabel di bawah ini:

a. Hasil uji parameter BOD setelah pengujian *jar test*

Tabel 4. 3 Hasil Uji Parameter BOD Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi

BOD Awal (mg/l)	Dosis (ml/l)	BOD Akhir (mg/l)		Baku Mutu (mg/l)
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
16,8	0	19,4	19,4	90
16,8	20	12,1	14,3	90
16,8	40	6,1	14,2	90
16,8	60	3,3	3,7	90

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan pengujian *jar test* yang telah dilakukan menggunakan prinsip koagulasi-flokulasi dengan variasi dosis 0 ml//l (kontrol), 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l untuk setiap koagulan, diperoleh nilai BOD akhir seperti Tabel 4. 3 Hasil Uji Parameter BOD Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi Pengujian BOD sesuai SNI 6989.72:2009 menggunakan DO meter dimana nilai BOD didapat dari nilai DO_0 dikurangi DO_5.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Hasil BOD akhir menunjukkan penurunan pada setiap variasi dosis ketika menggunakan koagulan lidah buaya maupun koagulan PAC. Nilai BOD awal sampel limbah cair industri kopi yaitu 16,8 mg/l. Apabila nilai tersebut dibandingkan dengan baku mutu PermenLH No. 5 Tahun 2014 untuk limbah cair industri kopi adalah telah memenuhi baku mutu yaitu 90 mg/l. Nilai BOD akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan lidah buaya berada pada rentang 1,2-20,1 mg/l dengan rata-rata nilai BOD 3,3-12,1 mg/l, dimana nilai tersebut telah memenuhi baku mutu. Untuk nilai BOD akhir terendah penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 60 ml/l sebesar 3,3 mg/l, sedangkan nilai BOD akhir tertinggi untuk penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 20 ml/l di pengulangan pertama sebesar 12,1 mg/l.

Sementara itu, nilai BOD akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan PAC berada pada rentang 0,3-15 mg/l, dengan rata-rata nilai BOD 3,7-14,3 mg/l dimana nilai tersebut juga telah memenuhi baku mutu. Nilai BOD akhir terendah untuk penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 60 ml/l sebesar 3,7 mg/l, sedangkan nilai BOD akhir tertinggi penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 20 ml/l sebesar 14,3 mg/l. Penggunaan kedua koagulan menunjukkan penurunan yang stabil dan nilai BOD semakin menurun. Namun, terlihat bahwa nilai BOD terendah yaitu saat menggunakan koagulan lidah buaya. Dosis kontrol juga menunjukkan hasil yang meningkat (lebih besar daripada BOD awal) karena tidak diberi koagulan apapun selama proses koaguasi-flokulasi *jar test*, sehingga penurunan BOD terjadi karena adanya penambahan dari kedua koagulan yaitu lidah buaya maupun PAC.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Hasil uji parameter COD setelah pengujian *jar test*

Tabel 4. 4 Hasil Uji Parameter COD Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi

COD Awal (mg/l)	Dosis (ml/l)	COD Akhir (mg/l)		Baku Mutu (mg/l)
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
412,9	0	387,2	387,2	200
412,9	20	241,1	255,7	200
412,9	40	173,7	223,3	200
412,9	60	189,5	190,3	200

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan pengujian *jar test* yang telah dilakukan menggunakan prinsip koagulasi-flokulasi dengan variasi dosis 0 ml//l (kontrol), 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l untuk setiap koagulan, diperoleh nilai COD akhir seperti Tabel 4. 4. Pengujian COD dilakukan sesuai dengan SNI 6989.15:2019 menggunakan metode titrasi dimana nilai COD didapat dari volume larutan FAS yang dibutuhkan hingga sampel berubah warna menjadi merah kecoklatan. Hasil COD akhir tersebut menunjukkan penurunan pada setiap variasi dosis ketika menggunakan koagulan lidah buaya maupun koagulan PAC.

COD dalam air sebagai ukuran pencemar yang terkandung dalam air oleh zat-zat organik yang secara alami dapat dioksidasi oleh mikrobiologis dan berkurangnya nilai DO dalam air (Murwanto, 2018). Nilai COD awal sampel limbah cair industri kopi yaitu 412,9 mg/l. Apabila nilai tersebut dibandingkan dengan baku mutu PermenLH No. 5 Tahun 2014 untuk limbah cair industri kopi adalah melebihi baku mutu yaitu 200 mg/l. Nilai COD akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan lidah buaya berada pada rentang 164,1-259,15 mg/l dengan rata-rata nilai COD 173,7-241,1 mg/l.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Untuk nilai COD akhir terendah penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 40 ml/l sebesar 173,7 mg/l. Pada dosis tersebut nilai COD telah memenuhi baku mutu PermenLH No. 5 Tahun 2014. Sementara itu, nilai COD akhir tertinggi untuk penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 20 ml/l sebesar 241,1 mg/l masih melebihi baku mutu.

Nilai COD akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan PAC berada pada rentang 164,1-274,29 mg/l dengan rata-rata nilai COD 190,3-255,7 mg/l. Nilai COD akhir terendah untuk penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 60 ml/l sebesar 190,3 mg/l juga telah memenuhi baku mutu. Untuk nilai COD akhir tertinggi penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 20 ml/l sebesar 255,7 mg/l melebihi baku mutu. Dosis kontrol dari penggunaan kedua koagulan menunjukkan hasil yang menurun menjadi 387,2 mg/l.

c. Hasil uji parameter TSS setelah pengujian *jar test*

Tabel 4. 5 Hasil Uji TSS Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi

TSS Awal (mg/l)	Dosis (ml/l)	TSS Akhir (mg/l)		Baku Mutu (mg/l)
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
6048	0	5486,0	5486,0	150
6048	20	2166,0	4769,0	150
6048	40	3157,0	1926,0	150
6048	60	2070,0	4460,0	150

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Pengujian *jar test* dilakukan menggunakan prinsip koagulasi-flokulasi. Variasi dosis yang digunakan 0 ml//l, 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l untuk setiap koagulan. Pengujian TSS dilakukan sesuai dengan SNI 6989.3:2019.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dalam SNI tersebut menggunakan metode gravimetri dimana berat kertas saring dengan residu padatan sampel setelah perlakuan dikurangi berat kertas saring kosong. Hasil TSS akhir menunjukkan penurunan dan kenaikan dari pemberian kedua koagulan. Nilai TSS awal sampel limbah cair industri kopi yaitu 6048 mg/l. Apabila nilai tersebut dibandingkan dengan baku mutu PermenLH No. 5 Tahun 2014 untuk limbah cair industri kopi adalah melebihi baku mutu yaitu 150 mg/l. Nilai TSS akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan lidah buaya berada pada rentang 2004-4216 mg/l dengan rata-rata nilai TSS 2070-3157 mg/l dimana nilai tersebut masih belum memenuhi baku mutu. Untuk nilai TSS akhir terendah penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 60 ml/l sebesar 2070 mg/l. Namun, nilai TSS pada pemberian dosis 60 ml/l menurun setelah sebelumnya meningkat pada dosis 40 ml/l. Sementara itu, nilai TSS akhir tertinggi untuk penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 40 ml/l sebesar 3157 mg/l.

