



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN LINDI SAYURAN RUMAH KOMPOS
KEPUTRAN DENGAN PROSES KOAGULASI-
FLOKULASI-OKSIDASI MENGGUNAKAN ALUM-PAC-
KAPORIT**

**SALSABILA SEPTINA YUNANDA
0321154000105**

**DOSEN PEMBIMBING
Welly Herumurti, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



TUGAS AKHIR - RE 184804

**PENGOLAHAN LINDI SAYURAN RUMAH KOMPOS
KEPUTRAN DENGAN PROSES KOAGULASI-
FLOKULASI-OKSIDASI MENGGUNAKAN ALUM-PAC-
KAPORIT**

**SALSABILA SEPTINA YUNANDA
03211540000105**

**DOSEN PEMBIMBING
Welly Herumurti, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**



FINAL PROJECT - RE 184804

**LEACHATE TREATMENT OF VEGETABLE WASTE ON
COMPOST HOUSE KEPUTRAN BY COAGULATION-
FLOCCULATION-OXIDATION PROCESS USING ALUM-
PAC-CAPORITE**

**SALSABILA SEPTINA YUNANDA
03211540000105**

**SUPERVISOR
Welly Herumurti, S.T., M.Sc.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGOLAHAN LINDI SAYURAN RUMAH KOMPOS KEPUTRAN DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI- OKSIDASI MENGGUNAKAN ALUM-PAC-KAPORIT

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

SALSABILA SEPTINA YUNANDA
NRP. 03211540000105

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Welly Herumurti, S.T., M.Sc.
NIP. 19811223 200604 1 001

SURABAYA
JULI, 2019



PENGOLAHAN LINDI SAYURAN RUMAH KOMPOS KEPUTRAN DENGAN PROSES KOAGULASI-FLOKULASI- OKSIDASI MENGGUNAKAN ALUM-PAC-KAPORIT

Nama Mahasiswa : Salsabila Septina Yunanda
NRP : 03211540000105
Departemen : Teknik Lingkungan FTSLK ITS
Dosen Pembimbing : Welly Herumurti, ST, M.Sc

ABSTRAK

Rumah Kompos Keputran memiliki jumlah timbunan sampah sayuran yang besar yaitu $\pm 22,14 \text{ m}^3/\text{hari}$. Rata-rata komposisi sampah terbesar yaitu jenis sampah sayuran dengan persentase komposisi sampah tiap harinya mencapai 94,65%. Debit lindi sampah sayuran yang dihasilkan yaitu sebesar $3,85 \text{ m}^3/\text{hari}$. Konsentrasi polutan yang terdapat pada lindi sayuran, antara lain: TSS = 11.780 mg/L; COD = 26.700 mg/L; BOD = 16.288 mg/l dan $\text{NH}_3\text{-N} = 2.113,21 \text{ mg/L}$. Lindi yang dihasilkan tidak dilakukan pengolahan melainkan langsung dibuang ke saluran drainase yang terdapat di depan bangunan rumah kompos.

Lindi yang meresap ke dalam tanah berpotensi menyebabkan efek negatif untuk habitat, lingkungan bahkan kesehatan manusia. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini yaitu: menentukan dosis optimum koagulan alum dan polimer PAC pada proses koagulasi dua tahap untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemar lindi; menentukan dosis optimum oksidator kaporit pada proses oksidasi untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemar lindi serta menentukan tingkat penyisihan (%) konsentrasi parameter pencemar lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi.

Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan tahap penentuan dosis optimum optimum alum, PAC dan kaporit. Pada tahap penentuan dosis optimum alum diperoleh dosis optimum alum yaitu 1,5 g/L yang mampu menghasilkan tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar lindi, meliputi: 30,9% PV; 93,1% kekeruhan; 6,3% warna; 60,9% TSS; 87% fosfat; 31,6% amonium; 10,7 TKN dan 16% COD. Sedangkan untuk PAC

diperoleh dosis optimum sebesar 2 gram/L yang mampu menghasilkan tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar lindi, yaitu: 53,3% PV; 16,8% COD; 5,5% TKN dan 99,7% kekeruhan. Proses koagulasi dua tahap dengan dosis alum dan PAC sebesar 1,5 g/L dan 2 g/L mampu menghasilkan tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar lindi, meliputi: 43,0% PV; 97,7% kekeruhan; 62,7% warna; 10,7% COD; 15,7% TKN; 87,1% fosfat; 0,35% amonium dan 98,5% TSS. Volume lumpur dari hasil proses koagulasi dua tahap ini yaitu mencapai 203 mL, sehingga cukup efisien dalam mengolah lindi sayuran. Pada proses oksidasi menggunakan dosis optimum kaporit sebanyak 30 g/L dan mampu menghasilkan tingkat efisiensi, antara lain: 19,4% COD; 56% kekeruhan; 11,1% warna; 75,5% PV; 17,3% amonium dan 17,3% fosfat. Proses koagulasi-flokulasi-oksidasi mampu menurunkan konsentrasi pencemar lindi, meliputi: 43,2% COD; 86,4% kekeruhan; 82% warna; 84% PV; 17,6% amonium; 89,4% fosfat dan 21,7% TSS.

Kata Kunci: Koagulan Alum, Koagulasi-Flokulasi dan Oksidasi, Polimer PAC, Oksidator Kaporit

LEACHATE TREATMENT OF VEGETABLE WASTE ON COMPOST HOUSE KEPUTRAN BY COAGULATION- FLOCCULATION-OXIDATION PROCESS USING ALUM-PAC - CAPORITE

Name : Salsabila Septina Yunanda
NRP : 03211540000105
Department : Teknik Lingkungan FTSLK ITS
Supervisor : Welly Herumurti, ST, M.Sc

ABSTRACT

Keputran Compost House has a large amount of vegetable waste generation which is $\pm 22,14 \text{ m}^3/\text{day}$. The average composition of the largest waste is the type of vegetable waste with the percentage composition of waste each day reaching 94,65%. Leachate produced from vegetable waste is equal to $3.85 \text{ m}^3/\text{day}$. The concentration of pollutants found in vegetable leachate, among others: TSS = 11.780 mg/L; COD = 26.700 mg/L; BOD = 16.288 mg/L and $\text{NH}_3\text{-N}$ = 2.113,21 mg/L. Leachate produced is not processed but is immediately disposed of into the drainage canal in front of the compost house.

Leachate which seeps into the soil has the potential to cause negative effects for habitat, environment and even human health. Therefore the purpose of this study is to determine the optimum coagulant dose of PAC alum and polymer in the two-stage coagulation process to reduce the concentration of leachate pollutant parameters; determine the optimum dose of caporite oxidizer in the oxidation process to reduce the concentration of leachate pollutant parameters and determine the level of removal (%) concentration of leachate pollutant parameters by the coagulation-flocculation-oxidation process.

In this study, a preliminary stage was conducted in advance to determine the optimum dose of alum, PAC and caporite. In the optimum dosage determination of alum, which was 1.5 g/L which was able to produce a level of removal (%) of leachate pollutant concentration, including: 30,9% PV; 93,1% turbidity;

6,3% color; 60,9% TSS; 87% phosphate; 31,6% ammonium; 10,7 TKN dan 16% COD. As for PAC, the optimum dose of 2 g/L was obtained which was able to produce a level of removal (%) of leachate pollutant concentration, namely: 53,3% PV; 16,8% COD; 5,5% TKN and 99,7% turbidity. The two-stage coagulation process with a dose of alum and PAC of 1,5 g/L and 2 g/L was able to produce a removal rate (%) of leachate pollutant concentration, including: 43,0% PV; 97,7% turbidity; 62,7% color; 10,7% COD; 15,7% TKN; 87,1% phosphate; 0,35% ammonium and 98,5% TSS. The volume of sludge from the results of this two-stage coagulation-flocculation process is 203 mL, so it is quite efficient in processing vegetable leachate. The oxidation process produces an optimum dose of 30 g/L caporite and is able to produce efficiency levels, including: 19,4% COD; 56% turbidity; 11,1% color; 75,5% PV; 17,3% ammonium and 17,3% phosphate. The coagulation-flocculation-oxidation process can reduce some pollutant concentration of leachate, including: 43,2% COD; 86,4% turbidity; 82% color; 84% PV; 17,6% ammonium; 89,4% phosphate and 21,7% TSS.

Keywords: Alum Coagulant, Flocculation and Oxidation Coagulation, PAC Polymer, Caporite Oxidizer

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena berkat limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Dengan selesainya laporan ini, tidak lupa penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan laporan ini, antara lain:

1. Bapak Welly Herumurti, ST.,M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan tugas ini.
2. Ibu Dr.Ir.Ellina Pandebesie, MT, Ibu Harmin Sulistyoning Titah, ST.,MT.,Ph.D, Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST.,MT.,Ph.D selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyelesaikan tugas ini.
3. Laboran Teknik Lingkungan yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas ini.
4. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2015 yang selalu menemani dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas ini.
5. Sahabat-sahabat penulis, Pingky, Ica, Fathyah, Billal, Perwit dan Iqoh yang saling memberikan dukungan dalam menyelesaikan tugas ini.

Terimakasih banyak teruntuk orangtua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan dalam setiap proses pengerjaan tugas ini.

Dalam penyusunan laporan ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan agar nantinya dapat disusun menjadi lebih baik. Semoga laporan yang penulis susun ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Penulis

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian dan Karakteristik Lindi.....	5
2.2 Proses Koagulasi-Flokulasi.....	6
2.2.1 Faktor yang Mempengaruh Koagulasi-Flokulasi.....	8
2.2.2 Pengadukan Menggunakan <i>Jartest</i>	10
2.3 Koagulasi Dua Tahap	11
2.4 Koagulan Alum.....	13
2.5 Polimer <i>Poly Aluminium Chloride</i> (PAC)	15
2.6 Proses Oksidasi	17
2.7 Analisis Statistik ANOVA <i>One-Way</i>	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Kerangka Penelitian.....	21

3.2	Ide Penelitian	24
3.3	Studi Literatur	24
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	27
3.4.1	Alat Penelitian.....	33
3.4.2	Bahan Penelitian.....	33
3.5	Penentuan Variabel dan Parameter Penelitian.....	27
3.6	Pengambilan Sampel.....	29
3.7	Penelitian Pendahuluan	31
3.7.1	Penyaringan Sampel Lindi	31
3.7.2	Pengaturan pH Sampel Lindi	31
3.8	Penelitian Utama.....	32
3.8.1	Penentuan Dosis Optimum Alum	33
3.8.2	Penentuan Dosis Optimum PAC	34
3.8.3	Penentuan Dosis Optimum Kaporit	35
3.8.4	Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi	36
3.9	Analisis dan Pembahasan	38
3.10	Kesimpulan dan Saran.....	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Uji Karakteristik Awal	41
4.2	Penelitian Pendahuluan	41
4.2.1	Penyaringan dan Pengaturan pH Lindi.....	42
4.3	Penelitian Utama.....	45
4.3.1	Penentuan Dosis Optimum Alum	45
4.3.2	Penentuan Dosis Optimum PAC	56
4.3.3	Penentuan Dosis Optimum Kaporit	64
4.3.4	Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi	75
4.4	Produksi Lumpur.....	79

4.5 Hasil Analisis Statistik ANOVA <i>One-Way</i>	81
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	89
5.1 Kesimpulan.....	89
5.2 Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN A.....	99
LAMPIRAN B.....	111
LAMPIRAN C.....	127
BIOGRAFI PENULIS.....	131

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Proses Pengumpulan Partikel	7
Gambar 2.1 Tingkat Kelarutan Koagulan Alum	14
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Ampas Sayuran	30
Gambar 3.3 Lindi Sayuran	30
Gambar 3.4 Truk Kompaktor	30
Gambar 3.5 Outlet Lindi	30
Gambar 3.6 Penyaringan Partikel Besar.....	31
Gambar 3.7 Penyaringan Partikel Kecil	31
Gambar 3.8 Skema Koagulasi Satu Tahap.....	32
Gambar 3.9 Skema Penelitian Utama	33
Gambar 3.10 Penentuan Dosis Optimum Alum	34
Gambar 3.11 Penentuan Dosis Optimum PAC.....	35
Gambar 3.12 Penentuan Dosis Optimum Kaporit	36
Gambar 3.13 Pengadukan Menggunakan <i>Jartest</i>	37
Gambar 3.14 Pengadukan Menggunakan <i>Magnetic Stirrer</i>	37
Gambar 4.1 Penambahan Kapur untuk Pengaturan pH.....	42
Gambar 4.2 Penentuan Waktu Pengendapan Kapur	43
Gambar 4.3 Hubungan pH dengan Kekeruhan.....	44
Gambar 4.4 Sampel Hasil Penambahan Alum.....	46
Gambar 4.5 Hubungan Dosis Alum dengan PV.....	46
Gambar 4.6 Hubungan Dosis Alum dengan Kekeruhan.....	47
Gambar 4.7 Hubungan Dosis Alum dengan pH	49
Gambar 4.8 Hubungan Dosis Alum dengan Warna	50
Gambar 4.9 Hubungan Dosis Alum dengan TSS.....	51
Gambar 4.10 Hubungan Dosis Alum dengan Fosfat	52
Gambar 4.11 Hubungan Dosis Alum dengan Amonium	53
Gambar 4.12 Hubungan Dosis Alum dengan COD.....	54
Gambar 4.13 Perbandingan Tingkat Penyisihan (%) Alum.....	56
Gambar 4.14 Sampel Hasil Penambahan PAC.....	57

Gambar 4.15 Hubungan Dosis PAC dengan PV	58
Gambar 4.16 Hubungan Dosis PAC dengan COD	59
Gambar 4.17 Hubungan Dosis PAC dengan Kekeruhan	60
Gambar 4.18 Karakteristik pH Setelah Ditambah PAC	61
Gambar 4.19 Perbandingan Tingkat Penyisihan (%) PAC	63
Gambar 4.20 Sampel Hasil Penambahan Kaporit	65
Gambar 4.21 Hubungan Dosis Kaporit dengan pH	65
Gambar 4.22 Hubungan Dosis Kaporit dengan Lumpur	66
Gambar 4.23 Hubungan Dosis Kaporit dengan Kekeruhan	67
Gambar 4.24 Hubungan Dosis Kaporit dengan Warna	68
Gambar 4.25 Hubungan Dosis Kaporit dengan PV	69
Gambar 4.26 Hubungan Dosis Kaporit dengan TSS	70
Gambar 4.27 Hubungan Dosis Kaporit dengan COD	72
Gambar 4.28 Hubungan Dosis Kaporit dengan Amonium	73
Gambar 4.29 Hubungan Dosis Kaporit dengan Fosfat	74
Gambar 4.30 Perbandingan Tingkat Penyisihan (%) Kaporit	75
Gambar 4.31 Analisis ANOVA <i>One-Way</i> pada Minitab 17	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Lindi Rumah Kompos Keputran	5
Tabel 2. 2 Baku Mutu Lindi.....	6
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu Koagulasi Dua Tahap	12
Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu Penggunaan Koagulan Alum...	14
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu Penggunaan Polimer PAC	17
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu Penggunaan Kaporit	17
Tabel 3 1 Metode Analisis Tiap Parameter	28
Tabel 3 2 Rancangan Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi	38
Tabel 4.1 Karakteristik Awal Lindi.....	41
Tabel 4.2 Hasil Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi.....	78
Tabel 4.3 Analisis Statistik Penurunan Warna	82
Tabel 4.4 Analisis Statistik Penurunan COD.....	83
Tabel 4.5 Analisis Statistik Penurunan Fosfat.....	84
Tabel 4.6 Analisis Statistik Penurunan Amonium.....	84
Tabel 4.7 Analisis Statistik Penurunan PV	85
Tabel 4.8 Analisis Statistik Penurunan Kekeruhan.....	86
Tabel 4.9 Analisis Statistik Penurunan TSS.....	87

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Kompos Keputran merupakan pusat pengomposan sampah yang diproduksi dari aktivitas pasar di daerah Keputran Utara Surabaya. Rumah Kompos Keputran memiliki jumlah timbunan sampah sayuran sebesar $\pm 22,14 \text{ m}^3/\text{hari}$. Rata-rata komposisi sampah terbesar yaitu jenis sampah sayuran dengan persentase komposisi sampah tiap harinya mencapai 94,65% (DKRTH Surabaya, 2018). Pengolahan lindi sayuran pada Rumah Kompos Keputran masih belum tersedia, sehingga lindi yang dihasilkan melalui proses pencacahan sayur langsung dibuang ke saluran drainase yang terdapat di depan bangunan rumah kompos.

Proses pencacahan sayur yang terdapat pada Rumah Kompos Keputran berpotensi menghasilkan lindi dalam jumlah besar. Debit lindi sampah sayuran yang dihasilkan yaitu sebesar $3,85 \text{ m}^3/\text{hari}$. Konsentrasi tiap parameter yang terdapat pada lindi sayuran sangatlah tinggi, antara lain: TSS = 11.780 mg/L; COD = 26.700 mg/L; BOD = 16.288 mg/l dan $\text{NH}_3\text{-N} = 2.113,21 \text{ mg/L}$ (DKRTH Surabaya, 2018). Kadar nitrogen dan zat organik pada lindi semakin meningkat seiring bertambahnya usia lindi. Hal ini mengakibatkan lindi semakin sulit diolah karena komposisinya yang terlalu kompleks (Zhang *et al.*, 2017). Faktor lain yang juga mempengaruhi konsentrasi lindi adalah variasi cuaca, jenis sampah dan komposisi sampah (Li *et al.*, 2010). Lindi yang meresap ke dalam tanah dan bercampur dengan air tanah akan berpotensi menimbulkan pencemaran air tanah dan juga air permukaan (Rezagama *et al.*, 2016). Lindi yang tidak terkontrol dapat mencemari air tanah melalui perkolasi tanah (Han *et al.*, 2014). Kontaminasi lindi berpotensi menyebabkan efek negatif untuk habitat, lingkungan dan kesehatan manusia (Brennan *et al.*, 2017).

Salah satu cara mengolah lindi yaitu dengan fisik-kimia yang berupa proses koagulasi-flokulasi (Xian Liu, 2012). Proses koagulasi-flokulasi merupakan proses pengolahan lindi secara

fisika-kimia yang relatif sederhana dan efisien dalam menurunkan konsentrasi polutan yang terkandung dalam lindi. Parameter lindi yang terdiri dari: TSS, *turbidity* dan COD dengan menggunakan koagulan alum pada dosis 600 mg/L memiliki tingkat penyisihan masing-masing, yaitu: 87%; 95% dan 53%, sedangkan pada polimer PAC dengan dosis 500 mg/L, yaitu: 93%; 99% dan 56% (W. Li, Hua, *et al.*, 2010). Penelitian ini menggunakan proses koagulasi dua tahap, proses flokulasi dan dilanjutkan dengan proses oksidasi. Koagulasi dua tahap mampu memperbesar ukuran flok dan membuat strukturnya lebih padat setelah penambahan dosis kedua. Oleh karena itu tingkat penurunan konsentrasi kekeruhan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan koagulasi satu tahap (Zhao *et al.*, 2013). Proses oksidasi menggunakan kaporit dapat menurunkan konsentrasi organik khususnya amoniak yang terkandung pada limbah melalui pengolahan secara kimiawi (Ulliaji, 2016). Penambahan oksidator kuat menggunakan kaporit akan dapat mengoksidasi senyawa organik kompleks sehingga mampu menurunkan drastis kadar COD yang berakibat pada naiknya rasio BOD/COD (Mulyani, 2012).

Variasi dosis koagulan, polimer dan oksidator yang digunakan merupakan faktor yang berpengaruh pada pengolahan fisik-kimia pada lindi sayuran. Penelitian ini menggunakan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi dengan variasi dosis koagulan alum, polimer PAC dan kaporit. Parameter yang diolah pada penelitian ini, meliputi: kekeruhan (*turbidity*), PV, warna, TSS, COD, pH, BOD₅, fosfat, NH₄-N (Amonium) dan TKN. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengelola Rumah Kompos Keputran sebagai alternatif untuk penggunaan teknologi pengolahan lindi melalui pengolahan fisik-kimia berupa proses koagulasi-flokulasi-oksidasi. Proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang dilakukan diharapkan dapat menurunkan konsentrasi parameter pencemar lindi sebelum dibuang ke perairan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Berapa besar tingkat kemampuan dosis optimum koagulan alum dan polimer PAC pada proses koagulasi dua tahap untuk menurunkan konsentrasi pencemar lindi?
2. Berapa besar tingkat kemampuan dosis optimum kaporit pada proses oksidasi untuk menurunkan konsentrasi pencemar lindi?
3. Berapa besar tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan tingkat kemampuan dosis optimum koagulan alum dan polimer PAC pada proses koagulasi dua tahap untuk menurunkan konsentrasi pencemar lindi.
2. Menentukan tingkat kemampuan dosis optimum kaporit pada proses oksidasi untuk menurunkan konsentrasi pencemar lindi.
3. Menentukan tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Sampel lindi sayuran yang digunakan sebagai sampel berasal dari Rumah Kompos Keputran Surabaya.
2. Parameter pencemar lindi sayuran terdiri dari: kekeruhan (*turbidity*), PV, warna, TSS, COD, pH, BOD₅, fosfat dan NH₄-N (Amonium), TKN.
3. Data yang digunakan berupa data primer yang berasal dari analisis laboratorium dan wawancara sedangkan data sekunder berupa dokumen yang didapatkan dari DKRTH Kota Surabaya.
4. Penelitian ini menggunakan pengolahan fisik-kimia dengan metode proses koagulasi-flokulasi dan oksidasi.
5. Variasi yang dilakukan, yaitu: dosis koagulan alum, polimer PAC dan kaporit.
6. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan bertempat di Laboratorium Teknologi Pengolahan Air Teknik Lingkungan ITS Surabaya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai tingkat efektivitas proses koagulasi-flokulasi dan oksidasi untuk menurunkan konsentrasi polutan yang terkandung dalam lindi sayuran.
2. Memberikan solusi berupa alternatif dalam mengolah lindi sayuran menggunakan pengolahan fisik-kimia dengan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi.
3. Sebagai bahan evaluasi pengelola Rumah Kompos Keputran Surabaya dalam mengolah lindi sayuran yang ramah lingkungan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian dan Karakteristik Lindi

Lindi adalah cairan residu yang dihasilkan dari berbagai macam proses kimia, fisika dan biologis yang terjadi pada sampah di TPA. Lindi timbul karena adanya air yang meresap (mengalami perkolasi) melalui lapisan-lapisan sampah yang ada di TPA (Zhong *et al.*, 2017). Komponen utama lindi adalah zat organik dan amonium-nitrogen, sedangkan sisanya terdiri atas logam berat, garam anorganik, dan zat organik teroksidasi lain.

Bahan pencemar yang terkandung di dalam lindi dapat menyebabkan gangguan kesehatan manusia serta mencemari lingkungan (tanah, air permukaan atau air tanah). Pengaruh lindi mengakibatkan perubahan warna, peningkatan kekeruhan dan penurunan kualitas air lainnya (H. Li *et al.*, 2010). Kualitas lindi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: Komposisi material sampah padat, musim, suhu dan kelembapan, teknis operasional pengelolaan lindi serta umur timbunan sampah di TPA (Riansyah dan Wesen, 2012).

Pada penelitian ini sampel lindi yang digunakan merupakan lindi yang berasal Rumah Kompos Keputran Surabaya. Berdasarkan data sampling dari Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau Surabaya, karakteristik lindi Rumah Kompos Keputran dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Karakteristik Lindi Rumah Kompos Keputran

Parameter	Satuan	Lindi Rumah Kompos Keputran
pH	-	6,2
TSS	(mg/L)	11780
COD	(mg/L)	26700
BOD ₅	(mg/L)	16288
Total N	(mg/L)	2517,71
NH ₃ -N	(mg/L)	2113,21

Parameter	Satuan	Lindi Rumah Kompos Keputran
NO ₃ -N	(mg/L)	9,76
PO ₄ -P	(mg/L)	786,44

Sumber: DKRTH Surabaya, 2018

Baku mutu kualitas lindi yang yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. Berdasarkan Tabel 2.1, menunjukkan kualitas lindi Rumah Kompos Keputran masih belum memenuhi baku mutu, sehingga perlu dilakukan pengolahan lindi lebih lanjut. Berikut ini Tabel 2.2 yang berisi baku mutu lindi.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Lindi

Parameter	Kadar Paling Tinggi	
	Nilai	Satuan
pH	6-9	-
BOD	150	mg/L
COD	300	mg/L
TSS	100	mg/L
N Total	60	mg/L
Merkuri	0,005	mg/L
Kadmium	0,1	mg/L

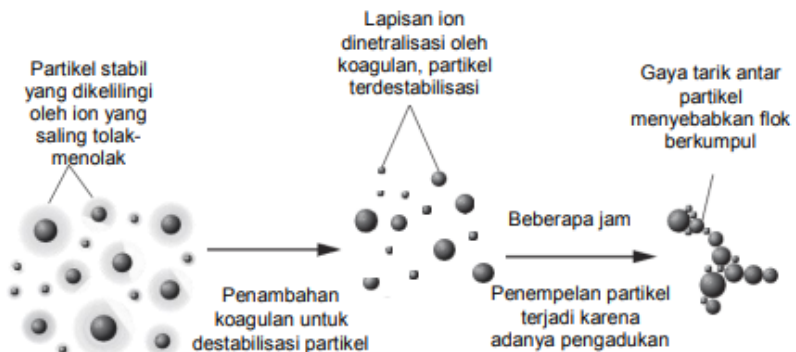
Sumber : (KLHK, 2016)

2.2 Proses Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-flokulasi merupakan teknik dan proses pengolahan lindi yang relatif sederhana yang secara luas digunakan dalam *pre-treatment* (Liu *et al.*, 2011). Kedua proses ini merupakan tahap yang diperlukan dalam mengurangi konsentrasi TSS, senyawa organik dan tingkat warna untuk meningkatkan efisiensi dari proses pengolahan ini (Amor *et al.*, 2015). Proses koagulasi merupakan proses penambahan koagulan yang dapat mempengaruhi senyawa tersuspensi, koloid dan terlarut untuk membentuk kondisi yang akan menyisihkan partikulat dan

senyawa terlarut dari larutan (Metcalf, 2005). Proses koagulasi melibatkan proses destabilisasi terhadap endapan koloid dan dapat membantu partikel-partikel dalam meningkatkan kemampuan agregasi atau pengumpulan partikel (Smaoui *et al.*, 2015). Partikel-partikel yang terdestabilisasi tersebut disebabkan karena adanya penambahan bahan kimia koagulan (Li *et al.*, 2010). Proses destabilisasi sendiri yaitu proses menghilangkan muatan pada permukaan partikel sehingga proses flokulasi dapat terjadi (Metcalf, 2005).

Partikel tersuspensi sangat sulit mengendap langsung secara alami, hal ini karena adanya stabilitas suspensi koloid. Pada proses koagulasi terdapat gaya *vanderwalls* dimana terjadi tarik-menarik antar muatan ion ketika ditambahkan koagulan. Proses tersebut dapat mengurangi kestabilan koloid sehingga koloid yang bermuatan negatif dan positif dapat bergabung dan membentuk inti flok. Flok tersebut perlahan-lahan berkumpul dan menjadi besar sehingga lebih mudah untuk tersisihkan dari air (Masduqi, 2012). Flok tersebut terbentuk pada proses flokulasi dimana terjadi pengumpulan partikel terdestabilisasi (partikel dari muatan elektrik) dan terjadi proses presipitasi dengan membentuk flok yang lebih besar. Flok tersebut dapat disisihkan secara gravitasi yaitu dengan melakukan proses sedimentasi atau pengendapan (Metcalf, 2005). Berikut Gambar 2.1 yaitu ilustrasi proses pengumpulan partikel.



Gambar 2.1 Ilustrasi Proses Pengumpulan Partikel

Sumber: Metcalf, 2005

Proses koagulasi-flokulasi telah berhasil digunakan dalam pengolahan lindi yang distabilkan dalam segi operasi dan implementasi yang sederhana (Wang *et al.*, 2009). Koagulasi - flokulasi dapat menyisihkan bahan organik dan polutan lainnya yang terkandung dalam lindi TPA, namun terkadang penyisihan COD sedang dan produksi lumpur disebut sebagai *draw-backs* (Li *et al.*, 2010). Koagulasi-flokulasi dapat menyisihkan padatan tersuspensi sekitar 87% (Li *et al.*, 2010) dan 100% warna lindi (Tatsi *et al.*, 2003).

2.2.1 Faktor yang Mempengaruhi Koagulasi-Flokulasi

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi, antara lain:

1. pH

Perubahan nilai pH akibat penambahan koagulan berpengaruh positif terhadap tingkat penyisihan, namun menghasilkan yaitu buih yang cukup banyak. Penelitian lain menunjukkan proses optimum Al_2SO_4 untuk lindi berada pada pH 6 dengan penyisihan COD sebesar 68%. Penambahan pH mengakibatkan produk garam alumunium terhidrolisis bergeser dari spesies bermuatan lebih positif ke muatan positif yang lebih rendah (Luan *et al.*, 1997). Dosis Optimal dari $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sebesar 100 mg/L (setara 9 mg/L alumunium) pada rentang pH 7,5 -8,5 dapat menurunkan kekeruhan dan TOC mencapai 10% and 65%, secara langsung (Mariam dan Nghiem, 2010).

2. Dosis Koagulan dan Polimer

Semakin besar dosis koagulan alumunium sulfat yang dibubuhkan, maka parameter pH, BOD, COD dan warna akan mengalami penurunan. Semakin banyak koagulan yang ditambahkan mengakibatkan pembentukan flok yang semakin cepat, namun produksi buih semakin meningkat. Buih ini sangat mengganggu proses koagulasi dimana pada jumlah yang berlebihan buih akan meluap dari *beakerglass*. Selain itu, nampak terbentuk mikroflok yang perlahan berubah menjadi makroflok dan saat pengadukan dihentikan, flok yang terbentuk perlahan mengendap karena adanya gaya gravitasi. Setelah mengendap, buih yang terbentuk mulai berkurang

dan lindi bagian atas mulai berubah menjadi jernih (Rezagama *et al.*, 2016).

3. Kecepatan dan Waktu Pengadukan

Kecepatan pengadukan sangat berhubungan dengan proses pencampuran koagulan ke dalam air, proses destabilisasi partikel dan penggabungan presipitat yang terbentuk menjadi flok-flok. Waktu pengadukan juga sangat berpengaruh karena berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan presipitat untuk saling bertumbukan satu sama lain, sehingga cukup untuk membentuk flok dengan kualitas terbaik (Rosariawari, 2013).

4. Kualitas Air

Kebutuhan koagulan tergantung pada kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi menyebabkan proses koagulasi menjadi lebih efektif, tetapi penambahan koagulan tidak selalu berkorelasi linier terhadap kekeruhan. Demikian juga dengan penurunan warna < 5 mg PtCo/L sangat sulit dilakukan dengan proses koagulasi karena membutuhkan dosis yang tinggi, tetapi penurunan warna sampai \pm 15 mg PtCo/L lebih mudah dilakukan (Rosariawari, 2013).

5. Kuantitas dan Karakteristik Air

Ukuran partikel yang tidak seragam jauh lebih mudah untuk diproses secara koagulasi. Hal ini karena pusat aktif lebih mudah terbentuk pada partikel kecil, sedangkan partikel yang besar mempercepat terjadinya pengendapan. Kombinasi dari kedua jenis partikel ini menyebabkan semakin mudahnya proses koagulasi (Rosariawari, 2013).

6. Temperatur

Temperatur yang rendah memberikan efek yang merugikan terhadap efisiensi semua proses pengolahan. Waktu kontak dalam fasilitas koagulasi-flokulasi sebaiknya diatur. Semakin rendah temperatur membutuhkan waktu kontak semakin lama karena mempengaruhi pembentukan flok-flok supaya cepat mengendap di bak pengendap (Al-layla, 1998).

2.2.2 Pengadukan Menggunakan *Jartest*

Alat *jartest* digunakan untuk menentukan dosis koagulan, kisaran pH efektif dan untuk mengembangkan penggunaan polimer dalam hal tipe dan dosisnya (Hendricks, 2006). Alat *jartest* dilakukan dengan menggunakan rangkaian *glassware* paling sedikit 1 L yang memiliki ukuran dan bentuk yang sama. Secara normal digunakan 6 *jar* dengan alat pengaduk yang diaduk secara bersamaan dengan *power input* yang sama dan salah satu *jar* digunakan sebagai variabel kontrol (AWWA, 1990). Secara normal rangkaian *jar tes* adalah 3 menit pengadukan cepat pada 200 rpm, 15-20 menit pengadukan lambat untuk flokulasi dan diikuti dengan 30 menit pengendapan. Alat *jartest* dapat juga digunakan dalam berbagai penelitian yang melibatkan penilaian pengaruh dari beberapa perbedaan variabel dalam koagulasi, seperti dosis koagulan primer, polimer dan dosis koagulan aid, bersama dengan pH, alkalinitas, temperatur, dan variabel lainnya. Alat *jartest* standar tidak bekerja pada air dengan kekeruhan rendah, yaitu $<0,5$ NTU dan alkalinitas rendah, yaitu <50 mg/L CaCO_3 (Hendricks, 2006).

Proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan *jartest* merupakan pengadukan mekanis yang berupa *paddle* (pedal) dengan kecepatan putaran 20-150 rpm. Diameter *paddle* yaitu 50-80% dari lebar bak. Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pengadukan cepat bertujuan untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Sedangkan pada pengadukan lambat bertujuan untuk menghasilkan gerakana air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel berubah menjadi stabil dan terurai menjadi partikel bermuatan negatif dan positif yang saling berikatan. Pengikatan muatan ion negatif dari koagulan dan ion positif dari larutan tersebut menyebabkan pembentukan inti flok. Pengadukan lambat mengakibatkan adanya tumbukan antar flok, sehingga flok kecil dapat bergabung dan menjadi flok yang berukuran lebih besar (Masduqi, 2012).

2.3 Proses Koagulasi Dua Tahap

Proses koagulasi dua tahap bertujuan untuk memberikan kondisi pH yang optimum pada penyisihan material organik pada tahap pertama dan partikel lain pada tahap kedua (Hendricks, 2006). Selain itu, pemberian dosis koagulan dua tahap menghasilkan peningkatan zeta potensial daripada pemberian dosis satu tahap (Zhao *et al.*, 2013). Hal tersebut mengindikasikan bahwa penambahan koagulan menyebabkan perubahan muatan netralisasi yang signifikan pada proses re-koagulasi flok yang rusak (Xu *et al.*, 2012). Zeta potensial merupakan gaya tolak menolak antar koloid yang mempunyai muatan sama yang menyebabkan senyawa koloid berubah menjadi stabil. Keadaan stabil tersebut terjaga oleh adanya gaya elektrostatik yang sebagian besar koloid mempunyai muatan listrik (Masduqi, 2012).

Penyisihan partikel setelah *breakage* memiliki efek yang lebih baik dibandingkan sebelum *breakage*. Flok yang terbentuk dari netralisasi muatan berstruktur lebih padat dan pemodelan pengikisan permukaan oleh proses *breakage* akan terjadi. Flok yang telah rusak tersebut akan terkoagulasi dengan partikel yang tersisa. Sedangkan ketika *sweep flocculation* mendominasi proses koagulasi, hampir seluruh partikel akan terperangkap muatan positif dan hanya sebagian kecil partikel yang terperangkap muatan positif dan sisa muatan negative. Flok yang berstruktur bebas dan bercabang yang terbentuk dari mekanisme *sweep coagulation* menunjukkan potongan atau fragmen yang luas pada pemodelan *breakage*. Flok rusak yang mengandung muatan positif akan menghasilkan gaya tolak antar partikel dan mengurangi efisiensi tumbukan. Proses *breakage* dan *re-growth* pada flok merupakan cara yang efektif untuk mengurangi dosis koagulan (Yu *et al.*, 2009).

Pada koagulasi 2 tahap ini, ukuran flok akan bertambah besar dan berstruktur lebih padat setelah penambahan dosis kedua. Hal inilah yang menyebabkan penyisihan kekeruhannya memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan koagulasi 1 tahap. Nilai pH pada effluen akan lebih tinggi pada koagulasi dengan dosis 2 tahap dibandingkan dengan 1 tahap (Zhao *et al.*, 2013). Dosis kedua menjadikan struktur flok menjadi lebih padat yang

diakibatkan oleh penyusunan kembali partikel dengan perubahan muatan permukaannya. Sehingga dimensi flok tidak hanya mengenai struktur floknya namun juga karakteristik kimia dari permukaan flok (Zhao *et al.*, 2011). Penambahan dosis koagulan 2 tahap mengurangi residu Al pada effluen jika dibandingkan dengan penambahan dosis 1 tahap dengan konsentrasi total koagulan yang sama. Hal tersebut menandakan bahwa koagulan dapat sepenuhnya bereaksi dengan kontaminan (Xu *et al.*, 2012).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zhao *et al.* (2011), koagulasi 2 tahap penambahan dosis koagulan dilakukan dengan pengadukan cepat selama 1 menit pada kecepatan 200 rpm, setelah itu dilakukan pengadukan lambat 40 rpm selama 10 menit, pengadukan cepat kembali (*breakage period*) 200 rpm selama 10 menit, pengadukan lambat 40 rpm selama 20 menit. Koagulan dosis kedua dilakukan pada 10 detik sebelum *breakage period* berakhir. Menurut Zhao *et al.* (2013), penambahan koagulan dosis kedua saat mendekati waktu *breakage period* berakhir akan menghasilkan kualitas effluen yang lebih baik. Berikut ini Tabel 2.3 yang berisi penelitian pendahuluan dengan menggunakan proses koagulasi dua tahap.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu Koagulasi Dua Tahap

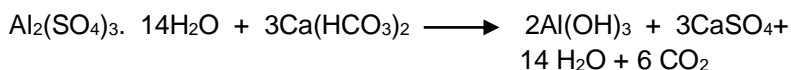
Sampel	Dosis Optimum	Mekanisme Jar Tes	Efisiensi Penyisihan	Sumber
Lindi	Alum 650 mg/L 75:25	PC: 1 menit; 100 rpm PC: 1 menit; 100 rpm PL: 15 menit; 40 rpm SD: 30 menit	96,6% NTU 85,4% warna 94,4% zat organik	Darmajaya, 2005
<i>Humic acid</i>	3 mg/L + 1,5 mg/L	PC: 1,5 menit; 200 rpm PL: 15 menit; 40 rpm PC: 5 menit; 200 rpm PL: 15 menit;	86% NTU	Xu <i>et al.</i> , 2012

Sampel	Dosis Optimum	Mekanisme Jar Tes	Efisiensi Penyisihan	Sumber
		40 rpm SD: 30 menit		
Permukaan	70 mg/L 50:50	PC: 1 menit; 300 rpm PC: 1 menit; 300 rpm PL: 15 menit (45, 30, dan 18 rpm) SD: 9 menit	87% NTU	Carlson dan Gregory, 2000

2.4 Koagulan Alum

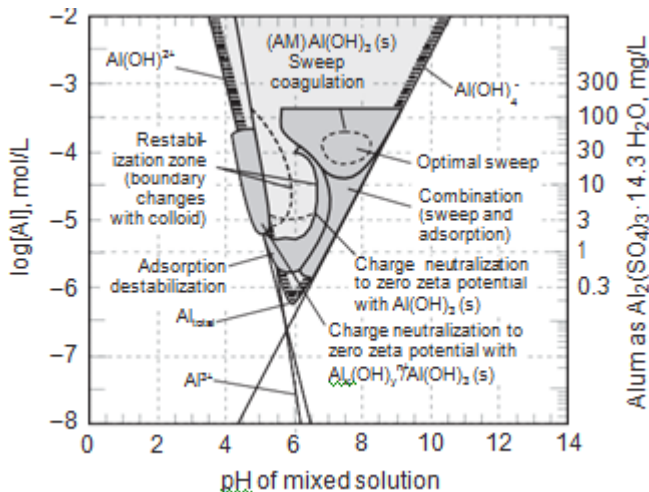
Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi, antara lain: *Aluminum sulfate* ($Al_2(SO_4)_3$), *ferrous sulfate* (Fe_2SO_4), *ferric chloride* ($FeCl_3$) dan *polyaluminium chloride* (PAC) (Amokrane *et al.*, 1997). Koagulan alum mampu secara efektif menurunkan kandungan polutan organik yang terkandung dalam lindi. Pada proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan alum dapat menurunkan pH hingga dibawah baku mutu pada saat penambahan dosis sebanyak 18 g/L (Rezagama, 2016). Proses koagulasi dengan menambahkan alum dapat mengakibatkan adanya proses destabilisasi partikel kecil dan senyawa koloid. Alum dapat terhidrolisis secara cepat ketika ditambahkan ke dalam air, kemudian terjadi pembentukan ion positif dari alum (Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel lindi (OH^-). Selanjutnya terjadi proses adsorpsi atau reaksi dari bagian koloid dan senyawa organik terlarut yang berubah menjadi partikel. Partikel tersuspensi yang kecil tersebut ditangkap dan terjadi pembentukan flok-flok yang akan disisihkan melalui air (Metcalf, 2005).

Reaksi kimia penambahan alum untuk menghasilkan flok, yaitu:



Pada air yang mempunyai alkalinitas yang tidak cukup untuk bereaksi dengan alum, maka perlu ditambahkan alkalinitas

dengan menambahkan kalium hidroksida atau kapur (Masduqi, 2012). Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. Kisaran pH yang efektif untuk koagulasi dengan alum pada pH 5,5 – 7,7 Berikut ini Gambar 2.2 yang menunjukkan grafik *solubility* tingkat kelarutan pada koagulan alum



Gambar 2.2 Tingkat Kelarutan Koagulan Alum

Sumber: Metcalf. 2005

Presipitat aluminium hidroksida ($\text{Al}(\text{OH})_3$) terbentuk pada dosis alum 10–100 mg/L dan memperlihatkan mekanisme koagulasi yang terjadi pada kombinasi antara pH dan dosis alum (Rachmawati, 2009). Berikut ini Tabel 2.4 yang berisi mengenai penelitian terdahulu terkait penggunaan koagulan alum dalam pengolahan lindi dengan proses koagulasi-flokulasi.

Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu Penggunaan Koagulan Alum

Dosis Optimum	Mekanisme Jar Tes	Efisiensi Penyisihan	Sumber
9,5 g/L (pada	PC: 1 menit;	60,8 % COD;	(Ghafari <i>et al.</i> ,

Dosis Optimum	Mekanisme Jar Tes	Efisiensi Penyisihan	Sumber
pH 7	80 rpm PL : 15 menit; 30 rpm	88,9%; Turbidity 83,2% warna; 92,5% TSS	2009)
2,2 g/L dan 5000 mg/L	PC: 1 menit; 350 rpm PL : 19 menit; 50 rpm SD : 1 jam	82% warna	(Aziz <i>et al.</i> , 2007)
0,6 g/L	PC: 3 menit; 180 rpm PL : 15 menit; 50 rpm SD : 1 jam	87% TSS; Turbidity 95%; 53% COD;	(W. Li <i>et al.</i> , 2010)
0,1 g/L	Pengadukan selama 15 menit dan penyaringan kertas saring	33,3% TSS; 4,3% TDS	(Aziz, 2013)

2.5 Polimer *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

PAC adalah garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat daripada aluminium yang biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida. Kestabilan larutan PAC bergantung pada basisitasnya. PAC dengan perbandingan molar aluminium dan klorida antara 0,5:1 sampai 1,6:1 (atau basisitas berkisar antara 30-75%) akan membentuk kristal yang kecepatannya tergantung pada suhu dan konsentrasi larutan tersebut (Budiman, 2008). Polimer bertujuan untuk mempengaruhi karakteristik dari partikel atau flok. Menurut Hendricks (2006), penggunaan polimer dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu:

1. Koagulan utama

Polimer sebagai koagulan utama dapat digunakan untuk menggantikan Al^{3+} atau Fe^{3+} . Dalam hal ini, polimer berfungsi

untuk netralisasi muatan koloid atau partikel lain sehingga dapat terkumpul sebagai flok.

2. Koagulan aid

Polimer sebagai koagulan aid juga dapat digunakan sebagai penunjang koagulan utama yang ditambahkan bersamaan atau berurutan dengan koagulan utama. Keuntungan dari penggunaannya adalah dapat mengurangi dosis koagulan utama.

3. Polimer

Ketika netralisasi muatan telah terjadi, polimer berfungsi menyatukan flok-flok untuk membentuk partikel yang lebih besar dan padat.

PAC merupakan alum yang telah bereaksi dengan OH^- dalam keadaan khusus membentuk polynuclear kompleks yang tetap stabil pada kisaran pH dan temperatur yang lebih luas (Hendricks, 2006). Panjang dari rantai polimer, berat molekul dan jumlah muatan ionik ditentukan oleh derajat polimerisasi. PAC memberikan nilai zeta potensial yang lebih besar dan menunjukkan muatan netralisasi yang lebih besar dibandingkan dengan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dalam menyisihkan kekeruhan, UV_{254} dan DOC. PAC memperlihatkan konsentrasi rendah pada setiap jenis senyawa Al yang tersisa, kecuali konsentrasi dari ikatan Al organik terlarut. PAC dapat secara efektif mereduksi konsentrasi dari monomer Al terlarut (Yang *et al.*, 2010).

Karakteristik PAC diantaranya adalah proses hidrolisisnya cukup lambat untuk mencapai netralisasi muatan penuh sebelum pembentukan *sweep* flok. PAC menyediakan muatan kation hingga pada $\text{pH} > 6$, proses hidrolisisnya menyebabkan penurunan pH yang sedikit dibandingkan alum, dosis yang digunakan lebih sedikit dibanding alum sehingga lumpur yang dihasilkan juga sedikit, dan PAC dapat bekerja baik pada temperatur rendah (Hendricks, 2006). PAC dapat bekerja dengan baik pada rentang pH 5 sampai 8. Keuntungan lain menggunakan PAC dalam pengolahan air adalah mengurangi konsentrasi sulfat yang ditambahkan ke dalam air olahan, jika dibandingkan dengan alum pada dosis yang sama *sludge* yang dihasilkan lebih sedikit, dan penggunaan dosis yang lebih rendah dibanding alum untuk

menghasilkan effluent yang sama (Gebbie, 2001). Berikut ini Tabel 2.5 yang berisi mengenai penelitian terdahulu terkait penggunaan polimer PAC dalam pengolahan lindi dengan proses koagulasi-flokulasi.

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu Penggunaan Polimer PAC

Dosis optimum	Mekanisme Jar Tes	Efisiensi Penyisihan	Sumber
1 g/l	PC: 1 menit; 200 rpm PL : 20 menit; 40 rpm, SD: 30 menit	58% COD	(Oloibiri <i>et al.</i> , 2015)
4 g/L	FM: 200 rpm, 2 menit SM: 40 rpm, 15 menit, SD: 30 menit	26,4% COD	(Rana and Suresh, 2017)
2 g/L (pada pH 7,5)	PC: 1 menit; 80 rpm PL: 15 menit; 30 rpm	46,7% COD;94,4%; Turbidity 92% warna;92,6% TSS	(Ghafari <i>et al.</i> , 2009)
2 g/L	FM: 150 rpm, 3 menit SM: 30 rpm, 20 menit SD: 30 menit	96% TSS 95% warna 58% COD 35% NH ₃ -N	(Rui <i>et al.</i> , 2012)

2.6 Proses Oksidasi

Proses oksidasi melalui pengolahan limbah secara kimiawi dapat menurunkan konsentrasi organik khususnya amoniak dengan menggunakan kaporit. Zat amoniak dalam air akan bereaksi dengan klor atau asam hipoklorit dan membentuk monokloramin, dikloramin, dan trikloramin tergantung pH, perbandingan konsentrasi, waktu, dan suhu. Klor adalah suatu zat kimia yang berasal dari gas klor Cl_2 , NaOCl , Ca(OCl)_2 (kaporit) atau larutan HOCl - (asam hipoklorit) sedangkan kaporit tersedia dalam berbagai macam yaitu serbuk, tablet, dan cair (Ulliaji, 2016). Oksidasi amonia langsung membutuhkan penyesuaian pH air limbah dengan nilai yang lebih besar dari pKa pasangan asam-

basa $\text{NH}_4 \text{NH}_3$ (yaitu, $\text{pH} > 9,25$) karena NH_4 tidak dapat dioksidasi langsung di anoda (Zoellig *et al.*, 2015a). Selain itu, laju reaksi yang rendah dan biaya tinggi dari elektroda (biasanya platinum) membatasi aplikasi praktis dari teknologi ini (Zoliblig *et al.*, 2015).

Jika kaporit sebagai dilarutkan dalam air, maka akan terjadi reaksi hidrolisa membentuk HOCl dan Ca(OH)_2 . Karena asam hipoklorit adalah agen pengoksidasi yang sangat aktif, itu akan segera bereaksi dengan amoniak. Ketika klorin ditambahkan ke dalam air limbah yang mengandung amoniak nitrogen, amoniak akan bereaksi dengan asam hipoklorit membentuk kloramin. Klorin yang ditambahkan pada air kolam renang akan bereaksi dengan amoniak membentuk kloramin (monokloramin dan dikloramin) pada awal penyisihan ammonium (NH_4^+) sampai ammonium (NH_4^+) hampir tersisih sempurna dan menghasilkan gas N_2 . Break Point Chlorination (BPC) adalah Penentuan jumlah optimum klor untuk bereaksi dengan logam – logam, zat organik dan ammonia yang dibutuhkan untuk desinfeksi air dalam suatu wadah melalui proses pereaksian. Penambahan kaporit harus sesuai dengan hasil yang didapat dari BPC (*Break Point Chlorination*) karena bila kurang dari hasil yang didapatkan akan mengakibatkan mikroorganisme yang ada di dalam air kolam renang tidak dapat tereduksi sempurna dan bila kelebihan penambahan kaporit bisa menyebabkan rasa gatal pada kulit akibat reaksi dari kalsium hipoklorit yang berlebih (Tchobanoglous, G, 1991) dan menyebabkan bau yang sangat menyengat dari phenol (Clesceri, L.S., *et al.*, 1998). Bertolak dari masalah tersebut di atas perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan dosis optimum kaporit dalam bentuk kristal dan larutan, yang nilainya didapat dari hasil BPC (*Break Point Chlorination*) dalam menyisihkan konsentrasi ammonium (NH_4^+).

Penambahan kaporit hingga 40 ppm, kadar nitrit akan cenderung turun pada 0,0166-0,0196 mg/L. Hal ini disebabkan karena pada proses klorinasi, senyawa klor Ca(ClO)_2 dapat berikatan dengan senyawa organik, antara lain TDS, Fe, Mn, NO_2 , NO_3 dan CaCO_3 . Senyawa organik tersebut diikat oleh senyawa klor sampai pada

“*Break Point Chlorination*”. Klorinasi juga dapat membunuh mikro organisme yang mengubah nitrat menjadi nitrit, sehingga menurunkan kadar nitrit di dalam air. Oleh karena itu kaporit atau $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ merupakan senyawa yang banyak digunakan oleh PDAM dalam pengolahan air minum. Senyawa pada kaporit dapat membunuh bakteri patogen atau mikroorganisme yang akan dapat mengganggu kesehatan manusia. Sebagai oksidator, kaporit digunakan untuk menghilangkan bau dan rasa pada pengolahan air bersih. Untuk mengoksidasi Fe(II) dan Mn(II) yang banyak terkandung dalam air tanah menjadi Fe(III) dan Mn(III) (Aziz, 2013). Proses oksidasi menggunakan kaporit atau klorin memiliki keuntungan yaitu lebih cepat, lebih efisien dan hemat biaya pada saat diterapkan pada pengolahan air limbah (Kim *et al.*, 2006). Berikut ini Tabel 2.6 yang berisi penelitian terdahulu penggunaan kaporit.

Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu Penggunaan Kaporit

Dosis optimum	Mekanisme	Efisiensi Penyisihan	Sumber
10 mg/L	Pengadukan	89,5% COD; 27,3% Amonia	(Aziz, 2013)
750 mg/l	Pengadukan	97,42% Amonia	(Ulliaji, 2016)
1 g/L	Pengadukan	80% TSS; 0,83% COD dan 0,45% BOD	(Mulyani, 2012)

2.7 Analisis Statistik ANOVA *One-Way*

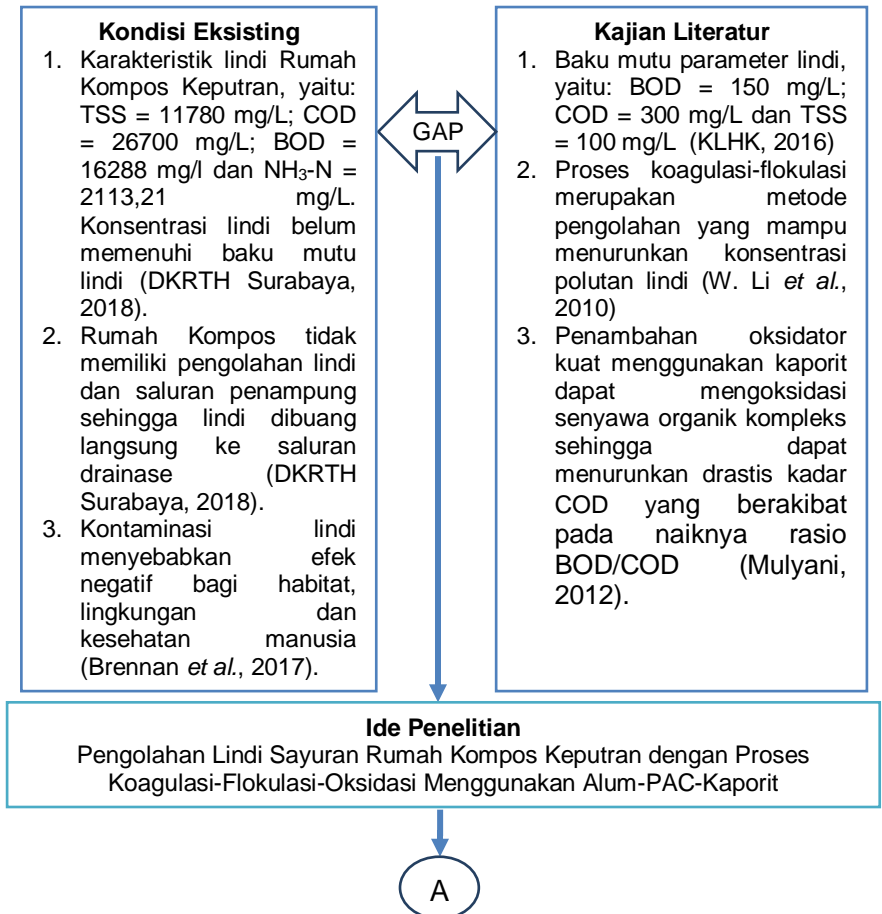
Metode statistik yang banyak digunakan untuk menganalisis data dari suatu percobaan yang terancang adalah teknik analisis ragam atau sering disebut dengan ANOVA (*Analysis of Variance*). Analisis ragam adalah sebuah metode untuk memeriksa hubungan antara dua atau lebih set data. Dengan kata lain ada hubungan antara set data dengan melakukan analisis varians yang disebut sebagai *F-test*. Suatu ciri analisis ragam adalah model ini terparameterisasikan secara berlebih, artinya model ini mengandung lebih banyak parameter dari pada yang dibutuhkan untuk mempresentasikan pengaruh-pengaruh yang diinginkan. Salah satu tipe dari analisis ragam adalah analisis varians satu jalur atau juga dikenal dengan istilah *one-*

way ANOVA. Analisis varians satu jalur (*one-way*) adalah proses menganalisis data yang diperoleh dari percobaan dengan berbagai tingkat faktor, biasanya lebih dari dua tingkat faktor. Bila hanya salah satu faktor yang diselidiki, proses ini disebut satu arah atau analisis varians satu jalur (*one-way*). Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi variabel bebas yang penting dan bagaimana variabel tersebut dapat mempengaruhi respons (Wackerley, 2008). Pada analisis data statistik ANOVA dapat dilakukan dengan menggunakan *software* statistik, yakni MINITAB 17. MINITAB merupakan salah satu program aplikasi statistika yang banyak digunakan untuk mempermudah pengolahan data statistik (Fajrin, 2016).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan dalam skala laboratorium. Bahan uji yang digunakan berupa lindi yang diambil dari Rumah Kompos Keputran Surabaya. Penelitian ini didasarkan atas adanya “GAP” antara kajian literatur dengan kondisi eksisting sehingga dapat ditentukan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



A

Rumusan Masalah

1. Berapa besar tingkat kemampuan dosis optimum koagulan alum dan polimer PAC pada proses koagulasi dua tahap untuk menurunkan konsentrasi beban pencemar lindi?
2. Berapa besar tingkat kemampuan dosis optimum kaporit pada proses oksidasi untuk menurunkan konsentrasi beban pencemar lindi?
3. Berapa besar tingkat penyisihan (%) konsentrasi beban pencemar lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi?