Nilai TSS akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan PAC berada pada rentang 986-5048 mg/l dengan rata-rata nilai TSS 1926-4769 mg/l dimana nilai tersebut juga belum memenuhi baku mutu. Nilai TSS akhir terendah untuk penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 40 ml/l sebesar 1926 mg/l. Untuk nilai TSS akhir tertinggi penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 20 ml/l sebesar 4769 mg/l. Dosis kontrol dari penggunaan kedua koagulan menunjukkan hasil di bawah nilai TSS awal dengan penurunan 9% atau setara dengan 5486 mg/l meskipun tidak diberi koagulan apapun selama proses koagulasi-flokulasi *jar test*. Hal tersebut dapat terjadi karena selama proses *jar test*, partikel koloid mudah untuk mengendap.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d. Hasil uji parameter warna setelah pengujian *jar test*

Tabel 4. 6 Hasil Uji Warna Setelah Perlakuan Koagulasi-Flokulasi

Warna awal (Pt.Co)	Dosis (ml/l)	Warna akhir (Pt.Co)		Baku Mutu (Pt.Co)
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
4601	0	2745,9	2745,9	50
4601	20	697,5	454,4	50
4601	40	721,1	504,3	50
4601	60	1154,6	403,3	50

Sumber: Hasil Uji Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya, 2021

Berdasarkan pengujian *jar test* yang telah dilakukan menggunakan prinsip koagulasi-flokulasi dengan variasi dosis 0 ml//l (kontrol), 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l untuk setiap koagulan, diperoleh nilai warna akhir seperti Tabel 4. 6. Pengujian warna dilakukan sesuai dengan SNI 6989.80:2011 menggunakan spektrofotometri yang dilakukan oleh Laboratorium PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Warna dari suatu air limbah sangat mempengaruhi kandungan biologis dan kimia lainnya yang ada dalam air. Warna air limbah yang gelap (hitam) seperti limbah cair industri kopi yang digunakan sebagai sampel dapat mengganggu proses fotosintesis oleh tumbuhan di dalam air apabila tidak dilakukan pengolahan air limbah (Fereja dkk., 2020). Nilai warna awal sampel limbah cair industri kopi yaitu 4601 Pt.Co. Apabila nilai tersebut dibandingkan dengan baku mutu dimana dalam PermenLH No. 5 Tahun 2014 tidak menyebutkan kadar warna untuk limbah cair industri kopi, maka berdasarkan kadar warna maksimum yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 untuk baku mutu air kelas 1 yaitu 50 Pt.Co.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nilai warna akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan lidah buaya berada pada rentang 412,3-1633,7 Pt.Co dengan rata-rata nilai warna 697,5-1154,6 Pt.Co. Untuk nilai warna akhir terendah penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 20 ml/l sebesar 697,5 Pt.Co., sedangkan nilai warna akhir tertinggi untuk penggunaan koagulan lidah buaya yaitu pada dosis 60 ml/l sebesar 1154,6 Pt.Co. Nilai warna akhir sampel limbah cair kopi ketika menggunakan koagulan PAC berada pada rentang 347,0-632,9 Pt.Co dengan rata-rata nilai warna 361,5-617,0 Pt.Co. Nilai warna akhir terendah untuk penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 60 ml/l sebesar 403,3 Pt.Co. Untuk nilai warna akhir tertinggi penggunaan koagulan PAC yaitu pada dosis 40 ml/l sebesar 504,3 Pt.Co. Kedua nilai akhir warna setelah perlakuan *jar test*, masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Secara fisik, warna sampel air limbah industri kopi setelah penambahan koagulan PAC berwarna kuning kehijauan pada dosis 20 ml/l, kemudian berubah menjadi kuning pada dosis 40 ml/l dan 60 ml/l. Namun, warna sampel air limbah industri kopi setelah penambahan koagulan lidah buaya berwarna kuning kehijauan pada dosis 20 ml/l, coklat kehijauan pada dosis 40 ml/l dan 60 ml/l.

4.2 Pembahasan Penelitian

Hasil uji dari analisa parameter pencemar yang dilakukan sebelumnya dibahas di bawah ini meliputi perbedaan koagulan lidah buaya dengan koagulan PAC terhadap penurunan BOD, COD, TSS dan warna beserta presentase penurunan, perbandingan penurunan BOD, COD, TSS dan warna dari kedua koagulan, penentuan dosis optimum kedua koagulan serta analisis kemampuan kedua koagulan dalam menurunkan parameter pencemar tersebut melalui uji statistik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.1 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan BOD (*Biological Oxygen Demand*) Limbah Cair Industri Kopi

Presentase penurunan nilai BOD untuk koagulan lidah buaya dan koagulan PAC disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4. 7 Presentase Penurunan BOD Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan

Dosis (ml/l)	**% Penurunan BOD**	
	Koagulan Lidah Buaya	**Koagulan PAC**
0 (kontrol)	-15,6	-15,6
20	28,1	14,7
40	63,8	15,6
60	80,4	78,1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

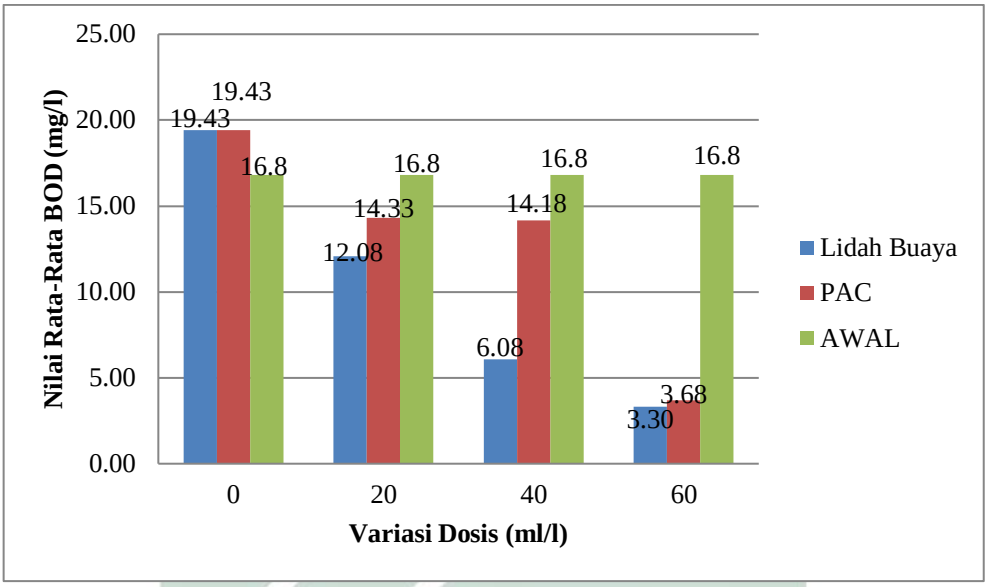
Nilai negatif dalam Tabel 4. 7, menunjukkan presentase nilai BOD yang meningkat dari parameter awal sampel limbah cair kopi (tidak terjadi penurunan). Presentase penurunan tertinggi terjadi pada dosis 60 ml/l yaitu 80,4% untuk penggunaan koagulan lidah buaya. Sedangkan presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 20 ml/l yaitu sekitar 28,1%. Pada penggunaan koagulan PAC presentase penurunan tertinggi terjadi pada dosis 60 ml/l yaitu sekitar 78,1%, sedangkan presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 20 ml/l yaitu 14,7%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis yang diberikan berpengaruh dalam penyisihan parameter pencemar BOD dan dibandingkan dengan dosis kontrol menunjukkan bahwa nilai BOD sampel limbah cair industri kopi dapat diturunkan menggunakan kedua koagulan tersebut.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Perbandingan nilai BOD kedua koagulan dapat dilihat lebih jelas pada grafik di bawah ini Gambar 4. 18 Perbandingan Nilai Rata-Rata BO. Berdasarkan grafik tersebut nilai BOD setelah pemberian koagulan lidah buaya maupun koagulan PAC terus mengalami penurunan, yang mana kemampuan lidah buaya dan PAC sebagai koagulan dapat dibuktikan mampu menurunkan kadar BOD. Proses koagulasi-flokulasi yang terjadi selama *jar test* mengikat partikel organik pada sampel limbah cair kopi sehingga, padatan terlarut saling berikatan dengan adanya penambahan koagulan lidah buaya maupun PAC. Interaksi antar partikel-partikel yang berbeda ukuran, mengakibatkan terbentuknya partikel yang lebih besar karena adanya tumbukan antar partikel. *Mucilago* yang ada dalam kandungan lidah buaya memiliki berat molekul tinggi, yang mana peningkatan berat molekul tersebut memudahkan pengikatan antara partikel (flok) atau yang disebut dengan *bridging*. *Bridgin*g dapat disebabkan oleh sifat hidrofilik *mucilago* yaitu ikatan hidrogen yang terbentuk antara air dengan molekul polielektrolit selama proses koagulasi-flokulasi (Puspitasari dkk., 2018).

Nilai BOD akhir yang berbeda untuk masing-masing koagulan juga dapat disebabkan karena kondisi sampel selama proses koagulasi dan flokulasi yang terbuka dan kondisi penyimpanan sampel (inkubasi selama 5 hari). Penurunan nilai BOD melalui dua fase, dalam penelitian ini hasil uji menunjukkan penurunan yang cepat sesuai dengan penelitian Yulianto dkk. (2020) dimana setelah dosis 60 ml/l nilai BOD akan berbalik karena menurunnya kecepatan reaksi. Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan biokoagulan lidah buaya maupun PAC, kedua koagulan mampu menurunkan nilai BOD dan tetap berada di bawah baku mutu PermenLH No. 5 Tahun 2014 dengan pemberian variasi dosis tersebut.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 18 Perbandingan Nilai Rata-Rata BOD

4.2.2 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan COD (*Chemical Oxygen Demand*) Limbah Cair Industri Kopi

Presentase penurunan nilai COD untuk koagulan lidah buaya dan koagulan PAC disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4. 8 Presentase Penurunan COD Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan

Dosis (ml/l)	% Penurunan COD	
	Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC
0 (kontrol)	6,2	6,2
20	41,6	38,1
40	57,9	45,9
60	54,1	53,9

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

Presentase penurunan COD tertinggi terjadi pada dosis 40 ml/l yaitu sekitar 57,9% untuk penggunaan koagulan lidah buaya. Presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 20 ml/l yaitu sekitar 41,6%. Pada dosis 60 ml/l nilai COD mengalami peningkatan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada penggunaan koagulan PAC presentase penurunan tertinggi terjadi pada dosis 60 ml/l yaitu sekitar 53,9%, sedangkan presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 20 ml/l yaitu 38,1%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis berpengaruh dalam peran penyisihan parameter pencemar COD. Menurut Irma dkk. (2016) koagulan lidah buaya mengandung kadar organik yang tinggi dan menyebabkan organik terlarut dalam air ikut meningkat ketika melalui proses pengolahan. Namun, hal tersebut tidak terlalu berpengaruh dalam hasil penelitian ini, karena kadar COD berhasil diturunkan. Selain itu, penurunan COD dapat terjadi karena proses oksidasi biokomia selama waktu pengendapan (sedimentasi) 30 menit, dimana semakin lama waktu tinggal maka semakin banyak kadar organik yang terendapkan dan teroksidasi (Haerun dkk., 2018).

Perbandingan nilai COD kedua koagulan dapat dilihat lebih jelas pada grafik di bawah ini (Gambar 4. 19) Berdasarkan grafik tersebut, rata-rata nilai COD sampel limbah cair kopi setelah pemberian koagulan PAC terus mengalami penurunan, yang mana kemampuan koagulan PAC dapat dibuktikan mampu menurunkan kadar COD. Kemudian untuk penambahan koagulan lidah buaya, nilai COD mengalami peningkatan kembali pada dosis 60 ml/l untuk kedua pengulangan. Walaupun begitu, koagulan lidah buaya tetap mampu menurunkan nilai COD pada variasi dosis 20 ml/l dan 40 ml/l dengan presentase penurunan terbesar mencapai 60% (tabel 4. 8).

Lidah buaya yang digunakan sebagai koagulan memiliki kandungan asam poligalakturonat dimana zat tersebut yang berfungsi sebagai pengkoagulan. Mekanisme dari kandungan asam tersebut selama koagulasi dengan adsorpsi dan penggabungan partikel yang tidak bersentuhan satu sama lain tetapi terikat dengan asam poligalakturonat tersebut (Mujariah dkk., 2017). Pada Gambar 4. 19 di bawah juga menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis koagulan PAC maka nilai COD semakin menurun.

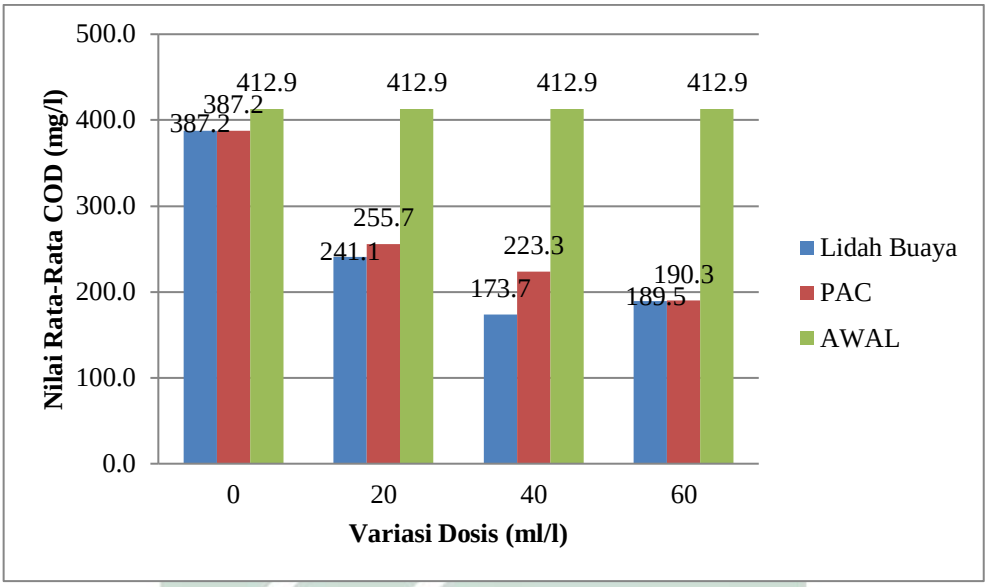
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pengaruh pH dari koagulan lidah buaya dimana menurut Pranata dkk. (2019) bahwa karena adanya kandungan asam poligalakturonat tersebut menyebabkan pH dari koagulan lidah buaya berada di rentang 4-5. Asam poligalakturonat akan bekerja maksimal dengan kondisi pH 4-7. Semakin besar dosis koagulan yang ditambahkan maka semakin banyak proses hidrolisa yang terjadi, sehingga ion-ion H^+ yang terionisasi juga semakin besar sementara kondisi pH air sampel akan asam.

Koagulan PAC banyak digunakan di bidang industri sebagai koagulan karena harganya yang murah dan mudah diaplikasikan, namun dengan dosis tertentu. Kemampuan koagulan PAC berdasarkan jurnal terdahulu dijelaskan bahwa PAC memiliki tingkat adsorpsi yang berlebih, memiliki kemampuan mengikat partikel dengan tingkat pembentukan flok-flok tinggi meskipun dosis yang diberikan sedikit dan waktu sedimentasi yang cepat (Murwanto, 2018). Oleh karena keuntungan tersebut, nilai COD pada penggunaan koagulan PAC terus menurun pada pengulangan pertama maupun kedua.

Nilai COD akhir yang belum memenuhi baku mutu, dapat diturunkan apabila IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) memiliki unit tambahan selain koagulasi-flokulasi seperti pengolahan biologis aerob maupun anaerobik (Indrayani & Rahmah, 2018). Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan koagulan lidah buaya maupun PAC, kedua koagulan mampu menurunkan nilai COD sehingga memenuhi baku mutu PermenLH No. 5 Tahun 2014 dengan dosis tertentu yang diberikan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 19 Perbandingan Nilai Rata-Rata COD

4.2.3 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan TSS (*Total Suspended Solids*) Limbah Cair Industri Kopi

Presentase penurunan nilai TSS untuk koagulan lidah buaya dan koagulan PAC disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4. 9 Presentase Penurunan TSS Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan

Dosis (ml/l)	**% Penurunan TSS**	
	Koagulan Lidah Buaya	**Koagulan PAC**
0 (kontrol)	9,3	9,3
20	64,2	21,1
40	47,8	68,2
60	65,8	26,3