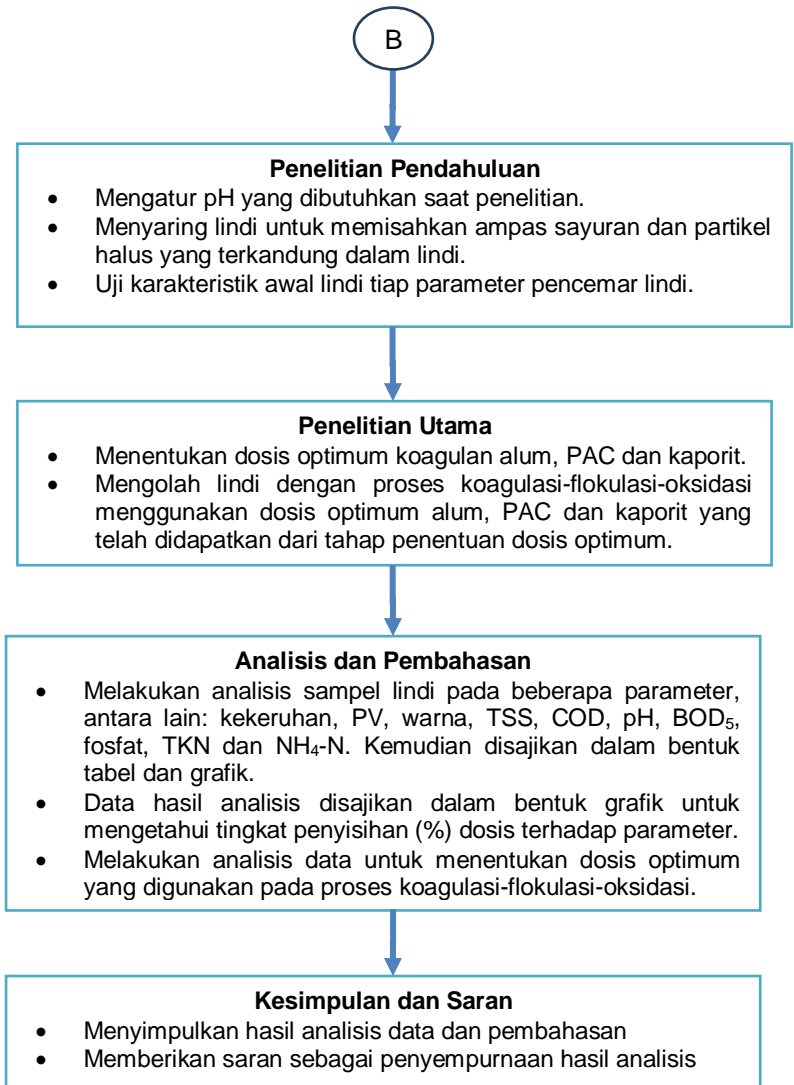
Tujuan Penelitian

1. Menentukan tingkat kemampuan dosis optimum koagulan alum dan polimer PAC pada proses koagulasi dua tahap untuk menurunkan konsentrasi beban pencemar lindi
2. Menentukan tingkat kemampuan dosis optimum oksidator kaporit pada proses oksidasi untuk menurunkan konsentrasi beban pencemar lindi
3. Menentukan tingkat penyisihan (%) konsentrasi beban pencemar lindi dengan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi.

Penentuan Variabel dan Parameter

- Variasi dosis koagulan alum: 0 g/L; 0,25 g/L; 0,5 g/L; 1 g/L; 1,5 g/L dan 2 g/L.
- Variasi dosis polimer PAC: 0 g/L; 0,2 g/L; 0,4 g/L; 0,6 g/L; 0,8 g/L; 1 g/L; 1,2 g/L; 1,4 g/L; 1,5 g/L; 1,6 g/L; 1,8 g/L; dan 2 g/L
- Variasi dosis kaporit: 10 g/L; 20 g/L; 30 g/L; 50 g/L; 70 g/L; 90 g/L dan 110 g/L..
- Parameter utama: kekeruhan, PV, warna, TSS, COD dan pH.
- Parameter tambahan: BOD₅, fosfat, NH₄-N dan TKN.

B



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.2 Ide Penelitian

Ide penelitian didapatkan dari GAP antara kondisi eksisting dan kajian literatur. Penelitian ini didasari pada ide penurunan polutan secara fisik-kimia pada lindi sayuran untuk memenuhi baku mutu efluen lindi. Penelitian ini menggunakan metode proses koagulasi-flokulasi dan oksidasi. Koagulan alum pada proses koagulasi memiliki keunggulan dalam menyisihkan polutan organik pada lindi. Penambahan dosis polimer jenis PAC dapat menyatukan flok-flok untuk membentuk partikel yang lebih besar dan padat. Sedangkan pada proses oksidasi dengan menggunakan oksidator kaporit memiliki keunggulan dalam menurunkan polutan organik khususnya amonium pada lindi. Hasil efluen lindi sayuran masih belum memenuhi baku mutu lindi, sehingga diperlukan alternatif pengolahan lindi secara fisik-kimia untuk menurunkan konsentrasi pencemar lindi. Serangkaian proses fisik-kimia tersebut yaitu dengan proses koagulasi-flokulasi dan oksidasi.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi terkait dengan penelitian. Literatur yang digunakan diperoleh dari buku, jurnal internasional, jurnal penelitian, artikel, *text book*, laporan tugas akhir, *thesis*, asistensi dengan dosen pembimbing serta literatur yang diakui keabsahannya. Literatur yang dapat menunjang penelitian ini antara lain: (1) Karakteristik umum lindi dan komposisi lindi. (2) Pengolahan lindi secara fisik-kimia. (3) Mekanisme proses koagulasi-flokulasi dan oksidasi dalam penurunan polutan organik. (4) Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya proses koagulasi-flokulasi dan oksidasi. (5) Koagulan jenis alum, polimer jenis PAC dan oksidator kaporit.

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Perlengkapan alat dan bahan perlu dipersiapkan dari awal penelitian agar dapat menunjang keberhasilan suatu penelitian dalam menghasilkan data analisis yang akurat.

3.4.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini, sebagai berikut:

1. Alat *Jartest*

Alat ini digunakan untuk pengadukan cepat dan lambat pada proses koagulasi-flokulasi berlangsung. Secara normal digunakan 6 *jar* dengan alat pengaduk (*paddle*) yang diaduk secara bersamaan dengan kecepatan pengadukan (rpm) dan waktu pengadukan (menit) yang sama.

2. *Beaker glass*

Pada penelitian ini menggunakan *beaker glass* berbahan kaca dengan volume 1,2 liter sebagai wadah sampel lindi untuk dilakukan mekanisme pengadukan menggunakan *jartest* maupun *magnetic stirrer*.

3. *Magnetic Stirrer*

Alat ini digunakan untuk melarutkan kapur dan kaporit menggunakan mekanisme pengadukan dengan mengatur kecepatan pengadukan (rpm) yang diperlukan tanpa pengaturan suhu (suhu normal). Lindi akan cepat larut dan menjadi larutan yang homogen dengan bantuan magnet pengaduk yang diletakkan di dalam *beaker glass*.

4. Alat analisis parameter

Alat laboratorium yang digunakan untuk analisis tiap parameter, antara lain: pH meter, spektrofotometer, turbidimeter, *vacuum pump*, oven, desikator, kertas saring, neraca analitik, pemanas *digester*, kompor pemanas, pipet ukur, *erlenmeyer* 250 mL dan 100 mL, *beakerglass* 100 mL dan 250 mL, gelas ukur 100 mL, pipet tetes, tabung kaca COD, pro pipet, spatula, cawan porselen, pinset, labu ukur 100 mL dan 1000 mL, rak tabung COD, botol *winkler* BOD, inkubator, corong kaca dan pompa air pengencer.

5. Saringan

Terdapat 2 (dua) saringan lindi, yaitu: saringan kasar berbahan stainless dan kain saringan halus. Kedua saringan tersebut berfungsi untuk memisahkan padatan besar maupun halus yang terkandung dalam lindi.

6. Jerigen 30 liter

Jerigen digunakan untuk menampung lindi yang telah disaring sehingga dapat digunakan pada serangkaian proses penelitian. Penyaringan dilakukan di Bangunan *Greenhouse* yang berada di belakang Gedung Teknik Lingkungan. Sampel yang telah disaring ditampung dan dipindahkan ke laboratorium menggunakan jerigen 30 liter untuk memudahkan dalam membawa sampel lindi.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Sampel Lindi Sayuran

Lindi yang digunakan berasal dari outlet truk kompaktor yang terdapat pada rumah kompos keputran. Lindi disaring terlebih dahulu sebelum digunakan penelitian agar terpisahkan dari padatan kasar maupun halus yang ikut terbawa masuk ke dalam lindi seperti ampas sayur, pasir dan kerikil.

2. Bahan Kimia Proses

Bahan kimia ini digunakan pada proses penelitian berlangsung, antara lain: kapur, alum, PAC dan kaporit. Bahan kimia tersebut berbentuk serbuk atau butiran yang memudahkan untuk larut ke dalam lindi.

3. Bahan Kimia Analisis

Bahan kimia yang digunakan pada saat analisis seluruh parameter pencemar lindi, antara lain: larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,1N, kristal perak sulfat (Ag_2SO_4) dicampur dengan asam sulfat (H_2SO_4), larutan standar fero amoniim sulfat (FAS) 0,125 N, indikator ferroin, larutan *buffer* fosfat, larutan magnesium sulfat ($MgSO_4$), larutan kalium klorida ($CaCl_2$), larutan feri klorida ($FeCl_3$), larutan $MnCl_2$ 20%, larutan pereaksi oksigen, larutan indikator amilum 1%, larutan thiosulfat 0,01N, asam sulfat (H_2SO_4) pekat, larutan garam signet, larutan *nessler*, larutan standar amonium, larutan amonium *molybdate* ($(NH_4)_6MO_7O_{24}.4H_2O$), larutan klorid timah ($SnCl$), larutan $KMnO_4$ 0,01N, larutan asam oksalat 0,1N, larutan *buffer* 7 dan aquades.

3.5 Penentuan Variabel dan Parameter Penelitian

Variabel yang ditentukan pada penelitian ini yaitu : variasi dosis koagulan, polimer dan oksidator yang digunakan.

1. Variasi Dosis Koagulan

Pada penelitian ini menggunakan alum sebagai koagulan dengan menggunakan masing-masing sebanyak 6 varian dosis. Variasi dosis alum, antara lain: 0 g/L; 0,25 g/L; 0,5 g/L; 1 g/L; 1,5 g/L dan 2 g/L. Pada tahap ini terdapat mekanisme pengadukan menggunakan *jartest* dan dilakukan analisis tiap parameter yang nantinya akan diketahui dosis optimum nya.

2. Variasi Dosis Polimer

Pada penelitian ini menggunakan PAC sebagai polimer dengan menggunakan masing-masing sebanyak 12 varian dosis. Variasi dosis PAC yang digunakan, meliputi: 0 g/L; 0,2 g/L; 0,4 g/L; 0,6 g/L; 0,8 g/L; 1 g/L; 1,2 g/L; 1,4 g/L; 1,5 g/L; 1,6 g/L; 1,8 g/L; dan 2 g/L. Pada tahap ini akan dilakukan analisis data untuk menentukan dosis optimum yang akan digunakan pada proses koagulasi dua tahap.

3. Variasi Dosis Oksidator

Pada penelitian ini menggunakan kaporit sebagai oksidator. Proses oksidasi ini menggunakan variasi kaporit berjumlah 7 varian (g/L). Variasi dosis tersebut, meliputi: 10 g/L; 20 g/L; 30 g/L; 50 g/L; 70 g/L; 90 g/L dan 110 g/L. Pada proses oksidasi ini menggunakan mekanisme pengadukan diatas *magnetic stirrer* dengan rentang kecepatan pengadukan yaitu 500-600 rpm selama ½ jam dan diendapkan selama 15 menit.

Parameter yang dianalisis pada penelitian ini terdiri dari parameter utama dan tambahan. Pada parameter utama terdapat beberapa parameter yang dianalisis, yaitu: *Turbidity*, warna, PV, TSS, COD dan pH. Sedangkan pada parameter tambahan terdapat beberapa parameter yang dianalisis, yaitu : BOD₅, fosfat, NH₄-N dan TKN. Berikut Tabel 3.1 yang berisi metode analisis pada tiap parameter.

Tabel 3 1 Metode Analisis Tiap Parameter

No	Parameter	Tujuan	Metode	Sumber	Unit
1.	<i>Turbidity</i>	Menentukan kadar <i>turbidity</i> yang terkandung dalam lindi	Turbidimeter	<i>Standard Methods of Water and Wastewater</i> , 22nd edition, 2012 (APHA 2120 A)-	NTU
2.	Warna	Menentukan warna yang terkandung dalam lindi	Spektrofotometer	<i>Standard Methods of Water and Wastewater</i> , 22nd edition, 2012 (APHA 2120 A)	NTU
3.	TSS	Menentukan kadar solid yang terkandung pada lindi	Gravimetri	<i>Standard Methods of Water and Wastewater</i> , 22nd edition, 2012	mg/L
4.	COD	Menentukan tingkat penurunan polutan organik pada lindi	Closed Reflux and colorimetric	<i>Standard Methods of Water and Wastewater</i> , 22nd edition, 2012	mg/L
5.	pH	Menganalisis tingkat keasaman pada bahan yang diuji	pH meter	SNI 06-6989.11-2004	-
6.	BOD ₅	Menentukan tingkat	Titrasi	SNI 6989.72:20	

No	Parameter	Tujuan	Metode	Sumber	Unit
		biodegradabilitas pada lindi		09	mg/L
7.	Fosfat	Menentukan kadar fosfat pada lindi	Klorid timah dengan alat spektrofotometer	<i>Standard Methods of Water and Wastewater</i> , 22nd edition, 2012 (APHA 2120 A)	mg/L
8.	NH ₄ -N (Amonium)	Menentukan kandungan amonium pada lindi	Spektrofotometer dan tabung nessler	<i>Standard Methods of Water and Wastewater</i> , 22nd edition, 2012 (APHA 2120 A)	mg/L
9.	Nilai Permanganat (PV)	Menganalisis kadar mangan (Mn) yang terlarut dalam air	Titration	APHA, AWWA, WPCF. (2005)	mg/L
10.	Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)	Mengetahui jumlah nitrogen yang terikat secara total dalam lindi	Spektrofotometer	<i>Standard Methods</i> 4500-Norg	mg/L

3.6 Pengambilan Sampel

Proses pencacahan sayur pada Rumah Kompos Keputran menghasilkan tumpukan ampas sayur (bahan baku kompos) yang ditunjukkan pada Gambar 3.2, sedangkan lindi sayuran pada Gambar 3.3 dibiarkan mengalir hingga menuju saluran drainase. Proses pencacah tersebut dilakukan dengan

menggunakan mesin kompaksi pada truk kompaktor yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Sampel lindi sayuran diambil dari outlet truk kompaktor yang ditunjukkan pada Gambar 3.5. Outlet tersebut dipilih sebagai titik *sampling* karena merepresentasikan kondisi akhir lindi sebelum dibuang ke drainase.



Gambar 3.2 Ampas Sayuran



Gambar 3.3 Lindi Sayuran



Gambar 3.4 Truk Kompaktor



Gambar 3.5 Outlet Lindi

3.7 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan bertujuan untuk mempersiapkan sampel lindi yang akan digunakan pada saat penelitian utama. Persiapan sampel tersebut yaitu dengan penyaringan lindi dan pengaturan pH lindi. Sampel yang telah dilakukan penyaringan akan terbebas dari sisa potongan sampah sayur dan padatan lain berupa pasir dan kerikil yang masuk di dalam sampel. Pengaturan pH lindi

dilakukan untuk menjaga pH sampel agar tidak turun ketika ditambahkan koagulan dan polimer.

3.7.1 Penyaringan Sampel Lindi

Proses penyaringan lindi dilakukan di bangunan *greenhouse* yang terletak di belakang bangunan Teknik Lingkungan ITS. Penyaringan ini dilakukan sebanyak dua kali, penyaring pertama berfungsi untuk memisahkan air dengan partikel-partikel besar seperti gumpalan lumpur, sisa-sisa sayur dan padatan besar lainnya. Penyaringan pertama ini ditunjukkan pada Gambar 3.6 dengan menggunakan kain filter yang terbuat dari *stainless steel* yang berbentuk anyaman kawat. Selanjutnya dilakukan penyaringan kedua untuk menyaring partikel halus. Proses penyaringan kedua ini ditunjukkan dengan Gambar 3.7 yang menggunakan kain saringan yang permukaannya lebih halus.



Gambar 3.6 Penyaringan Partikel Besar



Gambar 3.7 Penyaringan Partikel Kecil

3.7.2 Pengaturan pH Sampel Lindi

Pengaturan pH sampel lindi dilakukan dengan penambahan kapur yang bertujuan untuk menjaga pH lindi tidak turun drastis setelah ditambahkan koagulan dan polimer. Penambahan kapur dengan bentuk serbuk kapur dilakukan hingga pH sampel lindi mencapai nilai 7. Serbuk kapur sebelumnya ditimbang terlebih dahulu sebelum dibubuhkan ke sampel untuk mengetahui banyaknya (gram) serbuk kapur yang ditambahkan. Pada saat pembubuhan kapur, sampel diletakkan di atas *magnetic stirrer* untuk dilakukan pengadukan agar memudahkan serbuk kapur larut dalam sampel lindi.

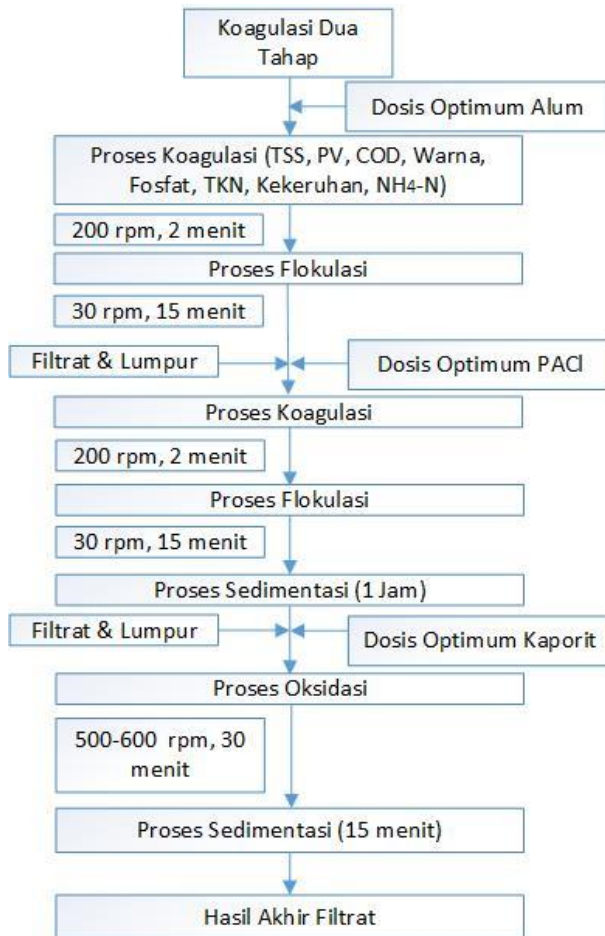
3.8 Penelitian Utama

Penelitian utama terdiri dari beberapa tahap, antara lain: penentuan dosis optimum alum, penentuan dosis optimum PAC, penentuan dosis optimum kaporit dan proses koagulasi-flokulasi-oksidasi. Penelitian utama bertujuan untuk menentukan dosis optimum alum, PAC dan kaporit yang nantinya digunakan pada proses koagulasi-flokulasi-oksidasi. Tujuan lainnya yaitu untuk mendapatkan estimasi konsentrasi *effluent* tiap parameter yang dianalisis. Konsentrasi *effluent* parameter lindi tersebut kemudian disesuaikan dengan baku mutu lindi. Proses koagulasi-flokulasi pada penelitian ini menggunakan prinsip dua tahap dimana terjadi penambahan alum dan ditambahkan dosis kedua yaitu PAC. Pada penelitian ini lumpur flok hasil penambahan alum tidak dipisah, melainkan dimasukkan ke dalam koagulasi dua tahap dimana PAC ditambahkan ke dalam sampel. Berikut Gambar 3.8 yang berisi skema penelitian utama proses koagulasi satu tahap.



Gambar 3.8 Skema Koagulasi Satu Tahap

Berdasarkan Gambar 3.8 menunjukkan proses koagulasi satu tahap yang masih menambahkan koagulan alum saja. Sedangkan proses koagulasi dua tahap dimana terjadi penambahan alum dan PAC dimasukkan ke penelitian utama secara detail yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 berikut.

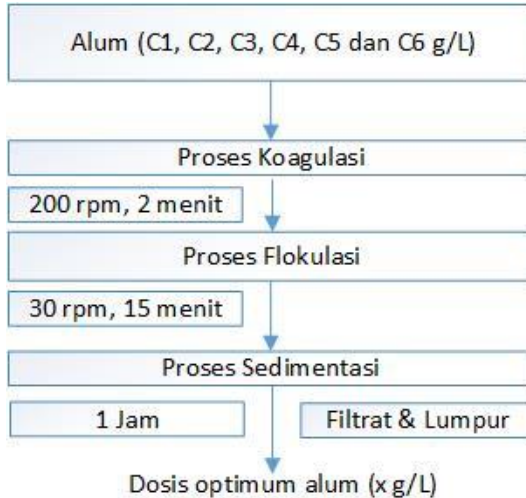


Gambar 3.9 Skema Penelitian Utama

3.8.1 Penentuan Dosis Optimum Alum

Pada penelitian ini menggunakan variasi dosis koagulan alum sebanyak 6 varian. Variasi dosis alum, antara lain: 0 g/L; 0,25 g/L; 0,5 g/L; 1 g/L; 1,5 g/L dan 2 g/L. Selanjutnya dari 6 variasi tersebut diambil satu dosis optimum alum yang digunakan pada

penelitian utama. Penentuan dosis optimum tersebut dapat ditentukan dengan membandingkan data antara tingkat penyisihan (%) tiap parameter pencemar dengan seluruh dosis. Berikut ini Gambar 3.10 yang berisi skema penentuan dosis optimum koagulan alum.



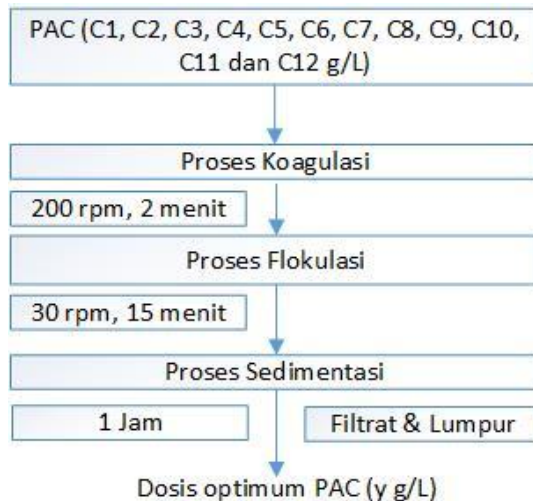
Gambar 3.10 Penentuan Dosis Optimum Alum

Pada pemilihan dosis dilakukan dengan menambahkan angka dosis dengan angka yang kecil sebagai standar deviasi. Tujuan dari penambahan standar deviasi yaitu untuk memperhalus dan memperdetail data yang diperoleh. Setelah itu dilakukan penentuan dosis optimum alum kembali berdasarkan pengukuran analisis parameter pencemar lindi. Analisis tersebut nantinya akan menghasilkan data tingkat efisiensi (%) tiap dosis dalam menurunkan parameter pencemar lindi. Parameter pencemar lindi yang diukur, antara lain: kekeruhan (*turbidity*), warna, TSS, COD, pH, BOD₅, fosfat, TKN dan NH₄-N. Dosis optimum alum yang diperoleh akan digunakan pada proses selanjutnya.

3.8.2 Penentuan Dosis Optimum PAC

Pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan dosis optimum PAC yang akan digunakan pada proses koagulasi dua tahap.

Pada penelitian ini menggunakan 12 variasi dosis PAC yang akan dibandingkan tiap kemampuan dosis dalam menurunkan tiap parameter pencemar lindi. Pada tahap ini terdapat mekanisme pengadukan menggunakan *jarrest*, dimana terjadi pengadukan cepat dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Pengadukan lambat berlangsung selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 30 rpm. Berikut ini Gambar 3.11 yang berisi skema penentuan dosis optimum PAC.

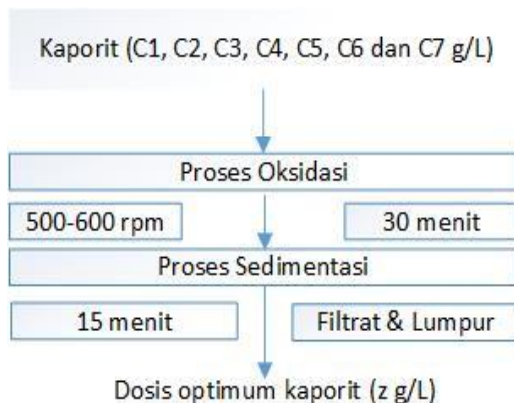


Gambar 3.11 Penentuan Dosis Optimum PAC

3.8.3 Penentuan Dosis Optimum Kaporit

Pada tahap ini menggunakan 7 sampel yang digunakan sebagai variasi dosis kaporit dengan masing-masing sampel yaitu sebanyak 1L. Variasi dosis kaporit yang digunakan pada tahap ini, antara lain; 10 g/L; 20 g/L; 30 g/L; 50 g/L; 70 g/L; 90 g/L dan 110 g/L. Pada tahap ini menggunakan mekanisme pengadukan dimana *beaker glass* 1L yang berisi sampel diaduk diatas *magnetic stirrer*. Pengadukan berlangsung selama ½ jam dengan kecepatan pengadukan sebesar 500-600 rpm, kemudian diendapkan selama 15 menit. Setelah waktu pengendapan usai, sampel tiap variasi dosis dianalisis masing-masing parameter pencemar nya. Kemudian dari data analisis tersebut dapat

dibandingkan tingkat penyisihan (%) tiap dosis dalam menurunkan konsentrasi pencemar lindi. Sehingga dari data tersebut nantinya dapat diperoleh dosis optimum kaporit (gram/L). Skema penentuan dosis optimum kaporit selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.12



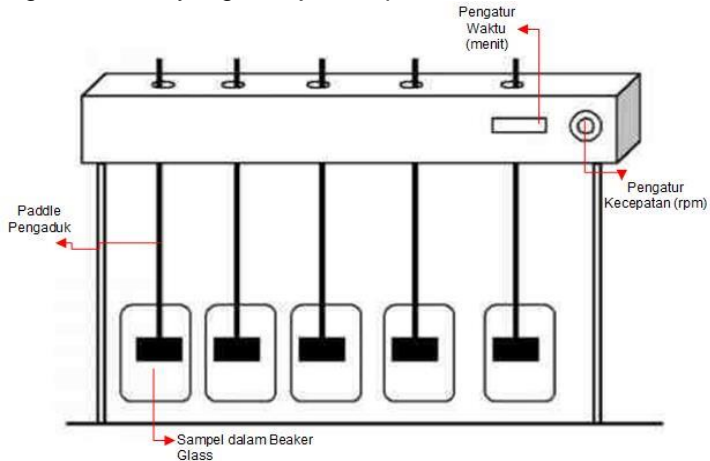
Gambar 3.12 Penentuan Dosis Optimum Kaporit

Setelah didapatkan dosis optimum alum, PAC dan kaporit nantinya ketiga dosis tersebut dapat digunakan pada proses koagulasi-flokulasi-oksidasi.

3.8.4 Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi

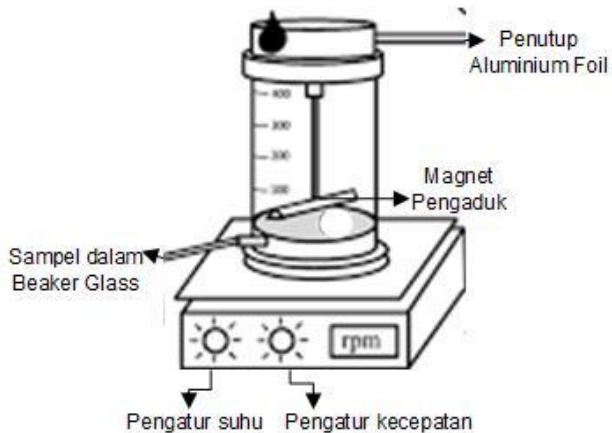
Pada penelitian ini proses pertama yang dilakukan yaitu proses koagulasi dua tahap yang mana menggunakan dosis optimum koagulan alum dan PAC yang telah didapatkan dari tahap penentuan dosis optimum. Proses koagulasi dua tahap ini nantinya menghasilkan tingkat penyisihan (%) masing-masing parameter polutan lindi. Selanjutnya sampel dari proses koagulasi dua tahap akan dilanjutkan pada proses oksidasi menggunakan kaporit. Pada proses oksidasi, sampel hasil koagulasi dua tahap dipisahkan flok lumpur nya sehingga supernatan dimasukkan ke dalam *beakerglass* bervolume 1 liter. Selanjutnya sampel dan oksidator kaporit diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama $\frac{1}{2}$ jam pada rentang kecepatan pengadukan sebesar 500-600 rpm. Suhu yang berlangsung pada proses oksidasi yaitu sesuai

dengan suhu ruangan. Sampel kemudian didiamkan selama 15 menit dan supernatan dianalisis tiap parameter uji. Serangkaian proses koagulasi-flokulasi-oksidasi dilakukan dengan mekanisme pengadukan menggunakan *jarstest* dan magnetic stirrer yang ditunjukkan pada Gambar 3.13 dan 3.14.



Gambar 3.13 Pengadukan Menggunakan *jarstest*

Sumber: Barclay, 2018



Gambar 3.14 Pengadukan Menggunakan *Magnetic Stirrer*

Rancangan penelitian proses koagulasi-flokulasi dan oksidasi ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut. KFO merupakan simbol proses koagulasi-flokulasi-oksidasi, sedangkan K, F dan O merupakan singkatan dari koagulasi, flokulasi dan oksidasi.

Tabel 3 2 Rancangan Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi

No.	Beaker Glass	Proses Koagulasi	Proses Flokulasi	Proses Oksidasi
1	KFO1	K1	F1	O1
2	KFO2	K2	F2	O2
3	KFO3	K3	F3	O3
4	KFO4	K4	F4	O4
5	KFO5	K5	F5	O5
6	KFO6	K6	F6	O6

3.9 Analisis dan Pembahasan

Analisis data dilakukan dengan melakukan perbandingan hasil penelitian dengan studi literatur dan keterkaitan analisis karakteristik awal, penelitian proses koagulasi dua tahap dan penelitian proses oksidasi, antara lain:

1. Tingkat penyisihan (%) konsentrasi beban pencemar lindi dengan metode koagulasi-flokulasi-oksidasi. Berikut ini merupakan rumus tingkat penyisihan (%) tiap parameter.

$$\Delta C = \left(\frac{(C_0 - C_1)}{C_0} \right) \times 100 \%$$

Dimana:

- ΔC = persentase penurunan konsentrasi parameter lindi (%)
 C_0 = konsentrasi parameter awal (mg/L)
 C_1 = konsentrasi parameter akhir (mg/L)

2. Tingkat kemampuan proses koagulasi dua tahap dengan menggunakan koagulan alum dan polimer PAC.
3. Tingkat kemampuan proses oksidasi dengan menggunakan oksidator kaporit.
4. Pengolahan data dengan analisis statistik dan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik.

3.10 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan tahapan paling akhir dalam penelitian. Tahap akhir yang dilakukan pada penelitian adalah menyimpulkan hasil analisis data dan pembahasan serangkaian penelitian yang dilakukan. Kesimpulan dari hasil penelitian ditulis sesuai dengan kondisi eksisting saat meneliti dan dapat menjawab tujuan. Kesimpulan disajikan dalam bentuk poin-poin secara singkat dan jelas. Saran merupakan rekomendasi yang diberikan untuk penelitian selanjutnya. Tujuan dari saran adalah memperbaiki dan menyempurnakan penelitian sebelumnya.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Karakteristik Awal

Uji karakteristik awal bertujuan untuk mengetahui karakteristik awal sampel lindi yang akan digunakan selama penelitian berlangsung. Sampel lindi yang digunakan yaitu berasal dari outlet hasil pengompresan truk kompaktor yang terdapat pada Rumah Kompos Keputran. Sampel lindi masih bercampur dengan padatan ampas sayur, sehingga sampel disaring terlebih dahulu dengan saringan kayu dan kain saringan untuk memisahkan padatan ampas sayur dengan lindi. Berikut ini Tabel 4.1 yang berisi karakteristik awal lindi sampah sayuran.

Tabel 4.1 Karakteristik Awal Lindi

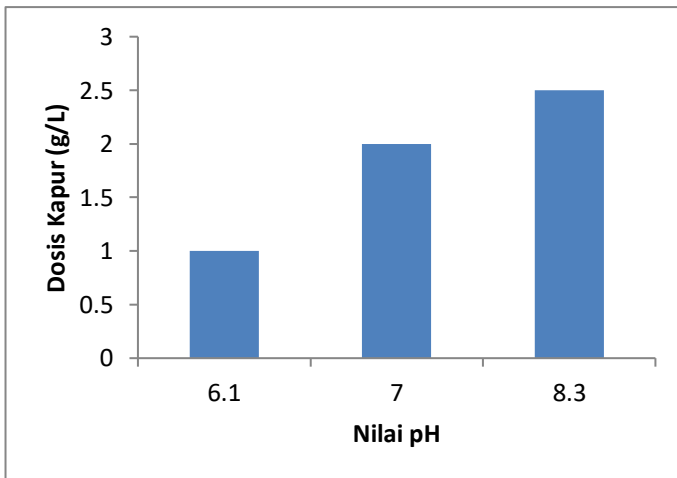
Parameter	Satuan	Nilai
COD	mg/L	18.800
PV	mg/L	7362,8
Kekeruhan	NTU	6.500
Warna	mg PtCo/L	1.511
pH	-	5,2
TSS	mg/L	1592
NH ₄ -N	mg/L	449,5
PO ₄ -P	mg/L	84,5
TKN	mg/L	1.725
BOD	mg/L	2.530

4.2 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan terdiri dari proses penyaringan lindi dan pengaturan pH lindi. Sedangkan pada penelitian utama, terdiri dari: penentuan dosis optimum alum, penentuan dosis optimum PAC, penentuan dosis optimum kaporit, proses koagulasi-flokulasi-oksidasi.

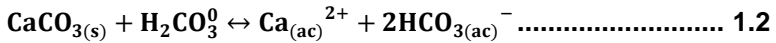
4.2.1 Penyaringan dan Pengaturan pH Lindi

Penyaringan lindi dilakukan dengan menggunakan saringan *stainless* untuk menyaring partikel padat yang besar seperti ampas sayur. Selanjutnya dilakukan penyaringan partikel halus (pasir dan kerikil) dengan kain saringan. Setelah mendapatkan sampel yang telah terbebas dari padatan pengotor, selanjutnya dilakukan pengaturan pH lindi. Karakteristik pH awal sampel lindi yaitu 5,2 dan bersifat asam, seharusnya nilai pH perlu dinaikkan untuk menghasilkan proses koagulasi yang baik dan agar terjadi pembentukan flok hidroksida. Sampel dengan pH yang rendah perlu diberi buffer, dengan penambahan kapur (AWWA, 1990). Kisaran pH yang efektif untuk koagulasi dengan alum pada pH 5,5 – 7,7. Apabila sampel tidak pada rentang pH optimum, akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok. Pada nilai pH lindi dibawah 6 akan menghasilkan tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar yang buruk (Shu *et al.*, 2016). Pada penelitian ini memerlukan penambahan kapur sebanyak 1 g/L, 2 g/L dan 2,5 g/L untuk menaikkan nilai pH menjadi 6,1; 7 dan 8,3 yang ditampilkan pada Gambar 4.1. Penambahan kapur dilakukan diatas *magnetic stirrer* agar memudahkan kapur larut dalam lindi dengan mekanisme pengadukan.

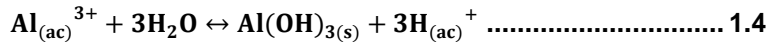


Gambar 4.1 Penambahan Kapur untuk Pengaturan pH

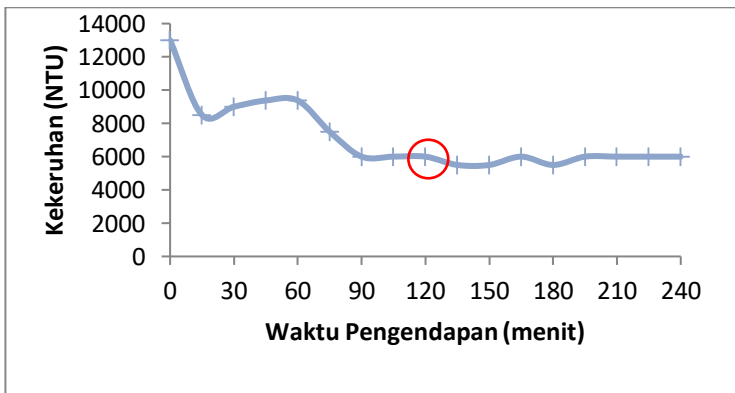
Perubahan nilai pH seiring dengan penambahan kapur merupakan akibat dari reaksi senyawa kapur CaCO_3 dengan asam membentuk ion Ca^{2+} dan ion karbonat, seperti pada persamaan 1.1, 1.2, dan 1.3 berikut:



Perubahan pH menimbulkan perubahan konsentrasi logam terlarut. Ketika pH meningkat, keberadaan Al dalam larutan asam akan membentuk Al hidroksida seperti persamaan 1.4 berikut:



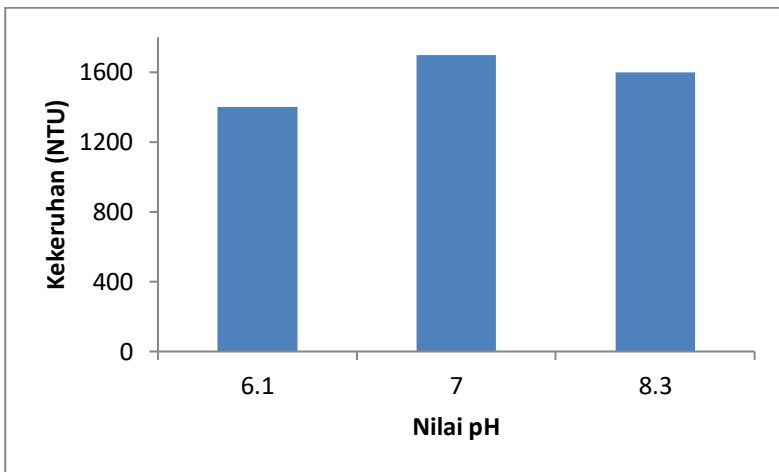
Setelah pH kapur sudah mencapai nilai yang diinginkan, kemudian dilakukan pengendapan selama 2 jam. Tujuan dari pengendapan ini yaitu membiarkan lumpur kapur turun dan mengendap, sehingga nantinya tidak ikut tercampur dengan supernatan. Selama sampel diendapkan, dilakukan pengukuran kekeruhan tiap 15 menit sekali hingga waktu ketika nilai kekeruhan tidak berubah lagi atau konstan. Oleh karena itu diperlukan penentuan waktu pengendapan kapur dengan melihat titik konstan kekeruhan pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Penentuan Waktu Pengendapan Kapur

Pada Gambar 4.2 yang menunjukkan bahwa sampel menghasilkan nilai kekeruhan yang konstan pada waktu 120 menit atau 2 jam. Oleh karena itu sebelum mekanisme pengadukan menggunakan *jartest*, diperlukan pengendapan terlebih dahulu selama 2 jam agar lumpur kapur tersuspensi dan tidak terbawa pada saat proses koagulasi dua tahap. Pada saat waktu pengendapan usai, selanjutnya dilakukan pengukuran volume lumpur kapur menggunakan gelas ukur 100 mL dan menghasilkan rata-rata lumpur sebanyak 113,6 mL.

Pengaturan pH dengan penambahan kapur selain dapat menaikkan pH juga dapat menaikkan nilai kekeruhan atau turbiditas (NTU) yang terdapat pada sampel lindi. Berikut ini Gambar 4.3 yang berisi hubungan antara pH dengan nilai kekeruhan (NTU).



Gambar 4.3 Hubungan antara pH dengan Kekeruhan

Sampel awal lindi memiliki nilai pH yaitu 5,2 dengan nilai kekeruhan sebesar 1.050 NTU. Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan pH 6,1 nilai kekeruhan mengalami kenaikan sebesar 0,25% yang menaikkan nilai kekeruhan menjadi 1.400 NTU. Pada penambahan kapur sebanyak 2 gram/liter yang

menjadikan nilai pH sebesar 7, maka nilai kekeruhan yang dihasilkan sebesar 1.700 NTU. Kenaikan nilai kekeruhan tersebut yaitu sebesar 0,38% dari nilai kekeruhan sampel awal. Pada saat pH bernilai 8,3, terjadi kenaikan nilai kekeruhan sebesar 0,34% yang menaikkan nilai kekeruhan menjadi 1.600 NTU.

4.3 Penelitian Utama

Pada penelitian utama menggunakan dosis-dosis optimum yang telah didapatkan dari proses *penentuan dosis optimum*. Pada penelitian ini merupakan serangkaian proses kimia utama yaitu proses koagulasi dua tahap dan proses oksidasi.

4.3.1 Penentuan Dosis Optimum Alum

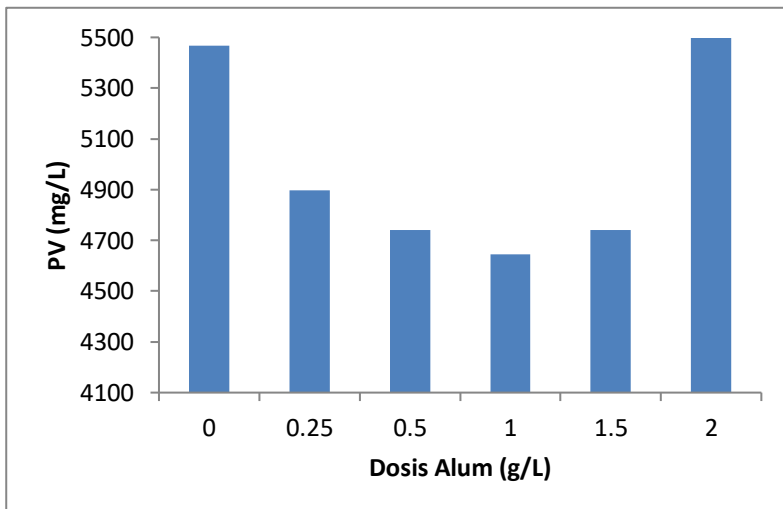
Pada tahap penentuan dosis optimum alum ini bertujuan menentukan dosis optimum koagulan alum dengan metode percobaan kasar dengan mekanisme pengadukan menggunakan *jartest*. Sampel yang digunakan merupakan hasil supernatan dari sampel lindi yang lumpur kapurnya telah dibuang. Selanjutnya sampel lindi yang telah memiliki nilai pH 7 tersebut dimasukkan ke dalam 6 *beaker glass* untuk dilakukan pengadukan menggunakan *jartest* dengan penambahan alum. Dosis koagulan alum yang divariasikan, antara lain: 0 g/L; 0,25 g/L; 0,5 g/L; 1 g/L; 1,5 g/L dan 2 g/L. Pada tahap ini terdapat mekanisme pengadukan menggunakan *jartest* dan dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan dan waktu pengadukan yaitu 200 rpm dan 2 menit. Sedangkan untuk pengadukan lambat berlangsung pada kecepatan dan waktu pengendapan cepat masing-masing yaitu 30 rpm dan 15 menit. Setelah pengadukan cepat selesai, kemudian dilakukan pengendapan selama 1 jam.

Setelah waktu pengendapan selesai, kemudian dilakukan pengamatan fisik sampel, antara lain: berwarna hijau lebih terang, supernatan sedikit keruh dan rata-rata volume lumpur yang dihasilkan yaitu 173 mL. Data analisis parameter selengkapnya terdapat pada Lampiran B. Selanjutnya supernatan diambil dan dimasukkan ke dalam wadah kecil bervolume 50 mL yang terdapat pada Gambar 4.4. Hal ini bertujuan agar sampel bisa diawetkan ke dalam inkubator dan lebih mudah untuk dianalisis..



Gambar 4.4 Sampel Hasil Penambahan Alum

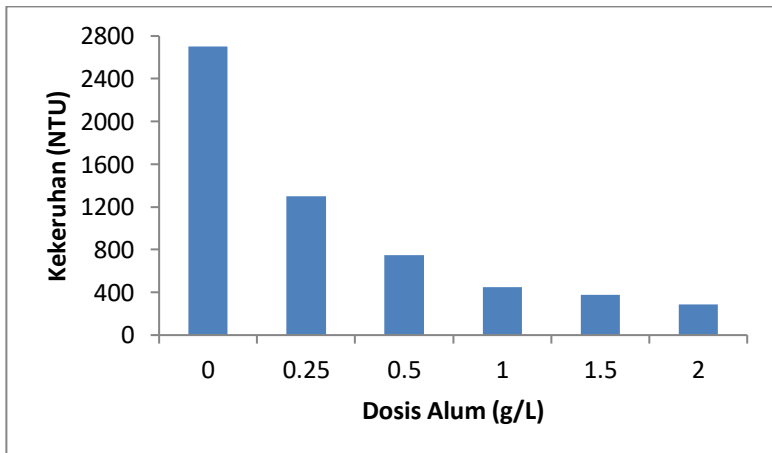
Selanjutnya dilakukan analisis beberapa parameter, antara lain: PV, warna, turbidity, TSS, fosfat, amonium, COD dan pH. Nilai PV merupakan nilai yang menunjukkan adanya kemampuan zat organik dan anorganik yang mudah teroksidasi pada air. Namun, tidak dapat menggambarkan keseluruhan zat organik dan kebutuhan oksigen sampel tersebut karena oksidasi tidak terjadi secara sempurna. Konsentrasi oksigen ditunjukkan oleh permanganat yang dikonsumsi. Nilai permanganat dapat memprediksikan nilai BOD, COD. Berikut Gambar 4.5 yang berisi hubungan antara dosis alum (gram/L) dengan PV



Gambar 4.5 Hubungan Dosis Alum dengan PV

Berdasarkan pada Gambar 4.5 menunjukkan dimana nilai permanganat (PV) menurun dari sampel tanpa dosis menuju dosis 0,25 g/L. Penurunan tersebut mulai dari konsentrasi PV sebesar 6.857,2 mg/L menjadi 5.466,8 mg/L. Konsentrasi PV terus menurun ketika dibubuhkan dosis alum 0,5 g/L yang menurunkan konsentrasi menjadi 4.740 mg/L. Pada dosis alum 1 g/L, konsentrasi alum terus menurun menjadi 4.645,2 mg/L, namun pada dosis 1,5 g/L terjadi kenaikan yang sedikit yaitu sebanyak 0,02%. Selanjutnya ketika dibubuhkan dosis terbesar yaitu 2 g/L, nilai PV semakin tinggi menjadi 5.498,4 mg/L dengan nilai peningkatan yaitu 0,14%. Pada dosis 1 g/L alum mampu menghasilkan PV yang paling rendah yaitu sebesar 4.645,2 mg/L. Pada dosis tersebut merupakan titik dimana PV terus menerus turun mulai dari konsentrasi awal dan titik sebelum PV meningkat ketika ditambahkan dosis 1,5 g/L dan 2 g/L

Pada tahap penentuan dosis optimum alum dilakukan, perlu adanya pengukuran kekeruhan (*turbidity*) untuk mengetahui penurunan nilai kekeruhan setelah sebelumnya naik dikarenakan penambahan kapur. Berikut Gambar 4.6 yang berisi hubungan antara penambahan dosis alum (g/L) dengan nilai kekeruhan (NTU).



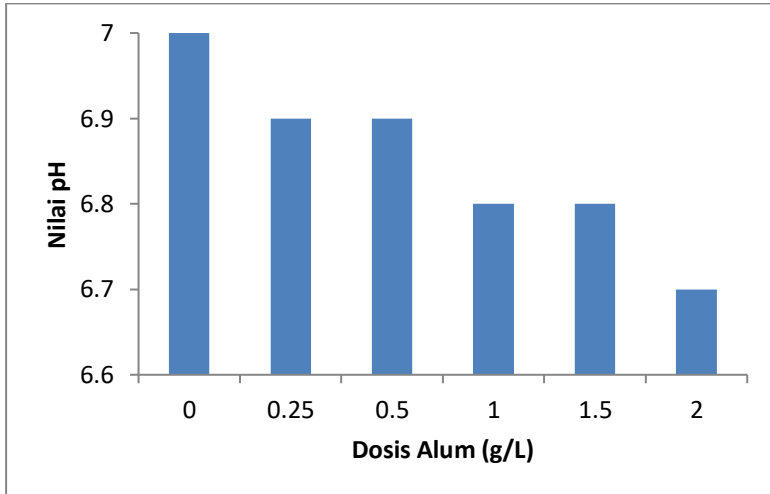
Gambar 4.6 Hubungan Dosis Alum dengan Kekeruhan

Kekeruhan sampel awal lindi yaitu sebesar 5.500 NTU dan pada Gambar 4.6 menunjukkan kekeruhan menurun menjadi 2.700 NTU pada sampel tanpa dosis alum. Pembubuhan dosis alum yang terus bertambah mampu menghasilkan nilai kekeruhan yang semakin menurun. Pada penambahan dosis alum sebanyak 0,25 g/L, kekeruhan menurun drastis sebesar 0,52% sehingga konsentrasi turun menjadi 1.300 NTU. Kekeruhan semakin menurun drastis sebesar 0,42% pada penambahan alum sebanyak 0,5 g/L yang menurunkan konsentrasi menjadi 750 NTU. Pada dosis alum 1 g/L, kekeruhan terus menurun menjadi 450 NTU dan turun kembali menjadi 380 NTU ketika ditambahkan dosis sebesar 1,5 g/L. Pada dosis terbesar alum yaitu 2 g/L mampu menghasilkan kekeruhan yang paling rendah yaitu 290 NTU. Pada dosis tersebut dijadikan dosis optimum terhadap parameter kekeruhan. Hal ini dikarenakan nilai kekeruhan terus menerus turun secara konsisten hingga pada dosis 2 g/L, sehingga tidak terjadi kenaikan konsentrasi sama sekali. Pada saat penambahan koagulan alum ke dalam lindi, alum terurai menjadi dispersi koloid yang bermuatan positif Al^{3+} dan akan mengikat partikel koloid bermuatan negatif sehingga partikel yang ada di dalamnya mengendap (Aziz, 2013).

Pada proses penambahan alum, garam logam akan melepas ion hidrogen yang dapat menetralsasi alkalinitas. Hidrogen yang dihasilkan dari penambahan 1 mg/L alum akan menetralsir 0,5 mg/L alkalinitas, sehingga menyebabkan pH sampel turun (AWWA,1990). Semakin banyak dosis alum yang ditambahkan, maka semakin menurun pula nilai pH sampel, hal ini dikarenakan karakteristik alum sendiri yang bersifat asam. Oleh karena itu perlu adanya pengecekan pH sampel untuk mengetahui penurunan nilai pH seiring dengan penambahan dosis alum yang ditambahkan.

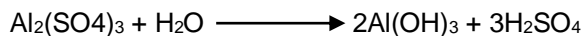
Pada analisis ini menggunakan alat yang dinamakan pH meter dan terlebih dahulu dilakukan kalibrasi Tujuan dari kalibrasi pH meter yaitu untuk menjadikan angka yang tertampil pada layar menjadi akurat setelah sebelumnya pH meter dalam kondisi mati karena tidak digunakan. Kalibrasi dilakukan dengan mencelupkan larutan *buffer* 7, lalu tekan tombol "cal" yang artinya *calibration*

dan ditunggu hingga muncul tulisan “done 7” yang terdapat pada layar. Berikut ini merupakan Gambar 4.7 yang menunjukkan hubungan antara penambahan dosis alum dengan perubahan nilai pH.



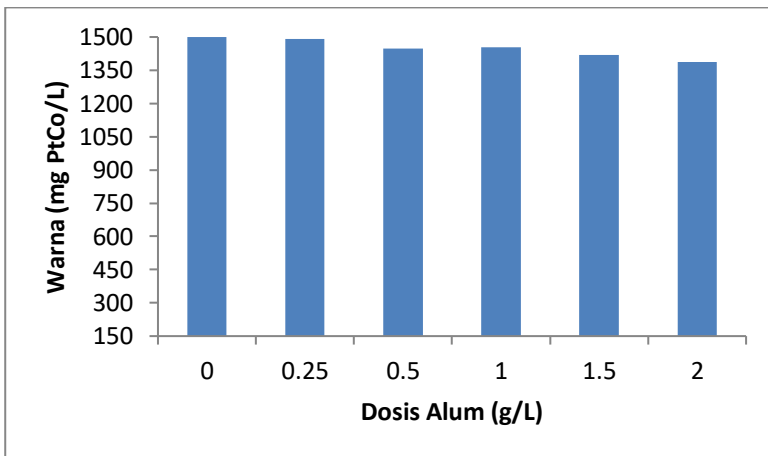
Gambar 4.7 Hubungan Dosis Alum dengan pH

Nilai pH awal dosis 0 g/L pada Gambar 4.7 masih menunjukkan angka 7, kemudian pH menurun menjadi 6,9 pada dosis 0,25 g/L dan 0,5 g/L. Pada penambahan dosis alum sebanyak 1 g/L, pH semakin turun menjadi 6,8 dan konstan hingga dosis alum 1,5 g/L. Pada pembubuhan dosis alum terbesar yaitu 2 g/L, nilai pH mencapai nilai terendah yaitu 6,7 dibandingkan dengan dosis yang lainnya. Semakin banyak penambahan alum, pH lindi akan turun menjadi asam. Hal ini disebabkan karena alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) bila dilarutkan ke dalam lindi akan menghasilkan senyawa H_2SO_4 yang akan menurunkan pH air (Aziz, 2013). Berikut reaksi pembentukan senyawa H_2SO_4 setelah penambahan alum.