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

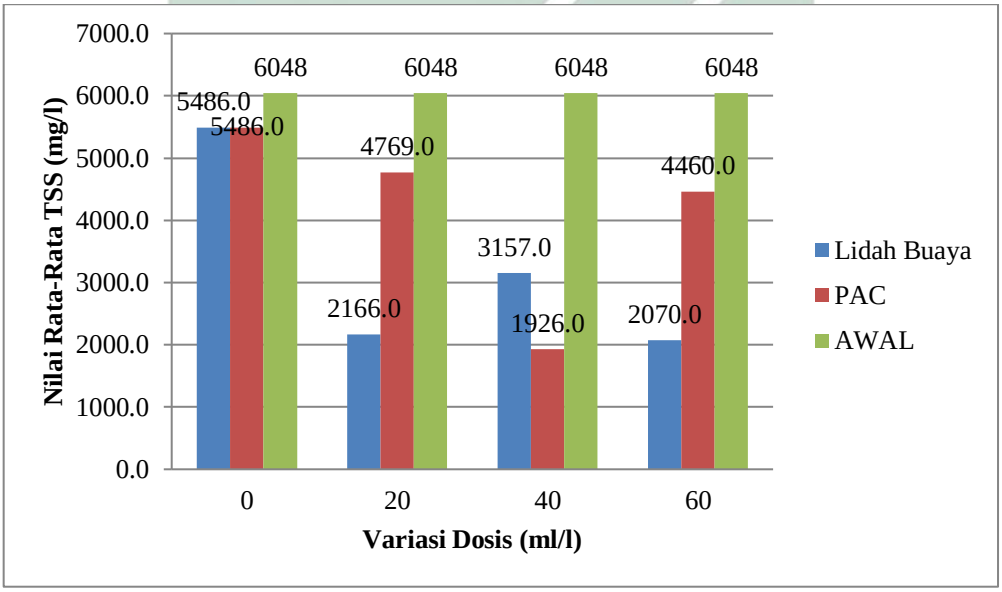
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Secara fisik, sampel limbah cair industri kopi begitu pekat dengan kandungan padatan terlarut yang begitu tinggi akibat dari pulp sisa pengelupasan kulit biji kopi dan pencucian biji kopi. Sisa-sisa lapisan luar biji kopi yang masih tertinggal serta proses pemanasan biji kopi menghasilkan padatan terlarut tersebut. Sehingga sampel limbah cair memiliki kadar TSS yang tinggi. Presentase penurunan TSS tertinggi terjadi pada dosis 60 ml/l yaitu sekitar 65,8% untuk penggunaan koagulan lidah buaya, sedangkan presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 40 ml/l yaitu 47,8%. Pada penggunaan koagulan PAC presentase penurunan TSS tertinggi terjadi pada dosis 40 ml/l yaitu sekitar 68,2%, sedangkan presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 20 ml/l yaitu 21,1%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis berpengaruh dalam peran penyisihan parameter pencemar TSS.

Perbandingan nilai TSS kedua koagulan dapat dilihat lebih jelas pada grafik di bawah ini (Gambar 4. 20). Berdasarkan grafik tersebut nilai TSS setelah pemberian koagulan PAC maupun koagulan lidah buaya mengalami penurunan dan peningkatan. Nilai TSS setelah proses koagulasi-flokulasi dengan pemberian koagulan lidah buaya mengalami penurunan pada dosis 20 ml/l, kemudian meningkat pada dosis 40 ml/l dan menurun kembali pada dosis 60 ml/l. Hal ini disebabkan karena partikel koloid setelah perlakuan dengan koagulan lidah buaya tidak stabil, dan menunjukkan bahwa penurunan hanya terjadi pada dosis 20 ml/l. Seharusnya semakin banyak dosis koagulan yang ditambahkan, flok-flok yang terbentuk akan semakin banyak dan padatan mudah terendapkan, namun yang terjadi pada penambahan koagulan lidah buaya sebaliknya. Seperti yang dijelaskan oleh Mujariah dkk. (2017) bahwa jumlah koagulan yang berlebihan (tidak sesuai dosis yang ditentukan) maka dapat menyebabkan pembentukan flok tidak optimal sehingga sampel kembali keruh akibat padatan terlarut.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sementara itu, untuk pemberian koagulan PAC selama proses koagulasi-flokulasi, mampu menurunkan nilai TSS pada dosis 20 ml/l dan 40 ml/l yang kemudian kembali meningkat pada dosis 60 ml/l (dapat dilihat pada Gambar 4. 20). Ketika penambahan koagulan PAC dengan dosis 40 ml/l telah mencapai kondisi optimum sehingga koloid telah dinetralkan dan mengendap, kemudian pada dosis 60 ml/l meningkat akibat dosis koagulan yang berlebihan dan air limbah kembali keruh sesuai dengan pernyataan penelitian yang dilakukan (Puspitasari dkk., 2018). Kemampuan PAC dan lidah buaya sebagai koagulan dapat dibuktikan mampu menurunkan kadar TSS dengan pemberian dosis tertentu walaupun nilainya masih belum memenuhi baku mutu. Nilai TSS di atas (Tabel 4. 5) masih terbilang tinggi dan hal tersebut dapat berpengaruh pada kadar DO. Berdasarkan Murwanto (2018) tingginya kadar TSS juga dapat mempengaruhi nilai DO yang rendah. Semakin keruh air akibat terganggu koloid dapat menghalangi masuknya sinar matahari atau cahaya yang digunakan untuk proses fotosintesis. Padatan pada limbah cair indutri kopi juga berasal dari sisa pulp dengan kandungan tanin dan kafein (Blinová dkk., 2017).



Gambar 4. 20 Perbandingan Nilai Rata-Rata TSS

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.4 Perbedaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC dalam Menurunkan Warna Limbah Cair Industri Kopi

Presentase penurunan nilai warna untuk koagulan lidah buaya dan koagulan PAC disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 4. 10 Presentase Penurunan Warna Limbah Cair Industri Kopi Setelah Perlakuan

Dosis (ml/l)	% Penurunan Warna	
	Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC
0 (kontrol)	40,3	40,3
20	84,8	90,1
40	84,3	89,0
60	74,9	91,2

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Dari penglihatan secara fisik, sampel air limbah setelah perlakuan *jar test*, berubah warna dari coklat kehitaman menjadi kuning keruh hingga kuning kecoklatan. Presentase penurunan warna tertinggi terjadi pada dosis 20 ml/l yaitu sekitar 84,8% untuk penggunaan koagulan lidah buaya, sedangkan presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 60 ml/l yaitu sekitar 74,9%. Pada penggunaan koagulan PAC presentase penurunan tertinggi terjadi pada dosis 60 ml/l yaitu sekitar 91,2%, sedangkan presentase penurunan terendah terjadi pada dosis 40 ml/l yaitu 89%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi dosis berpengaruh dalam penyisihan parameter warna.

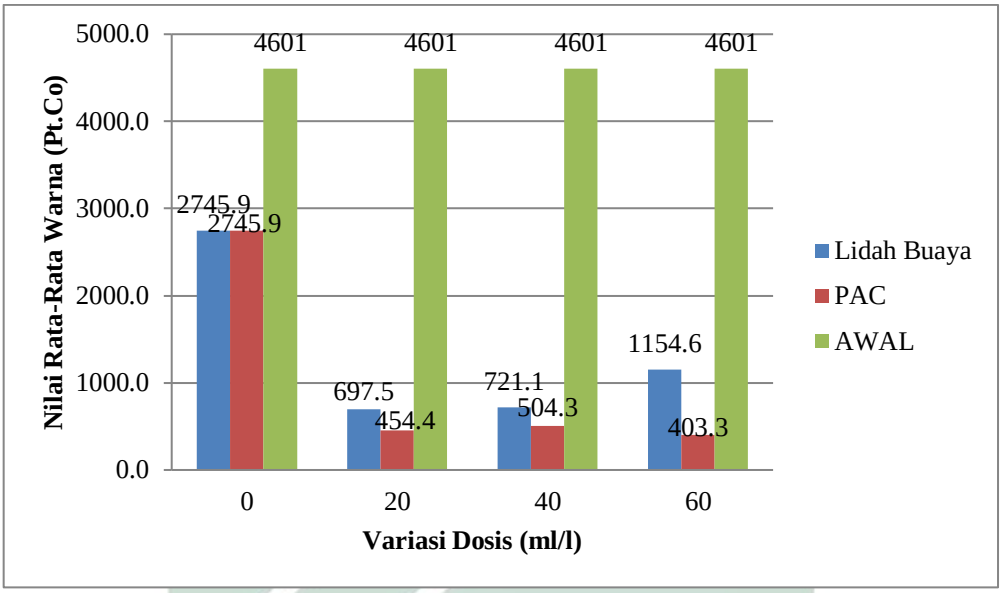
Perbandingan nilai warna kedua koagulan dapat dilihat lebih jelas pada grafik di bawah ini (Gambar 4. 21 Perbandingan Nilai Rata-Rata . Berdasarkan grafik tersebut, rata-rata nilai warna sampel limbah cair kopi setelah pemberian koagulan PAC mengalami penurunan tajam setelah pemberian dosis 20 ml/l, kemudian meningkat pada dosis 40 ml/l dan kembali turun pada dosis 60 ml/l. Peningkatan kembali nilai Pt.Co warna yang sempat terjadi setelah pemberian dosis 40 ml/l pada PAC dapat terjadi karena adanya faktor "*human error*" selama pengujian.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dan juga berdasarkan penelitian yang telah dilakukan setelah pemberian dosis koagulan PAC 40 ml/l pada pengulangan pertama nilai yang didapatkan turun (391,6 Pt.Co) sedangkan terjadi peningkatan pada pengulangan kedua. Hal itu menyebabkan data rata-rata yang digunakan mengalami peningkatan nilai Pt.Co warna. Sementara itu, nilai Pt.Co warna setelah pemberian koagulan lidah buaya berhasil turun pada dosis 20 ml/l dan setelah itu kembali naik pada dosis 60 ml/l. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak koagulan lidah buaya yang ditambahkan, warna sampel air limbah akan kembali keruh (kecokelatan). Semakin banyak dosis PAC yang diberikan, maka penurunan warna semakin meningkat. Walaupun begitu, koagulan lidah buaya dan PAC tetap mampu menyisihkan nilai Pt.Co warna dengan presentase penurunan terbesar mencapai 90% (dapat dilihat di Tabel 4. 10).