Pada saat pengamatan fisik pada sampel lindi yang telah ditambahkan alum, karakteristik warna sampel dari dosis kecil ke

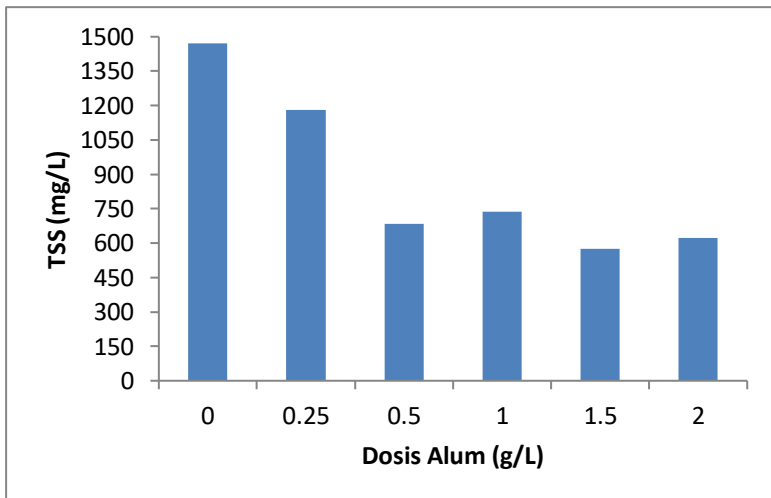
besar semakin terang. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran warna pada sampel untuk mengetahui besar nilai warna (mg PtCo/L) yang dihasilkan. Sampel terlebih dahulu disaring menggunakan corong kaca kemudian sampel hasil saringan dibaca menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang sebesar 390 nm. Berikut Gambar 4.8 yang berisi hubungan antara dosis alum (g/L) dengan warna (mg PtCo/L).



Gambar 4.8 Hubungan Dosis Alum dengan Warna

Pada sampel asli sebelum dilakukan mekanisme pengadukan menggunakan *jartest* menghasilkan nilai warna sebesar 1.511 mg PtCo/L, sedangkan pada dosis 0 g/L menghasilkan nilai sebesar 1.499 mg PtCo/L. Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan pada saat penambahan dosis sebanyak 0,25 g/L terjadi penurunan sehingga menghasilkan nilai warna sebesar 1.490 mg PtCo/L. Selanjutnya pada dosis 0,5 g/L terjadi penurunan yang sedikit yaitu sebesar 0,03% yang menurunkan konsentrasi menjadi 1.447 mg PtCo/L. Pada dosis alum 1 g/L, konsentrasi mengalami kenaikan yang sedikit yaitu 0,004% menjadi 1.453 mg PtCo/L. Konsentrasi warna mengalami penurunan kembali dari dosis 1,5 g/L hingga 2 g/L. Penurunan tersebut memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 0,023% yang menurunkan konsentrasi warna menjadi 1.420 mg PtCo/L dan 1.387 mg PtCo/L.

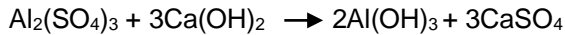
Pada penelitian ini diperlukan mengukur nilai TSS untuk mengetahui nilai jumlah total padatan tersuspensi yang ada di dalam sampel. Mekanisme dari uji TSS yaitu dengan menyaring lindi menggunakan *vacuum pump*, kemudian dimasukkan ke dalam oven dan setelah itu ditimbang cawan dan kertas saring hasil penyaringan. Berikut Gambar 4.9 berisi hubungan antara dosis alum (g/L) dengan nilai TSS.



Gambar 4.9 Hubungan Dosis Alum dengan TSS

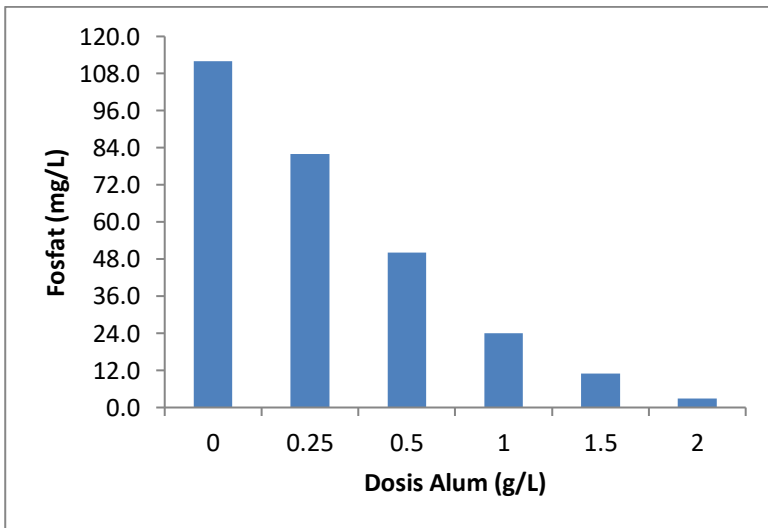
Pada Gambar 4.9 pada titik pertama pada sampel tanpa dosis masih menunjukkan nilai TSS yang besar yaitu sebesar 1.472 mg/L. Selanjutnya pada pembubuhan alum sebanyak 0,25 g/L, nilai TSS turun menjadi 1.180 mg/L dan semakin turun drastis sebanyak 0,42% pada saat dosis 0,5 g/L. Penurunan tersebut menjadikan TSS mencapai konsentrasi 684 mg/L, namun pada dosis 1 g/L terjadi kenaikan sebesar 0,07% menjadi 736 mg/L. Penurunan kembali terjadi sebesar 0,22% pada saat pembubuhan dosis alum 1,5 g/L menjadi 576 mg/L. Selanjutnya pada dosis terbesar yaitu 2 g/L, TSS kembali naik sebesar 0,08% dan konsentrasi menjadi 624 mg/L. Pada penambahan dosis

alum sebanyak 1,5 g/L menghasilkan nilai TSS yang paling rendah yaitu sebesar 576 mg/L. Data hasil analisis TSS selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B. Dari hasil analisis terlihat bahwa kadar TSS dalam sampel akan terus turun setelah ditambahkan alum (mulai dari sampel tanpa dosis hingga dosis alum 0,5 g/L). Hal ini disebabkan karena alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) merupakan dispersi koloid yang bermuatan positif yang akan mengikat partikel-partikel halus yang bermuatan negatif dan di netralkan muatannya sebagai berikut:



Setelah terjadi pengikatan antar muatan, terjadi pembentukan flok-flok kecil yang perlahan-lahan mengendap, sehingga total partikel yang tersuspensi (TSS) dapat dikurangi (Aziz, 2013).

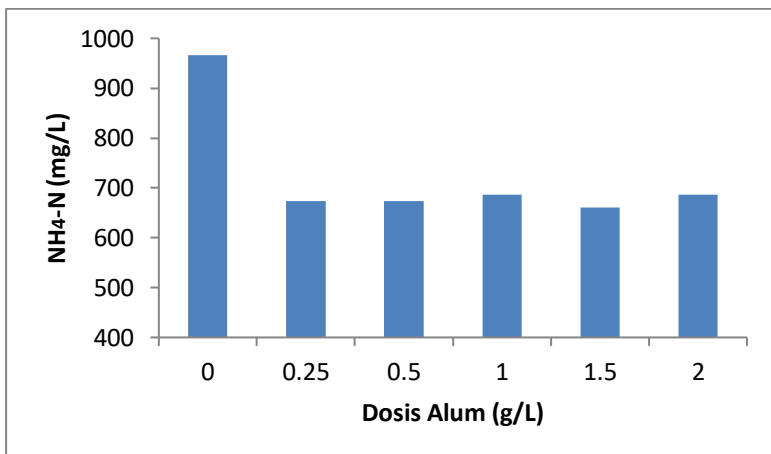
Selanjutnya dilakukan analisis parameter fosfat terhadap sampel yang telah ditambahkan alum. Tujuan dari analisis ini yaitu untuk mengetahui kadar fosfat (PO_4^{3-}) yang terlarut dalam air. Berikut Gambar 4.10 menunjukkan hubungan antara penambahan dosis alum dengan parameter fosfat.



Gambar 4.10 Hubungan Dosis Alum dengan Fosfat

Berdasarkan dari Gambar 4.10 menunjukkan semakin banyak dosis alum yang ditambahkan, konsentrasi fosfat terus menurun hingga pada dosis alum sebanyak 2 g/L. Pada titik awal sampel tanpa dosis menunjukkan konsentrasi fosfat sebesar 112 mg/L, kemudian pada dosis 0,25 g/L mampu menurunkan konsentrasi menjadi 82 mg/L. Pada dosis 0,5 g/L, fosfat mengalami penurunan sebanyak 0,39% hingga konsentrasi menjadi 50 mg/L. Konsentrasi terus menurun drastis sebanyak 0,52% dan 0,54% pada penambahan dosis alum sebanyak 1 g/L dan 1,5 g/L. Penurunan tersebut menjadikan nilai fosfat menjadi 24 mg/L dan 11 mg/L. Pada pembubuhan dosis terbesar alum yaitu 2 g/L, fosfat turun secara signifikan yaitu sebesar 0,73% hingga konsentrasi fosfat menjadi 3 mg/L. Pada dosis tersebut dijadikan dosis optimum alum terhadap fosfat, dikarenakan pada pembubuhan dosis alum mulai dari 0 g/L dan 2 g/L terjadi penurunan terus menerus tanpa adanya kenaikan sama sekali.

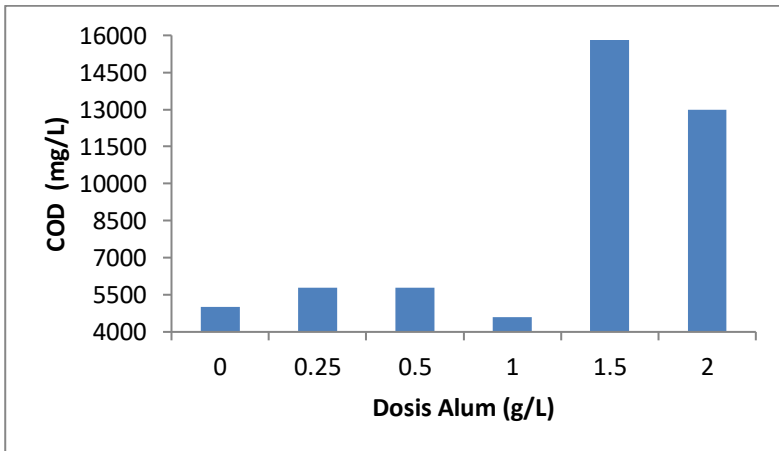
Pada penelitian ini dilakukan analisis amonium terhadap sampel lindi yang telah ditambahkan variasi dosis alum. Berikut Gambar 4.11 yang menunjukkan hubungan antara penambahan dosis alum dengan parameter amonium ($\text{NH}_4\text{-N}$).



Gambar 4.11 Hubungan Dosis Alum dengan Amonium

Berdasarkan Gambar 4.11 menunjukkan bahwa nilai konsentrasi amonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) pada dosis 0 g/L yaitu 965,8 mg/L dan turun menjadi 673,5 mg/L pada dosis 0,25 g/L dan 0,5 g/L. Pada dosis 1 g/L terjadi peningkatan yang sedikit yaitu sebesar 0,019% yang menaikkan konsentrasi menjadi 686,6 mg/L. Selanjutnya terjadi penurunan kembali sebanyak 0,038% yang menurunkan amonium menjadi 660,3 mg/L. Namun pada dosis 2 g/L, amonium naik kembali sebanyak 0,038% hingga konsentrasi menjadi 686,6 mg/L. Pada dosis 1,5 g/L merupakan dosis optimum alum terhadap parameter amonium ($\text{NH}_4\text{-N}$), dikarenakan pada dosis tersebut merupakan titik terendah konsentrasi sebelum amonium naik kembali sebesar 0,038%.

Pada tahap ini dilakukan analisis parameter COD yang terkandung dalam lindi. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses biologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air (Sawyer, 2003). Oleh karena itu parameter COD yang terkandung dalam sampel lindi perlu dianalisis untuk diketahui nilai nya. Berikut Gambar 4.12 yang menunjukkan hubungan antara dosis alum dengan COD.

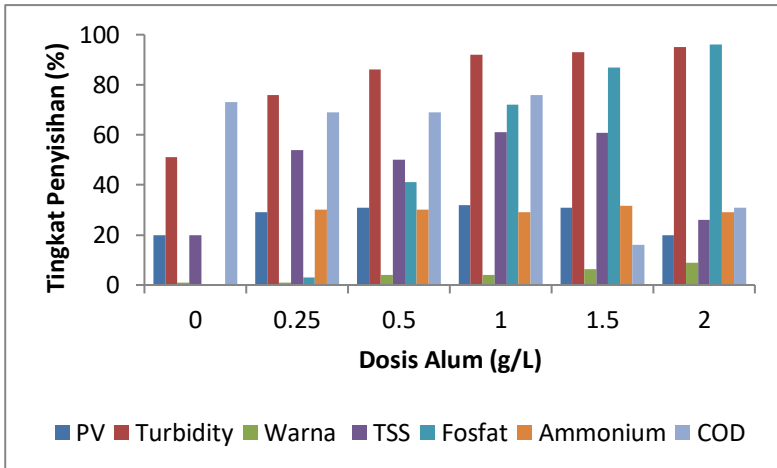


Gambar 4.12 Hubungan Dosis Alum dengan COD

Berdasarkan Gambar 4.12 menunjukkan pada dosis 0 g/L nilai COD sebesar 5.000 mg/L dan terjadi kenaikan sebesar 0,14% pada dosis alum 0,25 g/L dan 0,5 g/L hingga konsentrasi menjadi 5.800 mg/L. Selanjutnya terjadi penurunan paling rendah yaitu sebesar 0,21% yang terletak pada dosis 1 g/L alum. Pada dosis 1,5 g/L, nilai COD naik secara drastis sebesar 0,71% yang menaikkan COD menjadi 15.800 mg/L. Konsentrasi COD kembali turun sebesar 0,18% pada dosis 2 g/L hingga dapat menurunkan konsentrasi COD menjadi 13.000 mg/L. Pada dosis 1 g/L alum dijadikan dosis optimum terhadap COD, dikarenakan pada dosis tersebut memiliki konsentrasi terendah dan merupakan titik sebelum COD naik drastis pada dosis 1,5 g/L.

Penurunan konsentrasi COD pada dosis 1 g/L diakibatkan oleh penyisihan bahan-bahan organik yang berupa padatan koloid organik yang terdapat dalam air limbah. Hal ini terjadi karena partikel koloid (yang bersifat organik) memiliki muatan listrik negatif dan penambahan koagulan alum pada sampel air limbah akan membentuk mikroflok. Mikroflok membentuk partikel dengan ukuran yang lebih besar (makroflok) yang terbentuk pada saat pengadukan lambat. (Siregar,2005).

Selanjutnya dilakukan perbandingan rata-rata (*mean*) terhadap tiap variasi dosis alum dalam menurunkan masing-masing konsentrasi parameter. Metode ini digunakan untuk menentukan dosis optimum alum yang digunakan pada proses selanjutnya. Penentuan dosis optimum dilakukan dengan memperhatikan tingkat penyisihan (%) antar parameter yang lain. Hal ini dilakukan agar mendapatkan data tingkat penyisihan (%) parameter yang memiliki rata-rata penyisihan yang baik. Data analisis tiap parameter yang telah diperoleh, kemudian dimasukkan pada satu tabel untuk dibuat analisis grafik. Data perhitungan seluruh analisis tiap parameter selengkapnya dilampirkan pada Lampiran B. Berikut Gambar 4.13 yang berisi perbandingan tingkat penyisihan (%) dosis alum terhadap masing-masing parameter.



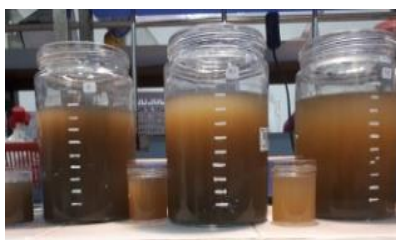
Gambar 4.13 Perbandingan Tingkat Penyisihan (%) Alum

Berdasarkan Gambar 4.13 menunjukkan pada dosis 1,5 g/L menghasilkan batang parameter yang padat dan memiliki rata-rata tingkat penyisihan (%) yang paling besar dibandingkan dengan yang lain. Oleh karena itu pada tahap *penentuan dosis optimum* alum ini menggunakan dosis 1,5 g/L sebagai dosis optimum. Setelah didapatkan dosis optimum, kemudian dilakukan pengukuran parameter TKN dengan pemanasan sampel menggunakan alat pemanas khjedal selama 4 jam hingga warna sampel berubah menjadi hijau. Selanjutnya dilakukan prosedur yang sama dengan analisis amonium yaitu sampel diencerkan sebanyak 20 kali lalu ditambahkan 1 mL larutan nessler dan 1,25 mL larutan garam signet. Setelah itu sampel diaduk dan dibiarkan selama kurang lebih 10 menit dan dibaca melalui alat spektrofotometer dengan memasukkan blanko yang diberi prosedur yang sama seperti sampel. Hasil pengukuran parameter TKN menunjukkan nilai pada sampel awal yaitu sebesar 1.725 mg/L, sedangkan pada sampel setelah penambahan dosis optimum alum yaitu sebesar 1.540 mg/L. Sehingga didapatkan selisih tingkat penyisihan konsentrasi parameter TKN yaitu sebesar 10,7 %. Pada dosis 1,5 g/L menghasilkan tingkat penyisihan (%), antara lain: 30,9% PV; 93,1% kekeruhan; 6,3%

warna; 60,9% TSS; 87% fosfat; 31,6% amonium; 10,7 TKN dan 16% COD.

4.3.2 Penentuan Dosis Optimum PAC

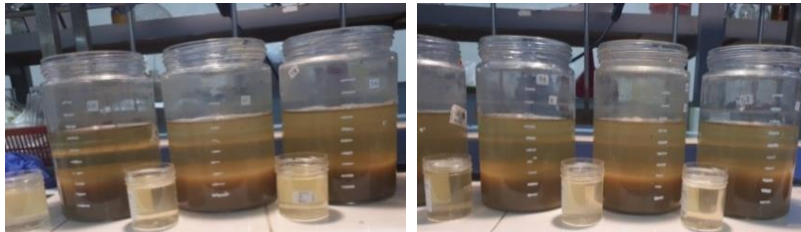
Pada tahap ini menggunakan metode percobaan kasar dengan menggunakan mekanisme pengadukan menggunakan *jarrest*. Sampel ditambahkan kapur terlebih dahulu supaya menjaga pH tidak turun setelah nantinya dibubuhkan PAC. Pada tahap ini menggunakan 12 variasi dosis PAC, meliputi: 0 g/L; 0,2 g/L; 0,4 g/L; 0,6 g/L; 0,8 g/L; 1 g/L; 1,2 g/L; 1,4 g/L; 1,5 g/L; 1,6 g/L; 1,8 g/L; dan 2 g/L. Parameter pencemar lindi yang dianalisis pada tahap ini, meliputi: PV, kekeruhan, COD, warna dan pH Sampel yang dianalisis diambil dari supernatan yang telah diendapkan selama 1 jam. Karakteristik sampel lindi setelah penambahan PAC yaitu: berwarna bening, supernatan tidak terlalu keruh dan endapannya berwarna coklat muda. PAC (*Poly Aluminium Chloride*) merupakan salah satu pengganti alum padat yang efektif karena menghasilkan koagulasi air dengan kekeruhan yang berbeda dengan cepat, menggenerasi lumpur lebih sedikit, dan juga meninggalkan lebih sedikit residu alumunium pada air yang diolah (Kristijarti, 2013). PAC memiliki kelebihan dengan tingkat adsorpsi yang kuat, mempunyai kekuatan lekat, tingkat pembentukan flok-flok tinggi meski dengan dosis kecil, memiliki tingkat sedimentasi yang cepat, cakupan penggunaannya luas, dan konsumsinya cukup pada konsentrasi rendah (Said, 2009). Berikut ini merupakan Gambar 4.14 Hasil penentuan dosis optimum PAC.



Dosis 0 g/L; 0,2 g/L; 0,4 g/L



Dosis 0,6 g/L; 0,8 g/L; 1 g/L

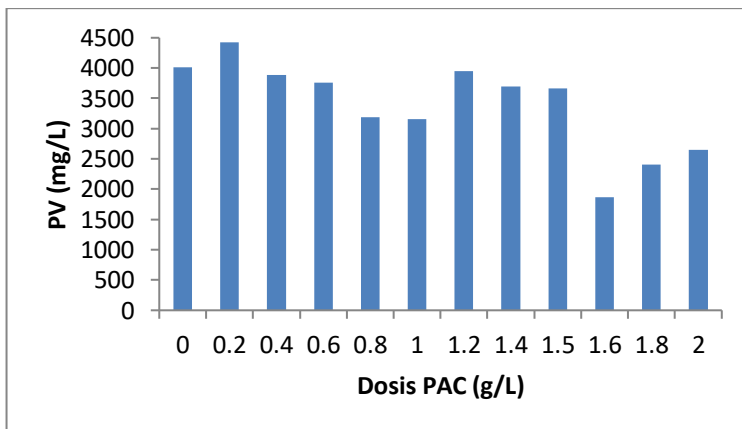


Dosis 1,2 g/L; 1,4 g/L; 1,5 g/L

Dosis 1,6 g/L; 1,8 g/L; 2 g/L

Gambar 4.14 Sampel Hasil Penambahan PAC

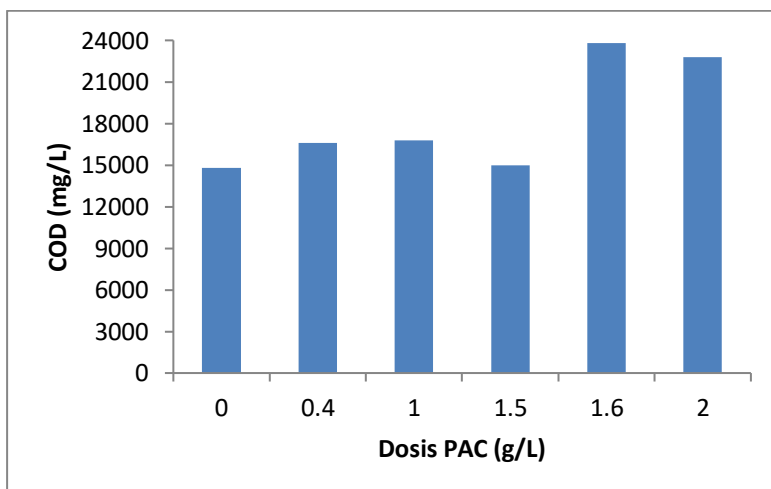
Sampel yang telah dilakukan pengendapan, kemudian dimasukkan ke dalam wadah bervolume 50 mL untuk ditampung sehingga dapat lebih mudah untuk dianalisis. Kemudian dilakukan analisis beberapa parameter antara lain: PV, turbidity, COD dan pH. Data hasil analisis tiap parameter selengkapnya terdapat pada Lampiran B. Nilai permanganat merupakan nilai yang menunjukkan adanya kemampuan zat organik dan anorganik yang mudah terOksidasi pada air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengukuran nilai permanganat (PV) pada sampel yang telah ditambahkan PAC. Berikut Gambar 4.15 yang berisi hubungan antara dosis PAC (gram/L) dengan nilai PV.



Tabel 4.15 Hubungan Dosis PAC dengan PV

Berdasarkan pada Gambar 4.15 yang berisi pengukuran hasil PV menunjukkan bahwa pada dosis 1,6 g/L mengalami penurunan konsentrasi yang drastis, selanjutnya mengalami kenaikan kembali. Pada dosis 1,6 g/L inilah menghasilkan tingkat penyisihan (%) parameter PV yang paling tinggi yaitu 67,2%. Pada dosis tersebut mampu menurunkan nilai permanganat dari konsentrasi 5.688 mg/L hingga 1.864,4 mg/L.

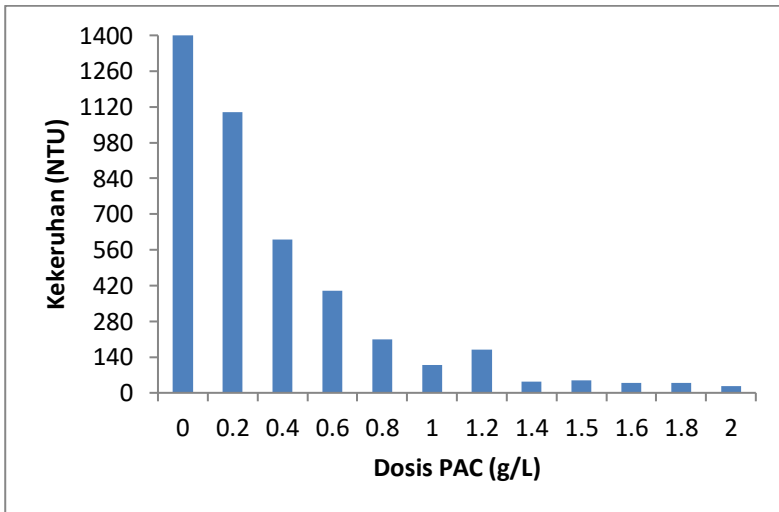
Pada penelitian ini diperlukan analisis COD untuk menentukan besarnya kandungan oksigen kimiawi dalam sampel. Sampel lindi diencerkan 100 kali dengan memasukkan 1 mL sampel lindi dan ditambahkan aquades hingga batas labu ukur 100 mL. emudian diambil 2,5 mL sampel hasil pengenceran dan dimasukkan ke dalam tabung COD. Selanjutnya ditambahkan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 1,5 mL, dilanjutkan dengan penambahan larutan Ag_2SO_4 sebanyak 2,5 mL. Setelah itu dilakukan pemanasan dengan memasukkan tabung kaca COD berisi sampel ke dalam alat pemanas *digester* selama 2 jam dengan suhu $150^{\circ}C$. Setelah dilakukan pemanasan, sampel didinginkan hingga mencapai suhu ruangan. Berikut ini Gambar 4.16 yang menunjukkan hubungan antara dosis alum dengan COD.