Menurut Blinová dkk. (2017) warna limbah cair industri kopi akan berubah dari hijau tua menjadi hitam saat pH air limbah mencapai 7 ke atas akibat kandungan flavonoid. Namun, kandungan tersebut tidak terlalu berpengaruh dalam peningkatan BOD maupun COD. Penurunan warna menurut Mujariah dkk. (2017) dipengaruhi oleh proses tumbukan antar partikel koloid sehingga dapat membentuk flok-flok yang mudah diendapkan. pH sampel air limbah setelah perlakuan *jar test* untuk penambahan koagulan lidah buaya berada pada kondisi asam yaitu 6,3-5,4. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Mujariah dkk. (2017) dimana gel lidah buaya mengandung asam poligalakturonat yang dapat mempengaruhi sampel. Kedua koagulan mampu menyisihkan warna air limbah dari hitam menjadi berwarna kuning kehijauan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 21 Perbandingan Nilai Rata-Rata Warna

4.2.5 Dosis Optimum Koagulan Lidah Buaya dalam Menurunkan BOD, COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Industri Kopi

Koagulan lidah buaya yang digunakan dengan variasi dosis 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l untuk menurunkan BOD, COD, TSS dan warna limbah cair industri kopi melalui proses koagulasi dan flokulasi berdasarkan hasil uji parameter (tabel 4.10), menurut Mujariah dkk. (2017) bahwa suatu koagulan dikatakan efektif dalam penyisihan parameter apabila presentase penurunan mencapai lebih dari 50%.

Tabel 4. 11 Rata-Rata Presentase Penurunan BOD, COD, TSS dan Warna Limbah Cair Industri Kopi Setelah Koagulasi-Flokulasi dengan Penambahan Koagulan Lidah Buaya

Dosis (ml/l) dan Pengulangan ke-	Parameter	Nilai Awal (mg/l)	Nilai Akhir (mg/l)	% Penurunan
20	BOD	16,8	12,1	28,1
	COD	412,9	241,1	41,6
	TSS	6048,0	2166,0	64,2
	Warna	4601,0	697,5	84,8
40	BOD	16,8	6,1	63,8
	COD	412,9	173,7	57,9
	TSS	6048,0	3157,0	47,8

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Dosis (ml/l) dan Pengulangan ke-	Parameter	Nilai Awal (mg/l)	Nilai Akhir (mg/l)	% Penurunan
	Warna	4601,0	721,1	84,3
60	BOD	16,8	3,3	80,4
	COD	412,9	189,5	54,1
	TSS	6048,0	2070,0	65,8
	Warna	4601,0	1154,6	74,9

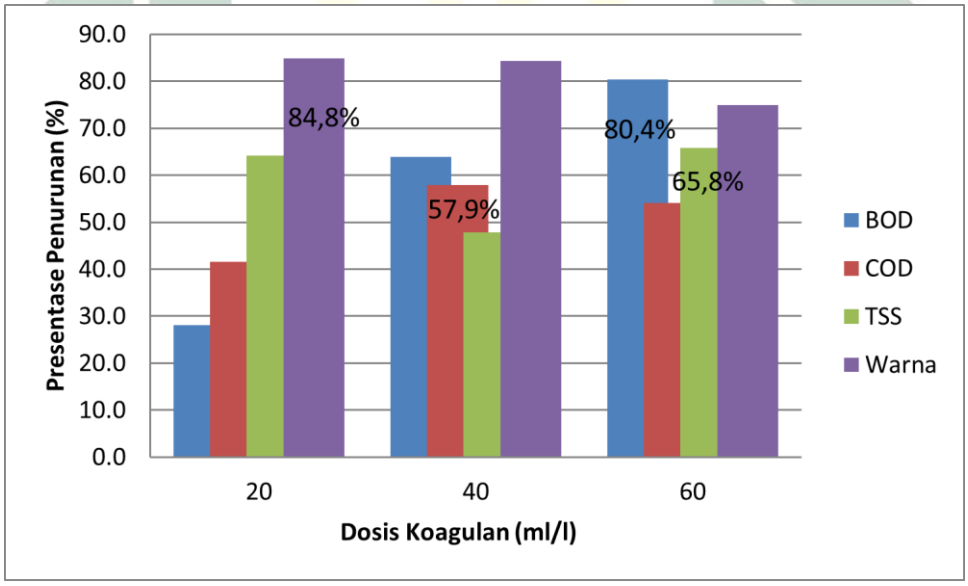
Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

Berdasarkan tabel di atas dan merujuk pada penelitian Mujariah dkk. (2017), penambahan dosis 20 ml/l koagulan lidah buaya mampu menurunkan masing-masing parameter yang diujikan di atas dengan presentase penurunan 28,1% untuk BOD, 41, 6% untuk COD, 64,2% untuk TSS dan 84,8% untuk warna. Pada dosis 40 ml/l koagulan lidah buaya mampu menurunkan masing-masing 63,8% untuk BOD, 57,9% untuk COD, 47,8% untuk TSS dan 84,3% untuk warna. Jika dibandingkan kembali dengan dosis 60 ml/l, presentase penurunan yang dihasilkan jauh lebih besar atau paling tinggi (lebih dari 50%) untuk masing-masing parameter yaitu 80,4% untuk BOD, 54,1% untuk COD, 65,8% untuk TSS sedangkan penurunan warna pada persen terendah yaitu 74,9%. Maka dosis optimum koagulan lidah buaya adalah 60 ml/l.

Namun, melihat kembali hasil penurunan dari masing-masing parameter (Tabel 4. 3, Tabel 4. 4, Tabel 4. 5 dan Tabel 4. 6), untuk parameter COD dan TSS, terjadi peningkatan dan penurunan yang tidak signifikan. Efisiensi *removal* COD pada dosis 20 ml/l berhasil menurunkan 41,6%, lalu pada dosis 40 ml/l juga turun 57,9%, kemudian pada dosis 60 ml/l nilai COD kembali meningkat dengan presentase penurunan 54,1%. Sementara itu, parameter TSS pada dosis 20 ml/l berhasil menurunkan 64,2%, pada dosis 40 ml/l kembali meningkat dengan presentase penurunan 47,8% dan pada dosis 60 ml/l berhasil turun kembali sebanyak 65,8%. Pada parameter BOD, setiap variasi dosis penambahan koagulan lidah buaya berhasil mengalami penurunan dengan presentase tertinggi 80,4% untuk dosis 60 ml/l.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter warna mengalami mengalami penurunan tajam setelah penambahan dosis 20 ml/l dan kembali meningkat (keruh) pada dosis selanjutnya. Dengan ini, masing-masing dosis optimum untuk menurunkan tiap parameter adalah 60 ml/l untuk BOD, 40 ml/l untuk COD, 60 ml/l untuk TSS dan 20 ml/l untuk warna. Semakin banyak jumlah koagulan yang ditambahkan, maka semakin besar penurunan yang terjadi selama proses koagulasi dan flokulasi (Mujariah dkk., 2017). Berdasarkan penelitian Irma dkk. (2016) yang menggunakan lidah buaya sebagai flokulan, juga menjelaskan bahwa lidah buaya mampu menurunkan partikel tersuspensi dan kekeruhan dengan efisiensi yang tinggi dibandingkan penurunan parameter lainnya. Dalam penelitian ini, lidah buaya juga dibuktikan mampu menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan warna sesuai dengan dosis optimum yang dibutuhkan.