Gambar 4.16 Hubungan Dosis PAC dengan COD

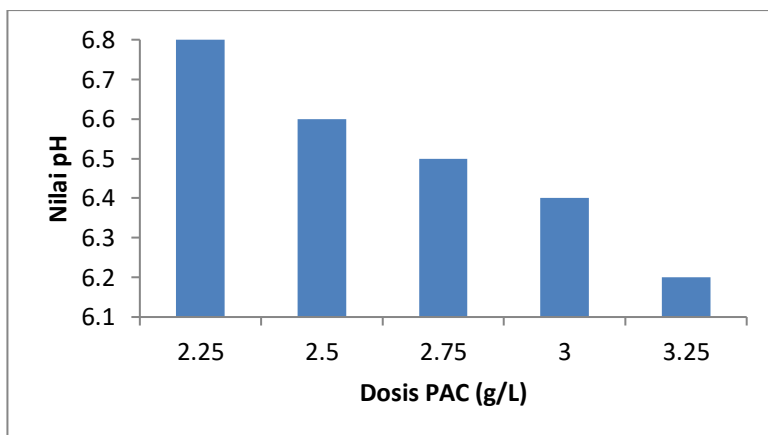
Sampel awal dengan tanpa dosis PAC yaitu menghasilkan nilai COD sebesar 14.800 mg/L, kemudian konsentrasi naik secara perlahan-lahan menjadi 16.600 mg/L dan 16.800 mg/L pada penambahan dosis sebanyak 0,4 g/L dan 1 g/L. Selanjutnya pada dosis 1,5 g/L, nilai COD turun sebesar 0,11% yang menurunkan konsentrasi menjadi 15.000 mg/L. Pada dosis seterusnya yaitu 1,6 g/L, nilai COD kembali naik sebanyak 0,37% menjadi 23.800 mg/L. Selanjutnya pada dosis 2 g/L nilai COD menurun menjadi 22.800 mg/L. Oleh karena itu dapat diperoleh dosis optimum PAC terhadap parameter COD yaitu terdapat pada dosis 1,5 g/L.

Pada pengamatan fisik dapat dilihat bahwa semakin banyak dosis PAC yang ditambahkan maka warna sampel semakin terang. Oleh karena itu perlu adanya pengukuran kekeruhan (*turbidity*) untuk mengetahui penurunan nilai kekeruhan setelah sebelumnya naik dikarenakan terjadi penambahan kapur. Berikut ini Gambar 4.17 yang berisi hubungan antara dosis PAC (g/L) dengan konsentrasi kekeruhan (NTU).



Tabel 4.17 Hubungan Dosis PAC dengan Kekeruhan

Berdasarkan Gambar 4.17 menunjukkan bahwa semakin banyak dosis PAC yang ditambahkan, maka nilai kekeruhan semakin menurun. Penurunan paling besar terdapat pada dosis yang paling besar yaitu 2 g/L. Pada dosis tersebut mampu menurunkan nilai kekeruhan mulai dari 8000 NTU hingga 26 NTU, sehingga mampu menghasilkan tingkat penyisihan (%) paling tinggi yaitu mencapai 99,7 %. Konsentrasi kekeruhan pada lindi menjadi semakin rendah ketika ditambahkan PAC. Hal ini disebabkan karena semakin banyak partikel koloid dalam air yang dinetralkan dengan muatan positif koagulan PAC, sehingga filtrat air menjadi lebih jernih. Filtrat lindi menjadi lebih jernih tersebut karena partikel koloid dalam lindi sebagai penyebab kekeruhan bereaksi dengan muatan positif dari koagulan yang kemudian membentuk flok yang dapat mengendap (Budiman, 2008). Proses penambahan PAC perlu dilakukan pengecekan pH sampel lindi tiap variasi dosis. Hal ini dilakukan dikarenakan PAC menyediakan muatan kation hingga pada pH lebih dari 6, sehingga proses hidrolisisnya menyebabkan penurunan pH (Hendricks, 2006). Berikut ini Gambar 4.18 yang berisi hubungan antara dosis PAC dengan pH.

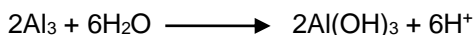


Gambar 4.18 Karakteristik pH Setelah Ditambah PAC

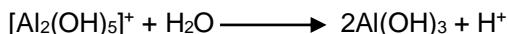
Berdasarkan Gambar 4.18 menunjukkan bahwa semakin banyak dosis PAC yang ditambahkan, maka semakin menurun pula nilai

pH sampel. Penurunan nilai pH tiap penambahan PAC bersifat konsisten dan tidak mengalami perubahan kenaikan nilai pH. Pada Gambar 4.17 menunjukkan pada penambahan dosis PAC sebanyak 3,25 g/L dapat menurunkan nilai pH menjadi 6,2. Penurunan pH pada saat penambahan PAC lebih tajam dibandingkan pada saat alum ditambahkan. Hal ini dapat dilihat dari reaksi yang terjadi sebagai berikut:

Reaksi penambahan alum:

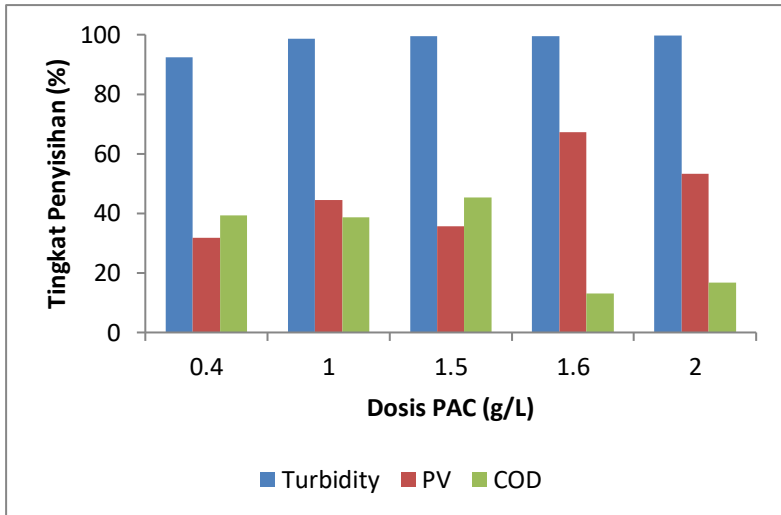


Reaksi penambahan PAC:



Reaksi tersebut menunjukkan bahwa pada reaksi hidrolisis, aluminium sulfat dalam air melepas ion H^+ sebanyak 6H^+ , sedangkan pada reaksi hidrolisis PAC hanya dilepaskan 1 buah ion H^+ . Hal ini akan menyebabkan pH air yang menggunakan aluminium sulfat akan bersifat lebih asam daripada yang menggunakan koagulan PAC (Budiman, 2008).

Selanjutnya dilakukan perbandingan tingkat penyisihan (%) parameter PV, turbidity dan COD pada setiap variasi dosis. Perbandingan data tersebut bertujuan untuk mengetahui dosis optimum PAC yang nantinya digunakan untuk proses koagulasi dua tahap. Penentuan dosis optimum ini juga dilakukan dengan perbandingan nilai rata-rata (*mean*) dari tiap tingkat penyisihan (%) variasi dosis PAC dalam menurunkan parameter pencemar lindi. Data analisis pengukuran tiap parameter selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B. Berikut ini merupakan Gambar 4.19 yang berisi grafik perbandingan tingkat penyisihan (%) tiap parameter terhadap masing-masing dosis PAC.



Gambar 4.19 Perbandingan Tingkat Penyisihan (%) PAC

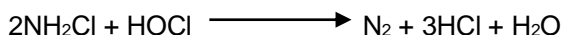
Berdasarkan dari Gambar 4.19 menunjukkan bahwa tingkat rata-rata (mean) tingkat penyisihan (%) pada dosis 2 g/L PAC yaitu sebesar 56,6. Dosis PAC sebanyak 2 g/L dijadikan dosis optimum yang nantinya digunakan pada proses koagulasi dua tahap. Setelah dilakukan penentuan dosis optimum PAC, lalu dilakukan analisis parameter terhadap sampel setelah dibubuhkan PAC sebanyak 2 g/L. Parameter tersebut, antara lain: amonium, warna, TSS dan TKN. Pada sampel lindi awal hasil pengukuran amonium menunjukkan nilai 170,2 mg/L, sedangkan setelah dibubuhkan PAC sebanyak 2 g/L konsentrasi menurun sedikit yaitu menjadi 170 mg/L. Sehingga selisih tingkat penyisihan amonium yang dihasilkan yaitu sebesar 0,12%. Sampel awal lindi memiliki nilai warna sebesar 1.258 mg PtCo/L dan ketika dibubuhkan PAC konsentrasi menurun menjadi 663 mg PtCo/L, sehingga tingkat penyisihannya sebesar 47,3%. Konsentrasi TSS pada sampel awal lindi yaitu 196 mg/L dan saat ditambahkan PAC konsentrasi menjadi 24 mg/L, sehingga tingkat penyisihannya yaitu 87,8%. Pada sampel awal lindi juga memiliki konsentrasi TKN sebesar 1.540 mg/L dan ketika ditambahkan PAC menurun menjad 1.455 mg/L, sehingga tingkat

penyisihannya menjadi 5,5%. Pada dosis 2 g/L mampu menghasilkan tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar, antara lain: 53,3% PV; 16,8% COD; 0,12% amonium; 47,3% warna; 87,8% TSS; 5,5% TKN dan 99,7% kekeruhan.

4.3.3 Penentuan Dosis Optimum Kaporit

Pada tahap ini bertujuan untuk mendapatkan dosis optimum oksidator kaporit yang nantinya akan digunakan pada proses oksidasi. Mekanisme pada tahap ini yaitu dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan kisaran 500-600 rpm. Proses pengadukan ini berlangsung selama setengah jam dan diendapkan selama 15 menit sebelum dilakukan analisis. Sampel yang digunakan pada tahap penentuan dosis optimum kaporit berasal dari lindi yang telah ditambahkan kapur. Sampel yang digunakan yaitu sebanyak 1L dan diletakkan pada *beaker glass* 1L. Variasi dosis kaporit yang digunakan berjumlah 7 varian dosis, antara lain: 10 g/L; 20 g/L; 30 g/L; 50 g/L; 70 g/L; 90 g/L dan 110 g/L.

Karakteristik sampel pada Gambar 4.20 setelah dilakukan pengendapan, yaitu: berwarna bening, sedikit keruh, berbusa, berbau menyengat dan menghasilkan lumpur kaporit berwarna putih. Semakin besar dosis kaporit yang ditambahkan, jumlah buih akan semakin meningkat. Hal ini dikarenakan pada lindi terdapat kandungan NH_3 (amonia) yang tinggi dapat menghasilkan NH_2Cl yang cukup stabil. Apabila kelebihan jumlah klor yang dihasilkan pada pembubuhan kaporit, maka senyawa NH_2Cl akan pecah dan terbentuk gas N_2 (Spellman, 2003).

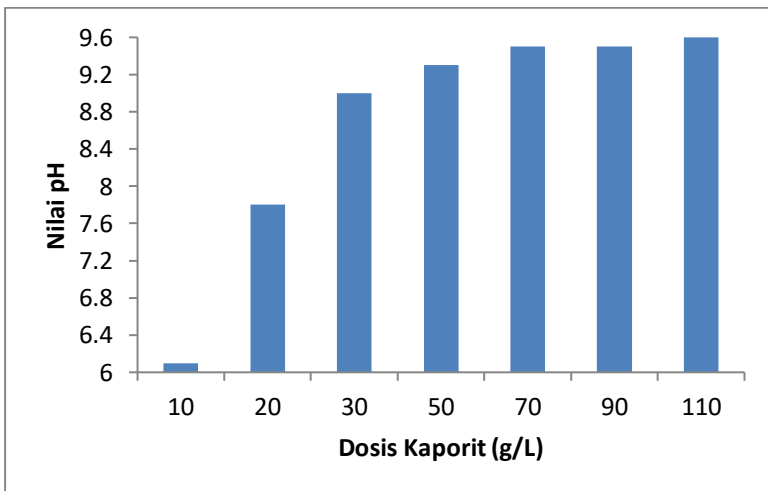


Sampel yang telah ditambahkan kaporit, kemudian diambil supernatannya dengan memisahkan kapur dan buih dari sampel. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan pipet ukur 10 mL dan dimasukkan ke dalam wadah kontainer kecil berukuran 50 mL. Selanjutnya dilakukan analisis tiap parameter pencemar lindi, meliputi: pH, *Turbidity*, warna, PV, TSS, COD, amonium dan fosfat. Hasil analisis parameter setelah ditambahkan kaporit selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran B.



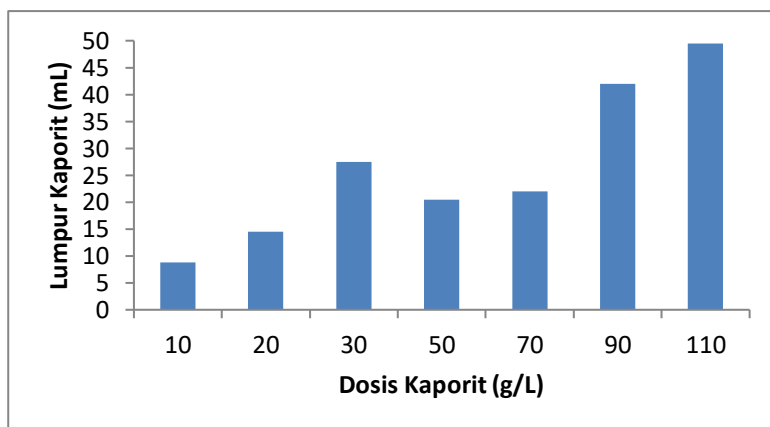
Gambar 4.20 Sampel Hasil Penambahan Kaporit

Parameter sampel yang diukur pertamakali yaitu nilai pH, dikarenakan nilai pH pada sampel dapat berubah setelah ditambahkan kaporit. Berdasarkan hasil pengukuran pH menggunakan pH meter, sampel lindi yang telah ditambahkan kaporit memiliki pH yang naik dan cenderung bersifat basa. Berikut Gambar 4.21 berisi hubungan dosis kaporit dengan pH.



Gambar 4.21 Hubungan Dosis Kaporit dengan pH

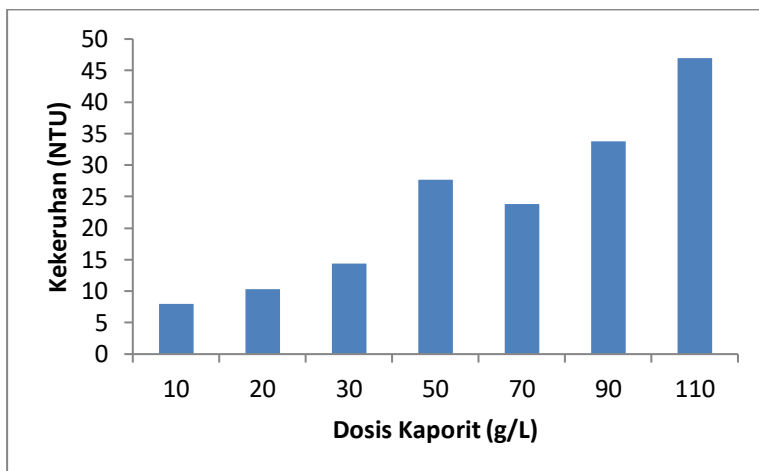
Nilai pH sampel awal lindi sebelum dibubuhkan kaporit yaitu sebesar 5,8. Berdasarkan Gambar 4.21 menunjukkan pada dosis 10 g/L dan 20 g/L terjadi kenaikan pH mencapai nilai 6,1 dan 7,8. Selanjutnya pada saat penambahan dosis kaporit sebanyak 30 g/L, pH mengalami kenaikan yang besar mencapai nilai 9,0. Perubahan pH yang cenderung basa dikarenakan adanya pengaruh penambahan kaporit. Kaporit di dalam air mengalami hidrolisis membentuk senyawa Ca(OH)_2 yang merupakan basa kuat dan HOCl^- yang merupakan asam lemah. Ca(OH)_2 akan terurai membentuk ion Ca^{2+} dan ion OH^- sehingga perbandingan ion OH^- lebih besar daripada ion H^+ yang menyebabkan larutan bersifat basa (Ulliaji, 2016). Pada saat diendapkan padatan serbuk kaporit akan melayang-layang dan perlahan-lahan mengendap ke bawah permukaan sampel dan membentuk lapisan lumpur kaporit. Pada penelitian ini perlu dilakukan pengukuran lumpur kaporit untuk mengetahui volume lumpur kaporit (mL). Lumpur yang terbentuk merupakan kumpulan serbuk kaporit bermassa kecil, sehingga mudah terhambur kembali ke dalam larutan ketika *beakerglass* digerakkan sedikit. Ketika analisis berlangsung, alangkah baiknya untuk berhati-hati agar pipet ukur tidak menyentuh lumpur kaporit yang menyebabkan lindi menjadi keruh kembali. Berikut Gambar 4.22 yang berisi hubungan antara dosis kaporit dengan lumpur.



Gambar 4.22 Hubungan Dosis Kaporit dengan Lumpur

Berdasarkan Gambar 4.2 pada awal pembubuhan dosis, lumpur kaporit yang dihasilkan perlahan-lahan naik hingga pada dosis 30 g/L. Selanjutnya pada saat dosis 50 g/L, volume lumpur (mL) menurun sebesar 0,25% dan terjadi kenaikan kembali hingga volume lumpur sebesar 22 mL. Kemudian volume lumpur terus meningkat sebanyak 0,48% pada saat dosis 90 g/L yang menghasilkan volume sebanyak 168 mL. Selanjutnya pada dosis 110 g/L menghasilkan lumpur yang paling banyak yaitu 198 mL. Rata-rata lumpur kaporit yang dihasilkan yaitu 105,6 mL.

Pada pembubuhan dosis kaporit yang semakin besar, maka semakin keruh dan banyak pula partikel yang melayang-layang dan juga susah diendapkan. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis kekeruhan (*turbidity*) untuk mengetahui zat tersuspensi yang terdapat pada sampel. Berikut Gambar 4.23 yang berisi hubungan antara dosis kaporit dengan kekeruhan.

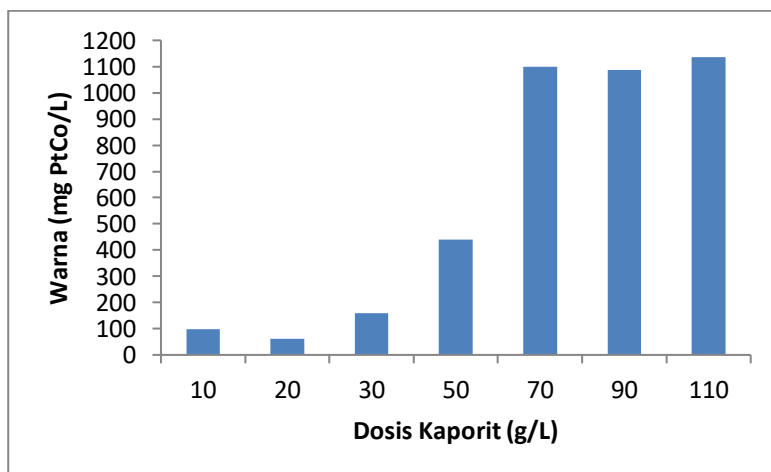


Gambar 4.23 Hubungan Dosis Kaporit dengan Kekeruhan

Konsentrasi kekeruhan sampel sebelum ditambahkan kaporit yaitu sebesar 32,75 g/L. Berdasarkan Gambar 4.23 menunjukkan pada pembubuhan dosis pertama terjadi penurunan kekeruhan menjadi 7,95 g/L. Namun seiring bertambahnya dosis kaporit, secara perlahan-lahan kekeruhan naik hingga pada dosis 50 g/L.

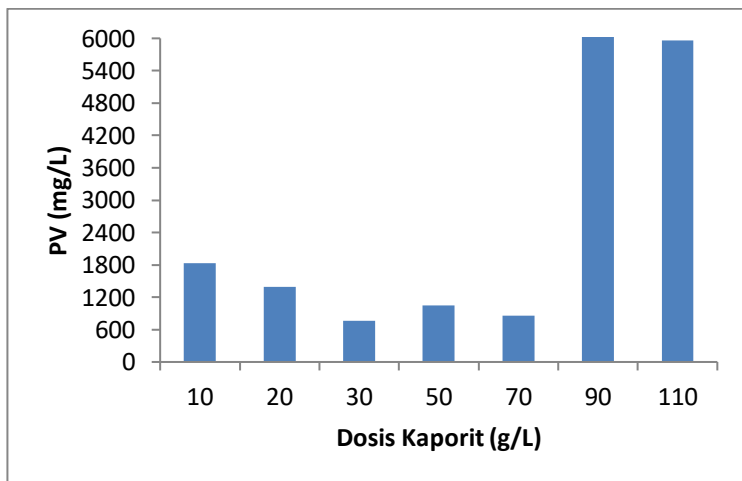
Kemudian kekeruhan menurun sebanyak 0,14% ketika dibubuhkan dosis sebanyak 70 g/L. Selanjutnya terjadi kenaikan kembali secara signifikan hingga sebesar 0,49% pada dosis sebanyak 110 g/L. Dosis optimum kaporit terhadap parameter kekeruhan terdapat pada dosis 10 g/L, dikarenakan pada titik tersebut merupakan titik sebelum kekeruhan mengalami naik-turun yang pada akhirnya naik secara signifikan. Pada dosis kaporit 10 g/L menunjukkan kesesuaian dosis kaporit sebagai oksidator yang cocok dalam menghilangkan senyawa besi maupun mangan yang terlarut di dalam air. Oleh karena itu, semakin banyak senyawa besi dan mangan yang teroksidasi, maka akan menurunkan kadar padatan terlarut yang menyebabkan nilai kekeruhan tinggi pada lindi.

Pada penambahan dosis kaporit mengakibatkan timbulnya padatan tersuspensi dan terlarut dari serbuk kaporit yang memberikan warna keruh permanen pada sampel. Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan semakin besar dosis kaporit, maka semakin keruh warnanya. Sehingga dilakukan analisis warna untuk mengetahui hubungan antara dosis kaporit dengan warna yang ditunjukkan pada Gambar 4.24.



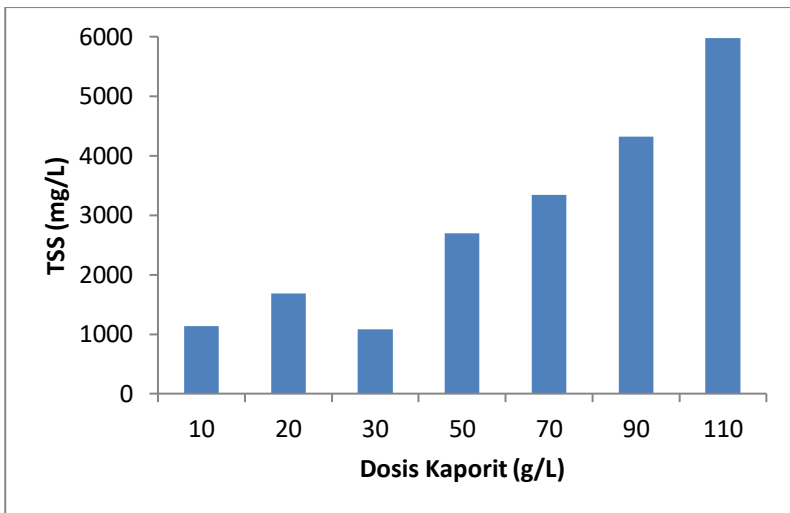
Gambar 4.24 Hubungan Dosis Kaporit dengan Warna

Nilai warna pada sampel sebelum dibubuhkan kaporit yaitu sebesar 180 mg PtCo/L dan pada Gambar 4.24 menunjukkan pada saat penambahan dosis sebanyak 10 g/L dan 20 g/L terjadi penurunan warna (mg PtCo/L) hingga mencapai 0,46% dan 0,66%. Namun pada penambahan dosis 30 g/L dan 50 g/L, nilai warna semakin naik sebesar 160 mg PtCo/L dan 440 mg PtCo/L. Kemudian nilai warna semakin naik secara drastis ketika dibubuhkan dosis sebanyak 70 g/L hingga mencapai nilai sebesar 1100 mg PtCo/L. Selanjutnya nilai warna menurun sebesar 0,01% pada saat dosis 90 g/L dan terjadi kenaikan kembali hingga nilai warna sebesar 1135 mg PtCo/L pada dosis 110 g/L. Dari data tersebut dapat diperoleh dosis optimum kaporit terhadap parameter warna yaitu pada saat pembubuhan dosis sebanyak 20 g/L. Hal ini dikarenakan pada dosis tersebut merupakan titik nilai warna terendah dan merupakan titik sebelum nilai warna naik perlahan-lahan maupun secara drastis. Pada penelitian ini perlu dilakukan pengukuran senyawa organik yang terkandung di dalam sampel. Oleh karena itu perlu adanya penentuan besar nilai permanganat atau PV (mg/L) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik pada air sampel. Berikut Gambar 4.25 berisi hubungan dosis kaporit dengan PV.



Gambar 4.25 Hubungan Dosis Kaporit dengan PV

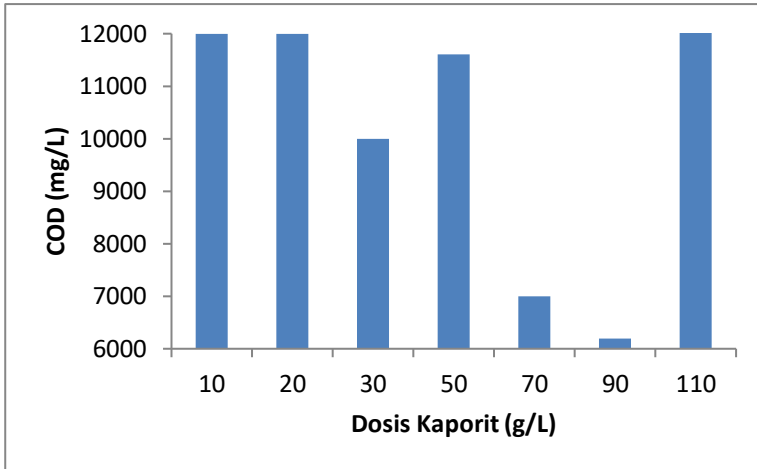
Nilai PV awal sebelum ditambahkan kaporit yaitu sebesar 3.096,8 mg/L. Berdasarkan Gambar 4.25 menunjukkan pada dosis 10 g/L; 20 g/L dan 30 g/L terjadi penurunan PV menjadi 1.832,8 mg/L; 1.390,4 mg/L dan 758,4 mg/L. Namun pada dosis 50 g/L, PV naik menjadi 1.042,8 mg/L dan turun kembali pada saat dosis 70 g/L menjadi 853,2 mg/L. Setelah ditambahkan dosis kaporit sebanyak 90 g/L, PV mengalami kenaikan yang signifikan yaitu sebesar 0,87%. Pada dosis tersebut, PV menjadi 6.794 mg/L dan terjadi penurunan menjadi 5.956,6 mg/L pada dosis 110 g/L. Sehingga dapat diperoleh dosis optimum kaporit terhadap PV yaitu pada dosis 70 g/L. Hal ini dikarenakan pada dosis sebelum 70 g/L mengalami kenaikan dan penurunan yang hanya sedikit dan hampir mendekati konstan, sedangkan pada titik setelah 70 g/L terjadi kenaikan yang sangat signifikan. Analisis TSS perlu dilakukan untuk menentukan jumlah total padatan tersuspensi yang terkandung dalam lindi. Analisis ini menggunakan metode penyaringan dengan *vacuum pump* yang nantinya kertas saring hasil saringan dilakukan pemanasan menggunakan oven 105°C selama 1 jam. Berikut ini Gambar 4.26 yang menunjukkan hubungan antara dosis kaporit dengan TSS.



Gambar 4.26 Hubungan Dosis Kaporit dengan TSS

Berdasarkan Gambar 4.26 menunjukkan bahwa nilai TSS pada dosis 10 g/L yaitu 1.140 mg/L dan kemudian naik menjadi 1.680 mg/L pada dosis 20 g/L. Selanjutnya terjadi penurunan nilai TSS sebesar 0,36% pada saat pembubuhan dosis sebanyak 30 g/L dan nilai TSS kembali naik hingga pada dosis 110 g/L. Pada pembubuhan dosis yang terbesar tersebut menghasilkan nilai TSS yang paling besar yaitu 5.980 mg/L. Oleh karena itu dapat ditentukan dosis optimum dari Gambar 4.26 yaitu pada dosis 30 g/L. Hal ini dikarenakan pada dosis tersebut memiliki nilai TSS yang paling rendah dan merupakan titik sebelum nilai TSS naik secara terus-menerus. Pada Gambar 4.26 menunjukkan semakin banyak dosis kaporit yang ditambahkan (pada kisaran dosis 10 g/L hingga 20 g/L kaporit), semakin banyak pula muatan positif yang dihasilkan yang menyebabkan jumlah flok yang terbentuk semakin banyak. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya kation dari koagulan yang dihasilkan, maka semakin banyak pula partikel koloid dalam lindi yang dinetralkan dan membentuk flok, sehingga nilai TSS akan menjadi meningkat. Pada penambahan kaporit pada dosis 50 g/L hingga 110 g/L, jumlah TSS yang terbentuk menjadi sedikit. Hal ini dikarenakan terjadi proses adsorpsi kation yang berlebihan oleh partikel koloid dalam lindi, sehingga menyebabkan deflokulasi atau restabilisasi koloid kembali. Tidak semua partikel pada sampel dapat diendapkan maupun disaring, sehingga partikel padatan tersuspensi masih tertahan oleh kertas saring. Oleh karena itu semakin banyak dosis kaporit menyebabkan partikel padatan tersuspensi di dalam kertas saring menjadi semakin berat ketika ditimbang dengan neraca analitik (Budiman, 2008).

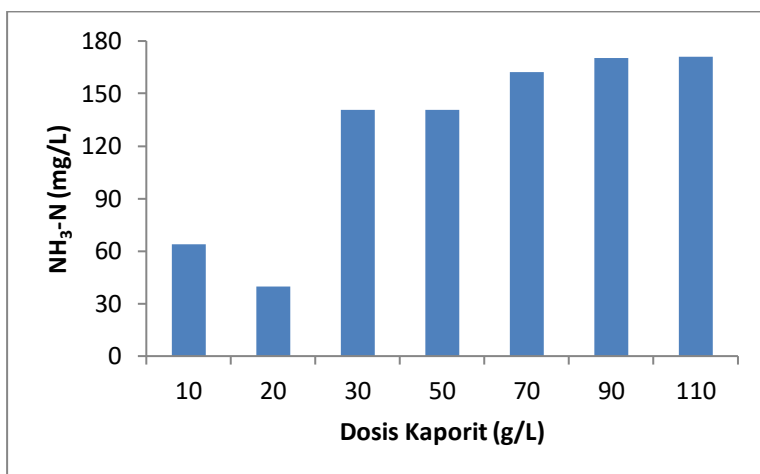
Pada penelitian ini perlu dilakukan analisis nilai COD (mg/L) yang terdapat pada sampel yang telah ditambahkan kaporit. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses biologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam sampel air (Sawyer, 2003). Berikut Gambar 4.27 yang berisi hubungan antara dosis kaporit (g/L) dengan nilai COD (mg/L).



Gambar 4.27 Hubungan Dosis Kaporit dengan COD

Sampel awal lindi sebelum ditambahkan kaporit yaitu sebesar 12.400 mg/L dan pada Gambar 4.27 pada saat penambahan dosis 10 g/L dan 20 g/L terjadi penurunan nilai COD menjadi 12.000 mg/L. Selanjutnya terjadi penurunan kembali sebanyak 0,17% pada saat dosis 30 g/L, sehingga nilai COD menjadi 10.000 mg/L. Pada pembubuhan dosis sebanyak 40 g/L, nilai COD kembali naik menjadi 11.600 mg/L dan setelah itu turun sebanyak 0,4% dan 0,11% pada dosis 70 g/L dan 90 g/L. Pada saat penambahan dosis terbesar yaitu 110 g/L, nilai COD naik secara drastis sebanyak 0,54% yang menaikkan nilai COD menjadi 13.400 mg/L. Pada analisis COD ini dapat ditentukan dosis optimum kaporit yaitu pada dosis 90 g/L, dikarenakan pada titik tersebut merupakan titik sebelum nilai COD naik secara drastis. Pada penambahan kaporit sebanyak 70 g/L dan 90 g/L akan cenderung menurunkan nilai COD. Hal ini disebabkan karena pada penambahan dosis tersebut klorin sebagai oksidasi Fe(II), Mn(II) dan bahan kimia anorganik lain di dalam lindi. Sehingga penurunan beberapa jenis bahan kimia organik/anorganik inilah yang kemudian akan menurunkan nilai COD dalam lindi (Aziz, 2013).

Amonium merupakan senyawa nitrogen (NH_3 /amoniak) yang menjadi NH_4^+ pada saat kondisi sampel dengan Ph yang rendah. Berdasarkan kondisi eksisting rumah kompos, kandungan NH_3 pada lindi dapat menempel pada butir-butir tanah selama proses infiltrasi tanah dan sulit terlepas dari butir-butir tanah tersebut. Oleh karena itu, kadar NH_3 yang tinggi pada lindi menunjukkan adanya potensi pencemaran. Senyawa NH_3 dapat dihilangkan dengan melalui aerasi atau reaksi dengan asam hipoklorit (HOCl) atau kaporit, sehingga diubah menjadi kloramin yang tidak berbahaya atau menjadi gas N_2 (AWWA, 1990). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis amonium untuk mengetahui kadar amonium yang terlarut. Berikut Gambar 4.28 yang berisi hubungan antara dosis kaporit dengan amonium ($\text{NH}_3\text{-N}$).

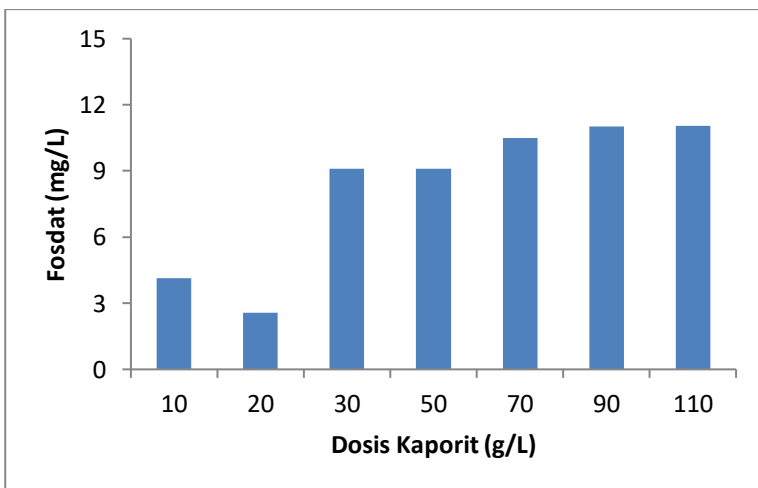


Gambar 4.28 Hubungan Dosis Kaporit dengan Amonium

Pada sampel lindi yang belum ditambahkan kaporit memiliki nilai amonium sebesar 170 mg/L. Pada Gambar 4.28 menunjukkan pembubuhan dosis 10 g/L, amonium mengalami penurunan yang besar sebanyak 0,62% yang dapat menurunkan amonium menjadi 63,8 mg/L. Kemudian dilanjutkan penurunan amonium kembali menjadi 39,6 mg/L pada saat dosis kaporit sebanyak 20 g/L. Namun pada dosis 30 g/L terjadi kenaikan yang drastis mencapai 0,72% yang menaikkan amonium menjadi 140,6 mg/L.

Pada dosis selanjutnya hingga pada dosis 110 g/L, nilai amonium semakin menaik secara perlahan-lahan dan hampir mendekati konstan. Kenaikan nilai amonium tersebut mencapai 0,001%; 0,13%; 0,05% dan 0,004% pada saat pembubuhan dosis sebanyak 50 g/L; 70 g/L; 90 g/L dan 110 g/L. Sehingga dari Gambar 4.36 dapat diketahui dosis optimum kaporit terdapat pada dosis 20 g/L yang merupakan titik sebelum nilai amonium terus meningkat secara signifikan maupun sedikit kenaikan.

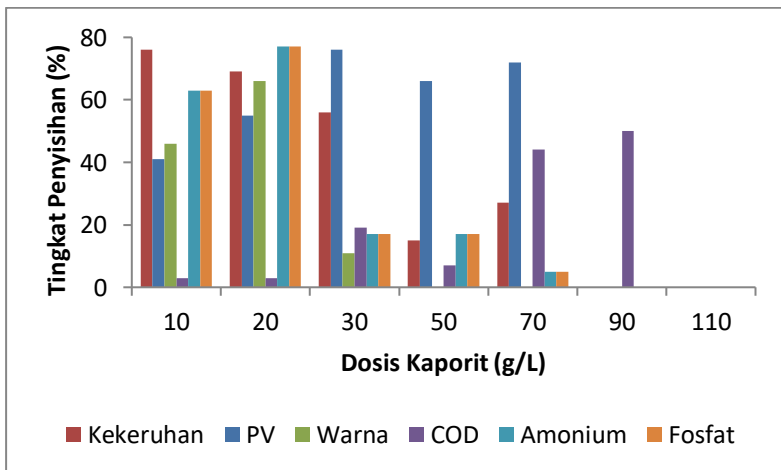
Fosfat terdapat dalam air limbah sebagai senyawa ortofosfat, poliofosfat dan fosfat organik. Fosfat organik adalah P yang terikat dengan senyawa organik sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari ortophosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya (Sawyer, 2003) Pada analisis ini bertujuan untuk mengetahui kadar fosfat (PO_4^{3-}) yang terlarut dalam sampel. Berikut Gambar 4.29 yang berisi hubungan antara dosis kaporit (g/L) dengan nilai fosfat (mg/L).



Gambar 4.29 Hubungan Dosis Kaporit dengan Fosfat

Pada Gambar 4.29 menunjukkan pada awal dosis 10 g/L terjadi penurunan konsentrasi fosfat yang awalnya sebesar 11 mg/l berubah menjadi 4,3 mg/L. Kemudian konsentrasi fosfat terus menurun pada dosis 20 g/L dan terjadi kenaikan drastis sebesar 0,72% yang menaikkan fosfat menjadi 9,1 mg/L. Konsentrasi fosfat pada pembubuhan dosis selanjutnya semakin naik secara perlahan-lahan hingga pada dosis 110 g/L. Pada dosis terbesar tersebut, konsentrasi fosfat yaitu sebesar 11,06 mg/L. Berdasarkan dari Gambar 4.37 dapat diketahui dosis optimum kaporit terhadap konsentrasi fosfat (mg/L) terletak pada dosis 20 g/L. Pada dosis tersebut dapat menurunkan konsentrasi fosfat dengan tingkat penyisihan (%) yang paling besar yaitu 76,7%.

Setelah itu dilakukan perbandingan tingkat penyisihan (%) tiap parameter pada setiap variasi dosis. Perbandingan data tersebut bertujuan untuk mencari dosis optimum kaporit. Penentuan dosis optimum ini juga dilakukan dengan perbandingan nilai rata-rata (*mean*) dari tiap tingkat penyisihan (%) variasi dosis kaporit dalam menurunkan parameter pencemar lindi. Berikut ini merupakan Gambar 4.30 yang berisi grafik perbandingan tingkat penyisihan (%) tiap parameter terhadap masing-masing dosis kaporit.



Gambar 4.30 Perbandingan Tingkat Penyisihan (%) Kaporit

Pada tahap penentuan dosis optimum kaporit lebih mengutamakan tingkat penyisihan (%) terhadap parameter yang memiliki kandungan senyawa organik dibandingkan dengan parameter fisik. Hal ini dikarenakan pada tahap koagulasi dua tahap telah banyak menurunkan parameter fisik dibandingkan dengan yang memiliki kandungan organik. Berdasarkan Gambar 4.30 pada dosis 30 g/L dan 70 g/L memiliki keunggulan yang lebih baik dibandingkan dengan dosis yang lain. Pada dosis 30 g/L mampu menurunkan COD menjadi 10.000 mg/L, sedangkan pada dosis 70 g/L lebih unggul dengan nilai COD yang sebesar 7.000 mg/L. Namun pada dosis 70 g/L memiliki parameter fisik yang lebih buruk secara drastis dibandingkan dengan dosis 30 g/L. Pada dosis 70 g/L menaikkan nilai warna (mg PtCo/L) sebanyak 0,85% dari dosis 30 g/L. Pada parameter TSS, dosis 70 g/L memiliki kenaikan yang drastis yaitu sebanyak 67,7 dibandingkan dengan dosis 30 g/L. Oleh karena itu pada penelitian ini, menggunakan dosis kaporit sebanyak 30 g/L sebagai dosis optimum. Pada dosis tersebut mampu menurunkan beberapa parameter, antara lain: 56% kekeruhan; 75,5% PV; 11,1% warna; 19,4% COD; 17,3% amonium dan 17,3% fosfat.

4.3.4 Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi

Koagulasi dua tahap dilakukan dengan membubuhkan dosis optimum alum dan polimer PAC yang sebelumnya didapatkan pada tahap penentuan dosis optimum. Pada proses koagulasi dua tahap menggunakan dosis optimum alum dan PAC masing-masing sebanyak 1,5 g/L dan 2 g/L. Pada proses ini terdapat pengadukan menggunakan *jartest*, dimana dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit dan pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 15 menit. Setelah pengadukan selesai, kemudian dilakukan pengendapan selama 1 jam agar partikel flok-flok, lumpur dan zat tersuspensi mengendap terlebih dahulu. Selanjutnya dilakukan pengukuran tiap parameter pencemar lindi yang meliputi: PV, warna, kekeruhan, COD, TSS dan pH. Gambar sampel hasil proses koagulasi dua tahap dapat dilihat pada Gambar C1 (Lampiran C). Hasil pengamatan lindi setelah melewati proses koagulasi dua tahap, yaitu: berwarna hijau terang kekuningan, lumpur endapan berwarna coklat dan padat. Pada sampel

koagulasi dua tahap menghasilkan lumpur flok sebanyak 336 mL. Pengukuran lumpur dilakukan dengan menggunakan gelas ukur berukuran 100 mL. Sampel supernatan sebelumnya dituang terlebih dahulu pada botol plastik, kemudian disisakan flok lumpur yang nantinya dituang ke gelas ukur untuk diukur volumenya. Selanjutnya lindi hasil koagulasi dua tahap diteruskan ke proses oksidasi. Lumpur flok dari hasil koagulasi dua tahap dipisahkan, sehingga pada proses oksidasi hanya supernatan saja yang dimasukkan ke dalam *beakerglass* bervolume 1 liter. Pada proses oksidasi terdapat mekanisme pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses pengadukan ini menggunakan kecepatan pengadukan antara range 500-600 rpm. Pengadukan berlangsung selama setengah jam dan diendapkan selama 15 menit.

Pada proses oksidasi menggunakan dosis optimum sebanyak 30 g/L yang telah dipilih pada saat tahap penentuan dosis optimum kaporit. Hasil pengamatan sampel setelah dilewati proses koagulasi-flokulasi-oksidasi memiliki warna yang lebih terang, terdapat banyak busa dan menghasilkan lumpur kaporit yang berwarna putih. Pada proses koagulasi-flokulasi-oksidasi, volume lumpur yang dihasilkan yaitu 275 mL. Hasil pengamatan karakteristik lumpur, yaitu: berwarna putih, berbentuk flok butiran tebal yang mengendap dan berbau menyengat. Pengukuran lumpur dilakukan dengan menuangkan ke gelas ukur berukuran 100 mL. Gambar sampel hasil proses koagulasi-flokulasi-oksidasi dapat dilihat pada Gambar C2 (Lampiran C). Berikut Tabel 4.2 yang berisi hasil karakteristik lindi proses koagulasi-flokulasi-oksidasi.

Tabel 4.2 Hasil Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi

Koagulasi Satu Tahap (Alum)						Koagulasi Dua Tahap (Alum+PAC)			Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi (Alum+PAC+Kaporit)		
No	Parameter	Satuan	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Tingkat Penyisihan (%)	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Tingkat Penyisihan (%)	Konsentrasi Awal	Konsentrasi Akhir	Tingkat Penyisihan (%)
1	PV	mg/L	6.857,2	4.740	30,9	7.362,8	4.171,2	43,0	4.740	758,4	84,0
2	Kekeruhan	NTU	5.500	380	93,1	9.500	216	97,7	106	14,4	86,4
3	Warna	mg PtCo/L	1.511	1.420	6,3	1.280	477	62,7	890	160	82,0
4	COD	mg/L	18.800	15.800	16,0	17.920	16.000	10,7	17.600	10.000	43,2
5	TKN	mg/L	1.725	1.540	10,7	1.725	1.455	15,7			
6	Amonium	mg/L	965,8	660,3	31,6	170,6	170	0,35	170,6	140,6	17,6
7	Fosfat	mg/L	84,5	11	87,0				85,5	9,1	89,4
8	TSS	mg/L	1.472	576	60,9	1.592	24	98,5	1.380	1.080	21,7
9	pH	-	7	6,8	-	7	6,3	-	7	9	-

Berdasarkan Tabel 4.2 menunjukkan pada koagulasi dua tahap mampu menghasilkan beberapa parameter yang lebih unggul dibandingkan hanya satu tahap. Parameter tersebut, antara lain: PV, kekeruhan, warna, TKN dan TSS. Sedangkan pada tingkat penyisihan (%) parameter COD dan amonium menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan koagulasi satu tahap. Pada koagulasi satu tahap mampu menyisihkan COD hingga 10,7%, hal ini membuktikan alum dapat mengikat partikel dengan cepat dan dapat membentuk flok lebih banyak dibandingkan dengan penambahan PAC. Alum berbentuk kristal jika ditambahkan dengan air akan mudah larut dan bereaksi dengan HCO_3^- menghasilkan aluminium hidroksida. Alum memiliki muatan elektron positif sedangkan padatan tersuspensi memiliki muatan elektron negatif, jika kedua zat ini bertemu maka akan terjadi reaksi. Hasil dari reaksi ini padatan tersuspensi dapat terikat oleh zat koagulan alum sehingga akan membentuk flok-flok dalam air. Penurunan kadar COD dengan penambahan alum memiliki muatan partikel koloid yang dinetralkan sehingga memungkinkan partikel tersebut saling berberturan dan menjadi gumpalan flok besar. Penggumpalan flok tersebut dibantu oleh adanya pengadukan lambat yang kemudian partikel tersebut mengendap pada proses sedimentasi (Salsabila, 2018).

Pada proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terdapat beberapa parameter yang memperoleh tingkat penyisihan (%) yang baik dibandingkan dengan koagulasi satu tahap dan koagulasi dua tahap. Beberapa parameter yang unggul setelah melewati proses koagulasi-flokulasi-oksidasi, antara lain: PV, warna, COD dan fosfat. Pada parameter TSS hanya dapat disisihkan sebanyak 21,7%, dikarenakan partikel koloid kaporit masih melayang-layang dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk diendapkan.

4.4 Produksi Lumpur

Pada proses koagulasi-flokulasi-oksidasi tentunya akan menghasilkan lumpur dari hasil pengolahan. Lumpur tersebut berasal dari hasil proses penambahan kapur, proses koagulasi dua tahap dan juga proses oksidasi. Perhitungan lumpur dilakukan untuk mengetahui jumlah air filtrat yang tersisa di

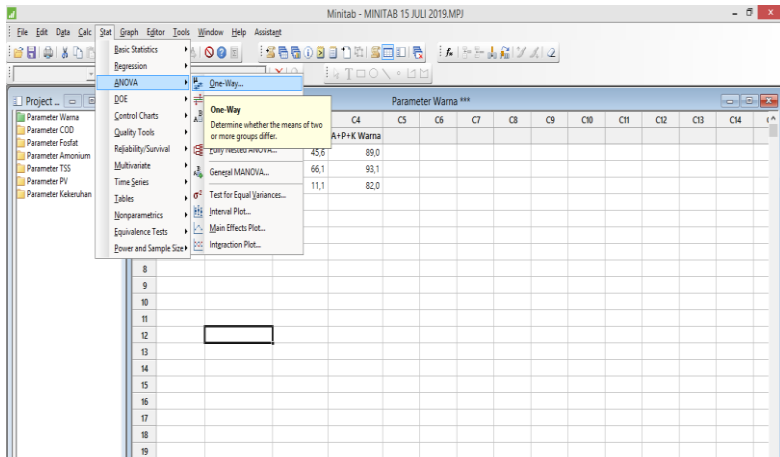
dalam sampel hasil pengolahan tiap proses. Pada penelilian dilakukan pemisahan lumpur kapur sebelum dilakukan pengadukan kembali pada proses koagulasi dua tahap. Pada proses koagulasi satu tahap yaitu ketika alum ditambahkan, lumpur flok tidak dipisahkan dari sampel pada waktu sedimentasi. Lumpur flok hasil koagulasi satu tahap tersebut tetap diteruskan hingga proses koagulasi dua tahap. Hal ini dikarenakan pada penambahan dosis kedua menjadikan struktur flok menjadi lebih padat yang diakibatkan oleh penyusunan kembali partikel dengan perubahan muatan permukaannya (Zhao *et al.*, 2011). Selanjutnya setelah proses koagulasi dua tahap, lumpur flok dipisahkan dan filtrat diteruskan hingga proses oksidasi dengan mekanisme pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*.

Sampel lindi sebelum diolah yaitu bervolume 100 mL, kemudian dilakukan penambahan kapur dan diendapkan selama 2 jam. Lumpur hasil pengendapan selanjutnya dipisahkan dari filtrat yang akan digunakan pada proses koagulasi dua tahap. Lumpur yang dihasilkan dari penambahan kapur memiliki rata-rata sebanyak 114 mL dengan volume lumpur paling banyak yaitu 930 mL. Sehingga sisa filtrat dari hasil penambahan kapur memiliki rata-rata yaitu 886 mL yang akan digunakan pada proses koagulasi dua tahap.

Pada proses koagulasi dua tahap yaitu terjadi penambahan alum dan PAC menghasilkan rata-rata lumpur yaitu 319 mL dengan volume terbanyak yaitu 336 mL. Sisa filtrat dihitung dari selisih sisa filtrat waktu penambahan kapur (886 mL) dengan volume rata-rata lumpur setelah koagulasi dua tahap (319 mL). Sehingga sisa filtrat yang dihasilkan yaitu sebanyak 567 mL yang nantinya akan digunakan pada proses oksidasi. Proses oksidasi menggunakan kaporit telah menghasilkan produksi lumpur berwarna putih yang memiliki volume rata-rata lumpur sebanyak 106 mL. Sisa filtrat sampel proses oksidasi yaitu sebanyak 461 mL yang didapatkan dari selisih dari filtrat proses koagulasi dua tahap dengan rata-rata volume lumpur proses oksidasi.

4.5 Hasil Analisis Statistik ANOVA *One-Way*

Analisis statistik digunakan untuk mengetahui pengaruh dari setiap variabel terhadap parameter yang diuji. Analisis statistik yang digunakan yaitu ANOVA *One-Way* menggunakan program MINITAB 17. Analisis statistik menggunakan metode one-way digunakan untuk mengetahui tingkat signifikansi antara proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap konsentrasi tiap parameter pencemar lindi. Berikut Gambar 4.31 yang menunjukkan model pengaturan ANOVA *One-Way* yang terdapat pada program Minitab 17.



Gambar 4.31 Analisis ANOVA *One-Way* pada Minitab 17

ANOVA *One-Way* dilakukan dengan menghasilkan tingkat kepercayaan sebesar 95% dan nilai signifikansi kurang dari 0,005 ($P < 0,005$). Data hasil running ANOVA *One-Way* selengkapnya dapat dilihat pada Tabel B.11 (Lampiran B).

Analisis Statistik Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi terhadap Penurunan Warna

Hasil analisis statistik ANOVA *One-Way* memperlihatkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap penurunan

warna memiliki tingkat signifikan yang baik. Variabel yang dimasukkan ke dalam program, antara lain: penambahan alum saja, alum dan PAC, kaporit saja serta gabungan antara alum, PAC dan kaporit. Angka variabel yang dimasukkan yaitu berupa masing-masing dosis yang ditambahkan, tiap kolom diisi 2-3 variasi dosis yang menunjukkan konsentrasi warna terbaik. Berikut Tabel 4.3 yang berisi hasil analisis statistik penurunan warna.

Tabel 4.3 Analisis Statistik Penurunan Warna

Variabel	Respon	Nilai P
Penambahan alum	Penurunan warna	0,029
Penambahan alum dan PAC		
Penambahan kaporit		
Penambahan alum, PAC dan kaporit		

Pada Tabel 4.3 menunjukkan tingkat signifikan *P-Value* pada penurunan warna yaitu sebesar 0,029 ($<0,005$). Hal ini menunjukkan penurunan warna pada lindi dipengaruhi oleh penambahan bahan kimia dari proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang diberikan.

Analisis Statistik Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi terhadap Penurunan COD

Hasil analisis statistik ANOVA *One-Way* memperlihatkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap penurunan COD memiliki tingkat signifikan yang baik. Variabel yang dimasukkan ke dalam program, antara lain: penambahan alum saja, PAC saja, alum dan PAC, kaporit saja serta gabungan antara alum, PAC dan kaporit. Angka variabel yang dimasukkan yaitu berupa masing-masing dosis yang ditambahkan, tiap kolom

diisi 2-3 variasi dosis yang menunjukkan konsentrasi COD terbaik. Berikut Tabel 4.4 yang berisi hasil analisis statistik penurunan COD.

Tabel 4.4 Analisis Statistik Penurunan COD

Variabel	Respon	Nilai P
Penambahan alum	Penurunan COD	0,003
Penambahan PAC		
Penambahan alum dan PAC		
Penambahan kaporit		
Penambahan alum, PAC dan kaporit		

Pada Tabel 4.4 menunjukkan tingkat signifikan *P-Value* pada penurunan COD yaitu sebesar 0,003 ($<0,005$). Hal ini menunjukkan penurunan COD pada lindi dipengaruhi oleh penambahan bahan kimia dari proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang diberikan.

Analisis Statistik Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi terhadap Penurunan Fosfat

Hasil analisis statistik ANOVA *One-Way* memperlihatkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap penurunan fosfat memiliki tingkat signifikan yang baik. Variabel yang dimasukkan ke dalam program, antara lain: penambahan alum saja, kaporit saja serta gabungan antara alum, PAC dan kaporit. Angka variabel yang dimasukkan yaitu berupa masing-masing dosis yang ditambahkan, tiap kolom diisi 2-3 variasi dosis yang menunjukkan konsentrasi fosfat terbaik. Berikut Tabel 4.5 yang berisi hasil analisis statistik penurunan fosfat.

Tabel 4.5 Analisis Statististik Penurunan fosfat

Variabel	Respon	Nilai P
Penambahan alum	Penurunan Fosfat	0,049
Penambahan kaporit		
Penambahan alum, PAC dan kaporit		

Pada Tabel 4.5 menunjukkan tingkat signifikan *P-Value* pada penurunan fosfat yaitu sebesar 0,049 ($<0,005$). Hal ini menunjukkan penurunan fosfat pada lindi dipengaruhi oleh penambahan bahan kimia dari proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang diberikan.

Analisis Statistik Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi terhadap Penurunan Amonium

Hasil analisis statistik ANOVA *One-Way* memperlihatkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap penurunan amonium memiliki tingkat signifikan yang baik. Variabel yang dimasukkan ke dalam program, antara lain: penambahan alum saja, kaporit saja serta gabungan antara alum, PAC dan kaporit. Angka variabel yang dimasukkan yaitu berupa masing-masing dosis yang ditambahkan, tiap kolom diisi 2-3 variasi dosis yang menunjukkan konsentrasi amonium terbaik. Berikut Tabel 4.6 yang berisi hasil analisis statistik penurunan amonium.