Gambar 4. 22 Grafik Penurunan Untuk Dosis Optimum Koagulan Lidah Buaya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.2.6 Dosis Optimum Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dalam Menurunkan BOD, COD, TSS dan Warna Pada Limbah Cair Industri Kopi

Koagulan PAC paling banyak digunakan sebagai koagulan kimia karena pengaplikasiannya yang mudah dan hasil penurunan parameter pencemar yang didapatkan tinggi. Penambahan koagulan PAC dalam bentuk larutan 10% dengan variasi dosis 20 ml/l, 40 ml/l dan 60 ml/l untuk menurunkan BOD, COD, TSS dan warna limbah cair industri kopi melalui proses koagulasi dan flokulasi. Berdasarkan hasil uji parameter di bawah (Tabel 4. 12) dimana menurut penelitian bahwa suatu koagulan dikatakan efektif dalam penyisihan parameter apabila presentase penurunan mencapai lebih dari 50%.

Tabel 4. 12 Rata-Rata Presentase Penurunan BOD, COD, TSS dan Warna Limbah Cair Industri Kopi Setelah Koagulasi-Flokulasi dengan Penambahan Koagulan PAC

Dosis (ml/l) dan Pengulangan ke-	Parameter	Nilai Awal (mg/l)	Nilai Akhir (mg/l)	% Penurunan
20	BOD	16,8	14,3	14,7
	COD	412,9	255,7	38,1
	TSS	6048,0	4769,0	21,1
	Warna	4601,0	454,4	90,1
40	BOD	16,8	14,2	15,6
	COD	412,9	223,3	45,9
	TSS	6048,0	1926,0	68,2
	Warna	4601,0	504,3	89,0
60	BOD	16,8	3,7	78,1
	COD	412,9	190,3	53,9
	TSS	6048,0	4460,0	26,3
	Warna	4601,0	403,3	91,2

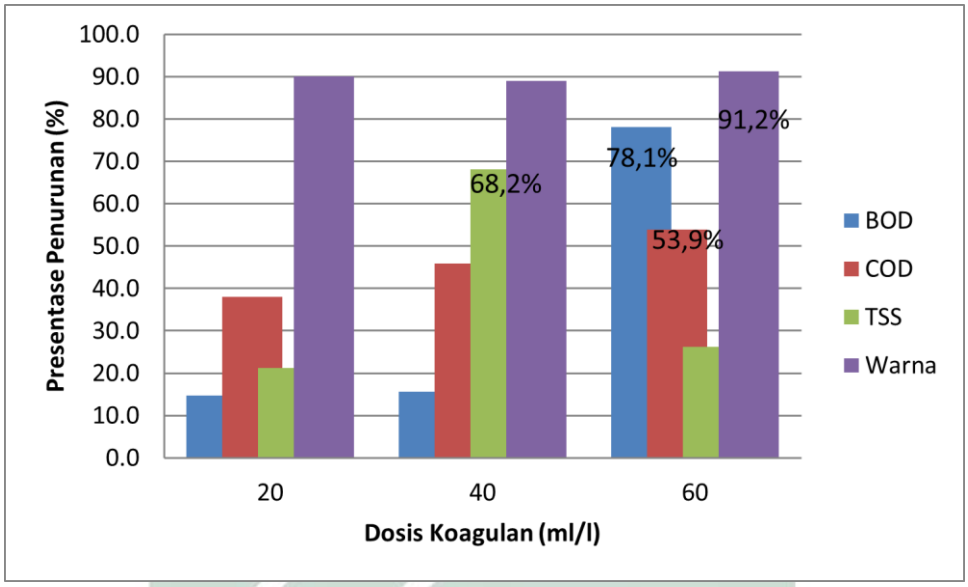
Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan tabel di atas dan merujuk pada penelitian Mujariah dkk. (2017), penambahan dosis 20 ml/l koagulan PAC mampu menurunkan masing-masing parameter yang diujikan di atas dengan presentase penurunan 14,7 % untuk BOD, 38,1% untuk COD, 21,1% untuk TSS dan 90,1% untuk warna. Pada dosis 40 ml/l koagulan lidah buaya mampu menurunkan masing-masing 15,6% untuk BOD, 45,9% untuk COD, 68,2% untuk TSS dan 89% untuk warna, pada dosis ini presentase penurunan cukup tinggi. Jika dibandingkan kembali dengan dosis 60 ml/l, presentase penurunan yang dihasilkan untuk masing-masing parameter yaitu 78,1% untuk BOD, 53,9% untuk COD, 26,3% untuk TSS dan 91,2% untuk warna. Maka dosis optimum koagulan PAC adalah 60 ml/l, meskipun pada parameter TSS tidak melebihi 50%, rata-rata parameter lain telah mencapai hasil penurunan yang maksimum.

Sementara itu, dosis optimum untuk masing-masing parameter pencemar yaitu dimana nilai COD sebenarnya terus menurun pada dosis selanjutnya yaitu 60 ml/l dan berhasil melebihi 50%, maka dosis optimum koagulan PAC dalam menurunkan COD adalah 60 ml/l. Kemudian untuk nilai BOD berdasarkan Tabel 4. 12 berhasil diturunkan hingga dosis 60 ml/l, sehingga dosis optimum koagulan PAC untuk menurunkan BOD adalah 60 ml/l. Nilai TSS pada dosis 20 ml/l dan 40 ml/l berhasil mengalami penurunan,sedangkan pada pemberian dosis 60 ml/l nilai TSS kembali meningkat. Penurunan tertinggi untuk TSS adalah 68,2% pada dosis 40 ml/l. Maka dosis optimum koagulan PAC dalam menurunkan TSS adalah 40 ml/l. Hasil air limbah setelah pemberian koagulan PAC hingga dosis 60 ml/l semakin jernih dan tidak mengalami kekeruhan kembali, sesuai dengan pernyataan (Salsabila dkk., 2018). Dosis optimum untuk menyisihkan warna dari sampel air limbah industri kopi dengan presentase penurunan tertinggi yaitu 91% yaitu pada dosis 60 ml/l.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4. 23 Grafik Penurunan Untuk Dosis Optimum Koagulan PAC

4.2.7 Analisa Kemampuan Koagulan Lidah Buaya dengan PAC dalam Menurunkan Parameter BOD, COD, TSS dan Warna Berdasarkan Uji Statistik

Uji statistik pada penelitian ini sebenarnya menggunakan uji T bebas (*independent T-test*) dengan tujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kemampuan dari kedua koagulan dalam menurunkan parameter BOD, COD, TSS dan warna setelah perlakuan koagulasi-flokulasi. Uji T merupakan uji beda parametrik dengan beberapa syarat yaitu kedua sampel tidak berpasangan dimana yang diuji adalah antara koagulan lidah buaya dengan koagulan PAC. Data yang digunakan merupakan data asli dalam bentuk rasio atau interval sesuai dengan data hasil uji masing-masing parameter. Kemudian data yang digunakan harus berdistribusi normal. Oleh karena itu, dilakukan terlebih dahulu uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Apabila nilai sig. dari uji normalitas < 0,05 maka data tidak normal dan harus menggunakan uji beda Mann-Whitney (non parametrik). Adanya homogenitas data dari kedua sampel bukan merupakan syarat mutlak.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Namun, berdasarkan uji homogenitas (Lavene's Test) yang telah dilakukan diperoleh hasil sig. lebih dari 0,05 untuk masing-masing data uji parameter BOD, COD, TSS dan warna (dapat dilihat di Lampiran 6, Lampiran 7, Lampiran 8 dan Lampiran 9) sehingga data hasil uji tersebut homogen (memiliki varians sama). Kemudian data dilakukan uji normalitas dengan uji Shapiro-Wilk diketahui data hasil uji masing-masing parameter BOD, COD, TSS dan warna tidak berdistribusi normal. Nilai sig. masing-masng BOD, COD, TSS dan warna kurang dari 0,05 untuk pemberian kedua koagulan (dapat dilihat di Lampiran 6, Lampiran 7, Lampiran 8 dan Lampiran 9). Maka, uji statistik untuk mengetahui beda kemampuan dilakukan menggunakan uji Mann-Whitney. Hal ini sesuai dengan penelitian lain dimana bertujuan untuk mengetahui perbedaan dua sampel yang tidak berpasangan, dengan hasil distribusi data tidak normal sehingga menggunakan uji Mann-Whitney (Sari & Pratiwi, 2020). Selain itu, penelitian lain menyarankan dalam mengetahui perbedaan data dari hasil penelitian apabila ditemukan data tidak berdistribusi normal, maka menggunakan uji Mann-Whitney daripada uji T (Rahayu dkk., 2016). Dasar pengambilan keputusan yang dijadikan acuan dalam uji Mann-Whitney adalah:

1. Jika nilai signifikansi Asymp. Sig. (2 *tailed*) lebih kecil dari probabilitas 0,05 maka "H0 ditolak".
2. Namun jika nilai signifikansi Asymp. Sig. (2 *tailed*) lebih besar dari probabilitas 0,05 maka "H0 diterima".

Sementara itu, hipotesis pada penelitian ini adalah:

H0 : tidak terdapat perbedaan kemampuan dari kedua koagulan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.

H1 : terdapat perbedaan kemampuan dari kedua koagulan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan hasil uji Mann-Whitney menggunakan SPSS 16.0 nilai signifikansi untuk BOD adalah 0,385 > 0,05, maka "H0 diterima" menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kemampuan antara koagulan lidah buaya dengan koagulan PAC dalam menurunkan nilai BOD setelah perlakuan (dapat dilihat di Lampiran 6). Nilai BOD (tTabel 4. 3) menunjukkan penurunan untuk masing-masing koagulan dengan presentase penurunan tertinggi dengan pemberian koagulan lidah buaya mencapai 80% dan untuk PAC sedikit lebih rendah yaitu 78%. Dengan ini, koagulan lidah buaya dan PAC, keduanya mampu menurunkan BOD pada limbah cair industri kopi.

Hasil uji Mann-Whitney untuk COD nilai signifikansi adalah 0,363 > 0,05, maka "H0 diterima" juga menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan antara koagulan lidah buaya dengan koagulan PAC dalam menurunkan nilai COD setelah perlakuan (dapat dilihat di Lampiran 7). Penurunan nilai COD setelah pemberian koagulan lidah buaya terus meningkat dengan presentase penurunan mencapai 57%. Sedangkan pemberian koagulan PAC memiliki penurunan yang lebih kecil yaitu 53% namun dengan pemberian dosis yang lebih banyak yaitu 60 ml/l. Kedua koagulan mampu menurunkan nilai COD, namun jika dibandingkan presentase penurunan, koagulan lidah buaya memiliki kesempatan lebih besar dibandingkan PAC. Selain itu, nilai COD dengan pemberian koagulan lidah buaya sudah cukup rendah (di bawah baku mutu) sehingga kedua koagulan dikatakan mampu menurunkan parameter COD pada limbah cair industri kopi.

Kemudian hasil uji Mann-Whitney untuk TSS nilai signifikansinya adalah 0,097 > 0,05, dimana "H0 diterima" menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan antara koagulan lidah buaya dengan koagulan PAC dalam menurunkan nilai TSS setelah perlakuan (dapat dilihat di Lampiran 8). Nilai TSS sampel limbah cair setelah pemberian koagulan lidah buaya mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak stabil.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Namun, hal tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor seperti kurangnya waktu tinggal (pengendapan), kondisi sampel limbah cair dan kondisi selama proses *jar test*. Presentase penurunan tertinggi dengan koagulan lidah buaya adalah 65,8% dengan hasil 2070 mg/l. Sementara dengan koagulan PAC terjadi penurunan hingga 68% dengan hasil rata-rata TSS 1926 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kedua koagulan mampu menurunkan TSS limbah cair industri kopi, meskipun belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Selanjutnya, hasil uji Mann-Whitney untuk warna nilai signifikansinya adalah 0,07 > 0,05, dimana "H0 diterima" menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan antara koagulan lidah buaya dengan koagulan PAC dalam menurunkan nilai Pt.Co warna setelah perlakuan (dapat dilihat di Lampiran 9). Pemberian koagulan lidah buaya dengan dosis yang semakin tinggi, semakin membuat warna sampel kembali keruh (Tabel 4. 6), sehingga dosis optimum untuk koagulan lidah buaya adalah 20 ml/l dengan penyisihan warna sebesar 84,8%. Sementara itu, untuk pemberian koagulan PAC semakin banyak dosis yang diberikan, maka penyisihan warna semakin tinggi, dengan presentase penurunan tertinggi mencapai 91%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua koagulan memiliki presentase penurunan warna yang cukup tinggi meskipun belum memenuhi baku mutu sehingga kedua koagulan dapat dikatakan mampu menurunkan nilai Pt.Co warna dari limbah cair industri kopi.

Koagulan alami seperti lidah buaya yang digunakan dalam penelitian ini, memiliki beberapa keuntungan seperti tingkat biodegradabilitas yang tinggi, toksisitas rendah serta produk lumpur sisa yang rendah (Radzuan & Kassim, 2017). Selain itu, berperan besar dalam penghilangan kekeruhan untuk air limbah. Kekeruhan yang dihilangkan berpengaruh pada nilai TSS seperti dalam hasil uji TSS dengan presentase penurunan mencapai 68%.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Oleh karena itu, lidah buaya sebagai koagulan alami memiliki kesempatan yang sama dengan koagulan PAC untuk menurunkan ataupun menyisihkan parameter pencemar terutama BOD COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian lain Amruta & Munavalli (2017); Gaikwad & Munavalli (2019); Mujariah dkk. (2017); Pranata dkk. (2019); Puspitasari dkk. (2018) yang juga menunjukkan bahwa hasil penurunan parameter pencemar ketika menggunakan lidah buaya cukup tinggi pada limbah cair maupun perbaikan kualitas air lainnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dosis optimum dari koagulan lidah buaya dalam menurunkan BOD yaitu 60 ml/l, COD yaitu 40 ml/l, TSS yaitu 60 ml/l dan warna yaitu 20 ml/l. Sementara itu, dosis optimum dari koagulan PAC dalam menurunkan BOD yaitu 60 ml/l, COD yaitu 60 ml/l, TSS yaitu 40 ml/l dan warna yaitu 60 ml/l. Apabila memperhatikan presentase penurunan masing-masing parameter untuk kedua koagulan yang telah melebihi 50%, maka dosis optimum koagulan lidah buaya dan PAC yaitu 60 ml/l.
2. Kemampuan koagulan lidah buaya dan PAC berdasarkan perhitungan presentase penurunan menunjukkan koagulan lidah buaya memiliki presentase penurunan lebih besar untuk masing-masing parameter BOD, COD, TSS dan warna. Berdasarkan uji statistik Mann-Whitney dengan rata-rata nilai signifikansi > 0,05 untuk masing-masing parameter pencemar yang diujikan, menunjukkan tidak terdapat perbedaan kemampuan antara kedua koagulan dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair industri kopi. Dengan ini, kedua koagulan mampu menurunkan parameter pencemar tersebut dengan dosis optimum yang telah ditentukan sebelumnya.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan *trial and error* untuk menyesuaikan waktu pengadukan *jar test* serta penentuan variasi dosis yang akan digunakan.
2. Penambahan flokulan dianjurkan apabila selama proses *jar test*, terutama ketika flok-flok membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengendap sehingga flokulan mempercepat proses sedimentasi flok.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Alat simulasi *jar test* sebelum digunakan lebih baik dilakukan kalibrasi atau dalam kondisi optimal, sehingga proses pengadukan cepat maupun lambat dapat berlangsung optimal tanpa adanya peningkatan maupun penurunan kecepatan yang tidak diinginkan.
4. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkombinasikan kedua koagulan yaitu lidah buaya dengan PAC sehingga dapat meningkatkan kemampuan koagulan dalam menyisihkan parameter pencemar dalam air limbah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Adinda, C. (2016). Studi Komparasi Proses Fitoremediasi Limbah Cair Pengolahan Kopi di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember. *Universitas Jember*.

Amruta, G., & Munavalli, G. R. (2017). Use of Aloe Vera as Coagulant Aid in Turbidity Removal. *International Journal of Engineering Research and Technology.*, *10*(1), 314–317.

Arifin, S. N. (2016). Pengolahan Limbah Cair dari Industri Kopi dengan Tanaman Eceng Gondok (Eichornia crassipes (Mart.) solms) Menggunakan Sistem Batch dan Sirkulasi. *Universitas Jember*.

As'ad, M. H., & Aji, J. M. M. (2020). Faktor yang Mempengaruhi Preferensi Konsumen Kedai Kopi Modern di Bondowoso. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, *13*(2), 18.

Blinová, L., Sirotiak, M., Bartošová, A., & Soldán, M. (2017). Review: Utilization of Waste From Coffee Production. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, *25*(40), 91–101. https://doi.org/10.1515/rput-2017-0011

Darini, M. T. (2018). Identifikasi Fenotip Jenis-Jenis Tanaman Lidah Buaya (Aloe Sp.) di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Agrinimal*, *6*(1), 6.

Dermawan, A. (2020). *Pemanfaatan Air Laut Sebagai Koagulan Alami dalam Menurunkan pH, Suhu, Total Suspended Solid (TSS) dan Turbiditas pada Limbah Cair Domestik*. 85.

Edowai, D. N., & Tahoba, A. E. (2018). Proses Produksi dan Uji Mutu Bubuk Kopi. *Agriovet*, *1*(1), 18.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Fereja, W. M., Tagesse, W., & Benti, G. (2020). Treatment of Coffee Processing Wastewater Using Moringa *stenopetala* Seed Powder: Removal of Turbidity And Chemical Oxygen Demand. *Cogent Food & Agriculture*, *6*(1), 1816420. https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1816420

Gaikwad, V. T., & Munavalli, G. R. (2019). Turbidity removal by conventional and ballasted coagulation with natural coagulants. *Applied Water Science*, *9*(5), 130. https://doi.org/10.1007/s13201-019-1009-6

Haerun, R., Mallongi, A., & Natsir, M. F. (2018). *Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow dengan penambahan Efektif Mikroorganisme 4. 1*, 11.

Hanifah, H. N. (2019). *Efektivitas Biokoagulan Tepung Tapioka dalam Menurunkan COD, BOD, dan TSS dari Air Limbah Industri Farmasi*. 9.

Husaini, H., Cahyono, S. S., Suganal, S., & Hidayat, K. N. (2018). Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, *14*(1), 31. https://doi.org/10.30556/jtmb.Vol14.No1.2018.387

Ijanu, E. M., Kamaruddin, M. A., & Norashiddin, F. A. (2020). Coffee Processing Wastewater Treatment: A Critical Review on Current Treatment Technologies With A Proposed Alternative. *Applied Water Science*, *10*(1), 11. https://doi.org/10.1007/s13201-019-1091-9

Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, *12*(1), 41. https://doi.org/10.22146/jrekpros.35754

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Irma, N. Y. A. E., Philippe, S., Abdoukarim, A., Alassane, Y. A. K., Pascal, A. C., Daouda, M., & Dominique, S. (2016). Evaluation of Aloe vera leaf gel as a Natural Flocculant: Phytochemical Screening and Turbidity removal Trials of water by Coagulation flocculation. *Research Journal of Recent Sciences*, *5*(1), 9–15.

Kamil, N. S. (2019). Model Adsorpsi Isoterm Arang Aktif Pulp Kopi Pada Penanganan Limbah Cair Kopi. *Universitas Jember*.

Keeley, J., Jarvis, P., Smith, A. D., & Judd, S. J. (2016). Coagulant recovery and reuse for drinking water treatment. *Water Research*, *88*, 502–509. https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.10.038

Kementerian Perindustrian. 2020. Produksi Kopi Menurut Provinsi di Indonesia Tahun 2016-2020.

Maharani, A., & Prambudi, A. R. (2020). *Pengolahan Air Sumur di Daerah Simolawang Menggunakan Metode Koagulasi Dengan Koagulan Aloe vera*. 8.

Mujariah, M., Abram, P. H., & Jura, M. R. (2017). 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. https://doi.org/10.22487/j24775185.2016.v5.i1.7995

Muruganandam, L., Saravana Kumar, M. P., Jena, A., Gulla, S., & Godhwani, B. (2017). Treatment of waste water by coagulation and flocculation using biomaterials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *263*, 032006. https://doi.org/10.1088/1757-899X/263/3/032006

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Murwanto, B. (2018). Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Kesehatan*, *9*(1), 143. https://doi.org/10.26630/jk.v9i1.771

Nisa, N. I. F., & Aminudin, A. (2019). Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Parameter Kualitas Air dengan Metode Jartest. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, *3*(2), 61. https://doi.org/10.30595/jrst.v3i2.4500

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Pillai, J. (1997). Dalam *Flocculants and Coagulants: The Keys to Water and Waste Management in Aggregate Production*. Nalco Company.

Pranata, M. F., A., S., & Raharja, M. (2019). Perbaikan Kualitas Air Menggunakan Gel Lidah Buaya (Aloe vera). *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, *16*(2), 783. https://doi.org/10.31964/jkl.v16i2.165

Puspitasari, D., Setiawan, A., & Dewi, T. U. (2018). Penggunaan Lidah Buaya Sebagai Biokoagulan di Industri Minyak. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*.

Radityaningrum, A. D., & Caroline, J. (2017). *Penurunan BOD5, COD dan TSS pada Limbah Cair Industri Batik dengan Koagulasi PAC pada Proses Koagulasi Flokulasi*. *2017*, 6.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Radzuan, M., & Kassim, H. M. (2017). *Application of Natural Coagulants for Wastewater Treatment*. 15.

Rahayu, K. D., Widiyatmoko, A., & Dewi, N. R. (2016). Efektivitas Model Make A Match Berbasis Guided Inquiry Tema Ekosistem Pada SIkap Ilmiah dan Keterampilan Proses Sains Siswa. *Unnes Science Education Journal*, *5*(2), 13.

Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2016). *Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC*. *5*(2), 7.

Rahmadyanti, E., Wiyono, A., & Aritonang, N. (2020). Combination of Phytocoagulant Moringa oleifera Seeds And Constructed Wetland For Coffee Processing Wastewater Treatment. *Journal of Engineering Science and Technology*, *15*(1), 18.

Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1996). *Unit Operations and Process In Environmental Engineering* (Second). PWS Publishing Company.

Salsabila, U., Joko, T., & Dangiran, H. L. (2018). Perbedaan Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Melalui Pemberian Tawas dan Poly Aluminium Chloride (PAC) Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Penggaron Semarang. *JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT*, *6*, 7.

Sari, R. P., & Pratiwi, A. (2020). Mengkaji Perbedaan Konsumsi Protein Pada Perkotaan dan Perdesaan di Provinsi Aceh. *Biologica Samudra*, *2*(1), 6.

Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). *Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa*. *16*, 8.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Septian, A. F. (2016). Variasi Input Bahan Organik Reaktor Anaerobik Pada Proses Penanganan Limbah Cair Pengolahan Kopi. *Universitas Jember*, 44.

SNI 19-6449-2000 Tentang Metoda Jar Test.

SNI 6989-59-2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.

SNI 6989-72-2009 Tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (*Biochemical Oxygen Demand*/BOD).

SNI 6989-80-2011 Tentang Cara Uji Warna Secara Spektrofotometri.

SNI 6989-3-2019 Tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solids*/TSS) Secara Gravimetri.

Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *WASTEWATER ENGINEERING TREATMENT AND REUSE* (hlm. 1846). Metcalf & Eddy Inc.

Yulianto, R., Prihanto, R. L., & Redjeki, S. (2020). *Penurunan Kandungan COD dan BOD Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Ozonasi*. *1*(1), 7.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id