Tabel 4.6 Analisis Statististik Penurunan Amonium

Variabel	Respon	Nilai P
Penambahan alum	Penurunan Amonium	0,027
Penambahan kaporit		
Penambahan alum, PAC dan kaporit		

Pada Tabel 4.6 menunjukkan tingkat signifikan *P-Value* pada penurunan amonium yaitu sebesar 0,027 ($<0,005$). Hal ini menunjukkan penurunan amonium pada lindi dipengaruhi oleh penambahan bahan kimia dari proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang diberikan.

Analisis Statistik Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi terhadap Penurunan PV

Hasil analisis statistik ANOVA *One-Way* memperlihatkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap penurunan PV memiliki tingkat signifikan yang baik. Variabel yang dimasukkan ke dalam program, antara lain: penambahan alum saja, PAC saja, alum dan PAC, kaporit saja serta gabungan antara alum, PAC dan kaporit. Angka variabel yang dimasukkan yaitu berupa masing-masing dosis yang ditambahkan, tiap kolom diisi 2-3 variasi dosis yang menunjukkan konsentrasi PV terbaik. Berikut Tabel 4.7 yang berisi hasil analisis statistik penurunan warna.

Tabel 4.7 Analisis Statitistik Penurunan PV

Variabel	Respon	Nilai P
Penambahan alum	Penurunan PV	0,001
Penambahan PAC		
Penambahan alum dan PAC		
Penambahan kaporit		
Penambahan alum, PAC dan kaporit		

Pada Tabel 4.7 menunjukkan tingkat signifikan *P-Value* pada penurunan PV yaitu sebesar 0,001 ($<0,005$). Hal ini menunjukkan penurunan PV pada lindi dipengaruhi oleh penambahan bahan kimia dari proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang diberikan.

Analisis Statistik Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi terhadap Penurunan Kekeruhan

Hasil analisis statistik ANOVA *One-Way* memperlihatkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap penurunan kekeruhan memiliki tingkat signifikan yang baik. Variabel yang dimasukkan ke dalam program, antara lain: penambahan alum saja, PAC saja, alum dan PAC serta kaporit saja. Angka variabel yang dimasukkan yaitu berupa masing-masing dosis yang ditambahkan, tiap kolom diisi 2-3 variasi dosis yang menunjukkan konsentrasi kekeruhan terbaik. Berikut Tabel 4.8 yang berisi hasil analisis statistik penurunan kekeruhan.

Tabel 4.8 Analisis Statistik Penurunan Kekeruhan

Variabel	Respon	Nilai P
Penambahan alum	Penurunan kekeruhan	0,007
Penambahan PAC		
Penambahan alum dan PAC		
Penambahan Kaporit		

Pada Tabel 4.8 menunjukkan tingkat signifikan *P-Value* pada penurunan kekeruhan yaitu sebesar 0,007 ($<0,005$). Hal ini menunjukkan penurunan kekeruhan pada lindi dipengaruhi oleh penambahan bahan kimia dari proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang diberikan.

Analisis Statistik Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi terhadap Penurunan TSS

Hasil analisis statistik ANOVA *One-Way* memperlihatkan pengaruh proses koagulasi-flokulasi-oksidasi terhadap penurunan TSS memiliki tingkat signifikan yang baik. Variabel yang dimasukkan ke dalam program, antara lain: penambahan alum

saja serta alum dan PAC. Angka variabel yang dimasukkan yaitu berupa masing-masing dosis yang ditambahkan, tiap kolom diisi 2-3 variasi dosis yang menunjukkan konsentrasi TSS terbaik. Berikut Tabel 4.9 yang berisi hasil analisis statistik penurunan warna.

Tabel 4.9 Analisis Statistik Penurunan TSS

Variabel	Respon	Nilai P
Penambahan alum	Penurunan TSS	0,005
Penambahan alum dan PAC		

Pada Tabel 4.9 menunjukkan tingkat signifikan *P-Value* pada penurunan TSS yaitu sebesar 0,005 ($<0,005$). Hal ini menunjukkan penurunan TSS pada lindi dipengaruhi oleh penambahan bahan kimia dari proses koagulasi-flokulasi-oksidasi yang diberikan.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian sampai saat ini, kesimpulan yang didapat adalah:

1. Koagulasi dua tahap pada penelitian ini menggunakan dosis alum dan PAC masing-masing sebanyak 1,5 g/L dan 2 g/L. Dosis tersebut merupakan dosis optimum yang didapatkan dari tahap penentuan dosis optimum koagulan alum dan PAC. Pada koagulasi dua tahap mampu menghasilkan tingkat penyisihan (%) konsentrasi pencemar lindi, antara lain: 43,0% PV; 97,7% kekeruhan; 62,7% warna; 10,7% COD; 15,7% TKN; 87,1% fosfat; 0,35% amonium dan 98,5% TSS.
2. Proses oksidasi menggunakan dosis optimum kaporit sebanyak 30 g/L. Pada dosis tersebut mampu menurunkan parameter pencemar lindi, meliputi: 19,4% COD; 56% kekeruhan; 11,1% warna; 75,5% PV; 17,3% amonium dan 17,3% fosfat.
3. Proses kombinasi koagulasi-flokulasi-oksidasi pada penelitian ini mampu menghasilkan tingkat penyisihan (%), antara lain: 43,2% COD; 86,4% kekeruhan; 82% warna; 84% PV; 17,6% amonium; 89,4% fosfat dan 21,7% TSS.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang diberikan, meliputi:

1. Perlu adanya pengolahan lanjutan untuk menurunkan konsentrasi pencemar lindi khususnya senyawa organik hingga dapat memenuhi baku mutu lindi.
2. Perlu penelitian koagulasi dua tahap dengan tanpa memisahkan flok lumpur untuk menghasilkan kualitas *effluent* yang lebih baik.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Al-layla, AM Et All. 1998. *Water Supply Engineering Design*. Ann Abror Science Publisher Inc the Buffer Worth Group.
- Amor, C, dkk. 2015. *Mature Landfill Leachate Treatment by Cogulation/Flocculation Combined with Fenton and Solar Photo-Fenton Processes*. J Hazard Mater. 2015 Apr 9;286:261-8. doi: 10.1016/j.jhazmat.2014.12.036. Epub 2014 Dec 23
- Amokrane, A. , Comel, C. Veron, J. 1997. *Landfill Leachate Pretreatment by Coagulation-Flocculation*. *Water Research*, Volume 31, Issue 11, Pages 2775-2782
- APHA, AWWA, WPCF. (2005) *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21st.ed., APHA, AWWA, WPCF, Washington, DC.
- AWWA and ASCE. 1990. *Water Treatment Plant Design (3^d Edition)*. McGraw-Hill.
- Aziz, H. A., Alias, S., Adlan, M. N., Faridah, Asaari, A. H., Zahari, M. S. 2007. *Colour Removal From Landfill Leachate By Coagulation And Flocculation Processes*. *Bioresource Technology*, 98(1), 218–220.
- Aziz, T, Pratiwi, D.Y, Rethiana, L. 2013. *Pengaruh Penambahan Tawas $Al_2(SO_4)_3$ dan Kaporit $Ca(OCl)_2$ terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro*. Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Brennan, R. B., Clifford, E., Devroedt, C., Morrison, L., Healy, M. G. 2017. *Treatment of Landfill Leachate in Municipal Wastewater Treatment Plants and Impacts on Effluent Amonium Concentrations*. *Journal of Environmental Management*, 188, 64–72.
- Barclay, C. 2018. *Coagulation Flocculation in Wastewater Treatment*. *Progressive Gardening Blogspot*.
- Budiman, Anton. 2008. *Kinerja Koagulasi Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas*

- Surabaya Menjadi Air Bersih. *Widaya Teknik*, Vol.7, No. 1, 2008 (25-34)
- Carlson, K. H. and Gregory, D. 2000. *Optimizing Water Treatment with Two-stage Coagulation*. *Journal Environmental Engineering*. No 126, 556-561.
- Clesceri, L.S., Greenberg, A.E., Eaton, A.D, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association. Washington DC.
- Darmajaya, I. 2005. Penggunaan Koagulasi Dua Tahap dalam Meningkatkan Efisiensi Pengolahan Lindi TPA Benowo. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS. Surabaya.
- Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau Kota Surabaya. 2018. Studi Pengolahan dan Pemanfaatan Air Limbah pada Taman Aktif, Depo Tempat Penampungan Sampah Sementara dan Rumah Kompos. Surabaya.
- Fajrin, J., Pathurahman, Pratama, L.G. 2016. Aplikasi Metode *Analysis of Variance* (Anova) untuk Mengkaji Pengaruh Penambahan Silica Fume terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Mortar. Mataram: Universitas Mataram.
- Ghafari, S., Aziz, H. A., Isa, M. H., Zinatizadeh, A. A. 2009. *Application of Response Surface Methodology (RSM) To Optimize Coagulation–Flocculation Treatment of Leachate using Poly-Aluminum Chloride (PAC) And Alum*. *Journal Of Hazardous Materials*, 163(2), 650–656.
- Gebbie, P. 2001. *Polyaluminium Coagulants in Water Treatment*. Fisher Stewart Pty Ltd.
- Han, D., Tong, X., Currell, M. J., Cao, G., Jin, M., Tong, C. 2014. *Evaluation of The Impact of An Uncontrolled Landfill on Surrounding Groundwater Quality*, Zhoukou, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 136, 24–39.
- Hendricks, D. 2006. *Water Treatment Unit Process: Physical and Chemical*. Taylor and Francis Group.

- Kementerian Lingkungan Hidup. 2016. Baku Mutu Lindi Bagi Usaha Dan Atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Sampah.
- Kristijanti, A Prima., Suharto, Ign., Marieanna. 2013. Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. [Laporan Penelitian]. Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan
- Kulikowska, D. 2012. Nitrogen removal from landfill leachate via the nitrite route. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 29(2), 211–219.
- Li, H., Zhou, S., Sun, Y., Lv, J. 2010. *Nitrogen and Carbon Removal from Fenton-Treated Leachate by Denitrification and Biofiltration. Bioresource Technology*, 101(20), 7736–7743.
- Li, W., Hua, T., Zhou, Q., Zhang, S., Li, F. 2010. *Treatment of Stabilized Landfill Leachate by The Combined Process of Coagulation/Flocculation and Powder Activated Carbon Adsorption. Desalination*, 264(1), 56–62.
- Li, W., Zhou, Q., Hua, T. 2010. *Removal of Organic Matter from Landfill Leachate by Advanced Oxidation Processes: A Review. International Journal of Chemical Engineering*, 2010, 1–10.
- Liu, T., Chen, Z., Yu, W., Shen, J., and Gregory, J. 2011. *Effect of Two-Stage Coagulant Addition on Coagulation-Ultrafiltration Process for Treatment of Humic-Rich Water. Water Research*. No 45, 4260-4268.
- Luan, Z.K., Song, Y.H., 1997. *Preparation and Flocculation of Polysilicate-Metals (PSMS) Flocculants. Environmental Chemistry*, 16(6):534-539 (in Chinese with English abstract).
- Mavros, M., Xekoukoulotakis, N. P., Mantzavinos, D., Diamadopoulos, E. 2008. *Complete Treatment of Olive Pomace Leachate by Coagulation, Activated-Carbon*

- Adsorption and Electrochemical Oxidation. Water Research*, 42(12), 2883–2888.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A.F. 2012. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.
- Metcalf dan Eddy. 2007. *Water Reuse Issues, Technologies, and Applications*. United States of America.
- Metcalf dan Eddy. 2005. *Water Treatment Principle and Design*, Third Edition. United States of America.
- Mulyani, H., Sasongko, S.B., Soetrisnanto, D. Pengaruh Preklorinasi terhadap Proses *Start up* Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem *Anaerobic Baffled Reactor*.
- Nghiem, L. D. & Mariam, T. 2010. *Landfill Leachate Treatment Using Hybrid Coagulation-Nanofiltration Processes*. *Desalination*, 250 (2), 677-681.
- Oloibiri, V., Ufomba, I., Chys, M., Audenaert, W. T. M., Demeestere, K., Van Hulle, S. W. H. 2015. *A Comparative Study on The Efficiency of Ozonation and Coagulation–Flocculation As Pretreatment to Activated Carbon Adsorption of Biologically Stabilized Landfill Leachate*. *Waste Management*, 43, 335–342.
- Rachmawati, S.W., Iswanto, B., Winarni. 2009. Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminum Sulfat dan Ferri Klorida. Jakarta: Indomas Mulia, Konsultan Air Bersih dan Sanitasi,
- Rana, S., Suresh, S. 2017. *Comparison of Different Coagulants for Reduction of COD From Textile Industry Wastewater*. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 567–574.
- Rezagama, A., Hadiwidodo, M., Purwono, P., 2016. Penyisihan Limbah Organik Air Lindi TPA Jatibarang Menggunakan Koagulasi-Flokulasi Kimia. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Riansyah, E., Wesen, P. 2012. Pemanfaatan Lindi Sampah Sebagai Pupuk Cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol 4 No 1.

- Rosariawari, F., Mirwan, M. 2013. Efektivitas PAC dan Tawas untuk Menurunkan Kekeruhan pada Air Permukaan. Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur.
- Rui, L. M., Daud, Z., Latif, A. A. A. 2012. *Coagulation Flocculation in Leachate Treatment using Combination of PAC with Cationic and Anionic Polymer. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 2(4), 1935–1940.
- Said, Muhammad. 2009. Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC). *Jurnal Penelitian Sains*. (C) 09: 12-08.
- 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. Semarang: FKM UNDIP Semarang.
- Sawyer, C. N., McCarty, P.L., Parkin, G. F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, 5thed., McGraw-Hill, Singapore.
- Shu, Z., Lü, Y., Huang, J., Zhang, W. 2016. *Treatment of Compost Leachate by the Combination of Coagulation and Membrane Process. Chinese Journal of Chemical Engineering*, 24(10), 1369–1374.
- Siregar, A.S. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Kanisius, Yogyakarta.
- Smaoui, Y., Chaabouni, M., Sayadi, S., Bouzid, J. 2015. *Coagulation–Flocculation Process for Landfill Leachate Pretreatment and Optimization with Response Surface Methodology. a Laboratoire Eau, Energie et Environnement, Ecole Nationale d’Inge´nieurs de Sfax, Universite´ de Sfax-Tunisie*,

- Spellman, F.R. 2003. *Handbook of: Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. Lewis Publishers. A CRC Press Company: New York. Washington, D.C.
- Tatsi, A., Zouboliis, A., Matis, K., Samaras, P. *Coagulation-Flocculation Pretreatment of Sanitary Landfill Leachate*. US National Library of Medicine National Institutes of Health.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. McGraw-Hill. New York
- Ulliaji, A., Joko, Tri., Dangiran, H.L. 2016. Efektivitas Variasi Dosis Kaporit dalam Menurunkan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang. Semarang: FKM-Undip.
- Wang, X., Chen, S., Gu, X., Wang, K. 2009. *Pilot Study on The Advanced Treatment of Landfill Leachate using A Combined Coagulation, Fenton Oxidation and Biological Aerated Filter Process*. *Waste Management*, 29(4), 1354–1358.
- Wackerley, D.D., Mendenhall, W., Scheaffer, R. L. 2008. *Mathematical Statistics with Applications*, Thompson Brooks/Cole, USA.
- Xu, W., Gao, B., Wang, Y., Yue, Q., and Ren, H. 2012. *Effect of Second Coagulant Addition on Coagulation Efficiency, Floc Properties and Residual Al for Humic Acid Treatment by Al_{13} Polymer and Polyaluminum Chloride (PAC)*. *Journal of Hazardous Materials*. No 215-216, 129-137.
- Yang, Z., Gao, B., and Yue, Q. 2010. *Coagulation Performance and Residual Aluminum Speciation of $Al_2(SO_4)_3$ and Polyaluminum Chloride (PAC) in Yellow River Water Treatment*. *Chemical Engineering Journal*. No 165, 122-132.

- Yu, W., Li, G., Xu, Y., and Yang, X. 2009. *Breakage and Regrowth of Floccs Formed by Alum and PAC*. *Powder Technology*. No 189, 439-443.
- Zhang, F., Peng, Y., Miao, L., Wang, Z., Wang, S., Li, B. 2017. *A Novel Simultaneous Partial Nitrification Anammox and Denitrification (SNAD) with Intermittent Aeration for Cost-Effective Nitrogen Removal from Mature Landfill Leachate*. *Chemical Engineering Journal*, 313, 619–628.
- Zhao, Y. X., Gao, B. Y., Shon, H. K., Qi, Q. B., Phuntsho, S., Wang, Y., Kim, J.-H. 2013. *Characterization of Coagulation Behavior of Titanium Tetrachloride Coagulant for High And Low Molecule Weight Natural Organic Matter Removal: The Effect of Second Dosing*. *Chemical Engineering Journal*, 228, 516–525.
- Zhong, H., Tian, Y., Yang, Q., Brusseau, M. L., Yang, L., Zeng, G. 2017. *Degradation of Landfill Leachate Compounds by Persulfate for Groundwater Remediation*. *Chemical Engineering Journal*, 307, 399–407.

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN A

Prosedur Analisis Laboratorium

A. Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD)

1. Pembuatan Reagen

a. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N

Timbang dengan teliti 4,9036 gram $K_2Cr_2O_7$ yang telah dikeringkan di oven. Larutkan dengan aquades hingga 1 L menggunakan labu pengencer 1 L.

b. Larutan Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N

Timbang dengan teliti 39,2 gram $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ kemudian tambahkan dengan 8 mL H_2SO_4 pekat. Encerkan dengan aquades hingga 1 L dengan menggunakan labu pengencer 1 L.

c. Larutan Campuran Asam (Ag_2SO_4)

Larutkan 10 gram Ag_2SO_4 ke dalam 1 L H_2SO_4 hingga larut sempurna.

d. Larutan Indikator Ferroin

Larutkan 1,485 gram Orthophenanthroline dan 0,695 gram $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

2. Prosedur Analisis

Metode analisis COD dilakukan dengan menggunakan prinsip *closed reflux* metode titimetrik berdasarkan (Greenberg *et al.*, 2005), seperti berikut:

- Disiapkan sampel yang akan dianalisis kadar CODnya.
- Diambil 1 mL sampel kemudian diencerkan sampai 100 kali.
- Disiapkan 2 buah tabung COD, kemudian dimasukkan sampel yang telah diencerkan sebanyak 1 mL dan aquades sebanyak 1 mL sebagai blanko.
- Larutan Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ditambahkan sebanyak 1,5 mL.
- Larutan campuran asam (Ag_2SO_4) ditambahkan sebanyak 2,5 mL.

- Alat pemanas dinyalakan dan diletakkan tabung COD pada rak tabung COD di atas alat pemanas selama 2 jam.
- Setelah 2 jam, alat pemanas dimatikan dan tabung COD dibiarkan hingga dingin.
- Ditambahkan indikator ferroin sebanyak 1 tetes.
- Sampel di dalam tabung COD dipindahkan ke dalam Erlenmeyer kemudian dititrasi menggunakan larutan standard FAS 0,0125 N hingga warna biru-hijau berubah menjadi merah-coklat yang tidak hilang selama 1 menit.
- Perhitungan nilai COD dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Volume sampel}} \times P$$

Dimana:

A = mL FAS titrasi blanko

B = mL FAS titrasi sampel

N = normalitas larutan FAS

P = nilai pengenceran

B. Analisis *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

1. Pembuatan Reagen

a. Larutan Buffer Fospat

Campur dan larutkan KH_2PO_4 0,85 gram, K_2HPO_4 0,2175 gram, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,334 gram dan NH_4Cl 0,17 gram ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100mL.

b. Larutan MgSO_4

Larutkan 0,225 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100mL.

c. Larutan CaCl_2

Larutkan 0,275 gram CaCl_2 ke dalam 100mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

d. Larutan FeCl_3

Larutkan 0,025 gram $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

Untuk membuat 1 L air pengencer maka dibutuhkan masing-masing 1 mL larutan Buffer Fospat, larutan $MgSO_4$, larutan $CaCl_2$, larutan $FeCl_3$ dan larutan benih 1 mL (sampel).

e. Larutan $MnCl_2$ 20%

Larutkan 20 gram $MnCl_2$ ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

f. Larutan Pereaksi Oksigen

Campur dan larutkan 40 gram NaOH, 15 gram KI dan 2 gram NaN_3 ke dalam 100 mL aquades dengan menggunakan labu pengencer 100 mL.

g. Larutan Indikator Amilum 1%

Larutkan 1 gram amilum dengan 100 mL aquades yang sudah dididihkandi dalam labu pengencer 100 mL dan ditambahkan sedikit HgI_2 sebagai pengawet.

h. Larutan Thiosulfat 0,01 N

Larutkan 24,82 gram $Na_2S_2O_3$ ke dalam 1 L aquades yang telah dididihkan dan didinginkan dengan menggunakan labu pengencer 1 L. Kemudian ditambahkan dengan 1 gram NaOH sebagai buffer.

i. H_2SO_4 pekat

2. Prosedur Analisis

Metode analisis BOD dilakukan dengan menggunakan prinsip winklermetode titimetri berdasarkan Greenberg *et al.* (2005), seperti berikut:

- Untuk menentukan angka pengencerannya maka dibutuhkan angka $KMnO_4$:

$$P = \frac{\text{Angka } KMnO_4}{3 \text{ atau } 5 \text{ (tergantung dari pH sampel)}}$$

- Siapkan 1 buah labu pengencer 500 mL dan tuangkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran, tambahkan air pengencer hingga batas labu.
- Siapkan 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 mL.

- Tuangkan air dalam labu pengencer tadi ke dalam botol winkler 300 mL dan 150 mL sampai tumpah.
- Bungkus kedua botol winkler 300 mL dengan menggunakan plastik wrap agar kedap udara. Kemudian masukkan kedua botol tersebut ke dalam inkubator 0 selama 5 hari.
- Kedua botol winkler 150 mL yang berisi air dianalisis oksigen terlarutnya dengan prosedur sebagai berikut:
 - Tambahkan 1 mL larutan MnCl₂.
 - Tambahkan 1 mL larutan Pereaksi Oksigen.
 - Botol ditutup dengan hati-hati agar tidak ada gelembung udara di dalam botol kemudian dikocok beberapa kali.
 - Biarkan gumpalan mengendap selama ± 10 menit.
 - Tambahkan 1 mL H₂SO₄ pekat, tutup dan kocok kembali.
 - Tuangkan 100 mL larutan ke dalam Erlenmeyer 250 mL
 - Tambahkan 3 tetes indikator amilum.
 - Titrasi dengan larutan Natrium Thiosulfat 0.0125 N sampai warna biru hilang.
- Setelah 5 hari, analisis kedua larutan dalam winkler 300 mL seperti analisis oksigen terlarut.
- Hitung oksigen terlarut dan BOD dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{OT (mg O}_2\text{/L)} &= \frac{a \times N \times 8000}{100 \text{ mL}} \\
 \text{BOD}_5^{20}(\text{mg/L}) &= \frac{[(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)]}{P} \\
 P &= \frac{\text{mL sampel}}{\text{volume hasil pengenceran (500 mL)}}
 \end{aligned}$$

Dimana:

X₀ = oksigen terlarut sampel pada t = 0

X₅ = oksigen terlarut sampel pada t = 5

B₀ = oksigen terlarut blanko pada t = 0

B₅ = oksigen terlarut blanko pada t = 5

P = derajat pengenceran
a = volume titran (mL)
N = Normalitas Natrium Thiosulfat

C. Analisis Amonium-Nitrogen

1. Pembuatan Reagen

a. Nessler

Campur dan haluskan 50 gram serbuk HgI₂ dan 35 gram KI kemudian dilarutkan dengan 80 gram NaOH yang sudah dilarutkan dengan aquades hingga 500 mL. Biarkan mengendap dan diambil supernatnya.

b. Garam Signet

Larutkan 50 gram K.Na.Tatrat ke dalam 500 mL aquades, kemudian ditambahkan 5 mL larutan nessler sebagai pengawet.

c. Larutan Standar Amonium (100 ppm atau 100 mg/L)

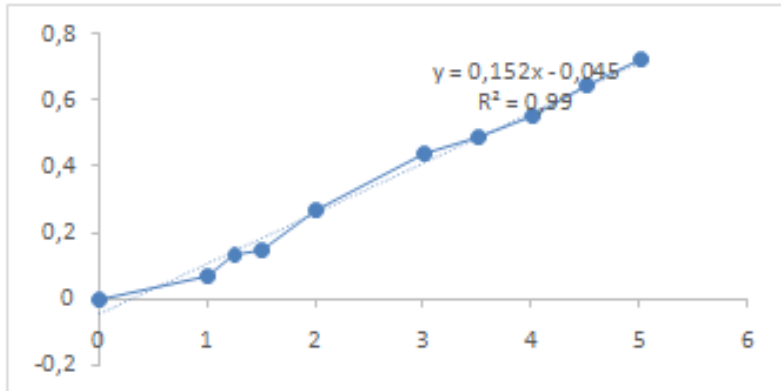
Timbang dengan teliti 382,14 mg NH₄Cl kemudian larutkan ke dalam aquades sebanyak 1 L di dalam labu pengencer 1 L. Ditambahkan 3 tetes toluen sebagai pengawet.

2. Kalibrasi

Sebelum melakukan kalibrasi maka terlebih dahulu dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum untuk analisis nitrat-nitrogen.

3. Prosedur Analisis

- Disiapkan sampel yang akan dianalisis kadar amoniannya.
- Diambil 25 mL sampel (diencerkan jika sampel terlalu pekat)
- Ditambahkan 1 mL larutan nessler
- Ditambahkan 1,25 mL larutan garam signet
- Diaduk dan didiamkan selama \pm 10 menit
- Dibaca dengan spektrofotometer
- Blanko yang digunakan adalah aquades dengan penambahan reagen seperti pada sampel. Berikut kurva kalibrasi yang digunakan pada analisis parameter amonium (NH₄-N).



D. Prosedur Analisis Total Kjeldahl Nitrogen (TKN)

1. Pembuatan Reagen :

a. Campuran CuSO₄

Dibuat dengan mencampurkan 1,55 gram CuSO₄ anhidrat, 96,9 gram Na₂SO₄ anhidrat dan 1,55 gram Selenium kemudian dihaluskan.

b. H₂SO₄ pekat

Digunakan langsung dari botolnya tanpa dituang ke beaker glass.

c. Nessler

Campur dan haluskan 50 gram serbuk HgI₂ dan 35 gram KI kemudian dilarutkan dengan 80 gram NaOH yang sudah dilarutkan dengan aquades hingga 500 mL. Biarkan mengendap dan diambil supernatannya.

d. Garam Signet

Larutkan 50 gram K.Na.Tartrat ke dalam 500 mL aquades, kemudian ditambahkan 5 mL larutan nessler sebagai pengawet.

2. Prosedur kerja analisis :

- Timbang 0,2 gram sampel dengan timbangan analitis
- Masukkan ke dalam labu kjeldahl
- Tambahkan 10 mL reagen CuSO₄.H₂SO₄ pekat
- Panaskan dengan alat Kjeldahl selama 4 jam hingga warna berubah hijau

- Dinginkan hasil destilasi. Kemudian encerkan menjadi 100 mL, setelah itu ambil 1 mL dan masukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 mL
- Encerkan larutan menjadi 25 mL dengan menggunakan aquades
- Tambahkan 0,6 mL garam signet dan 0,5 mL nessler
- Diamkan selama 10 menit
- Lakukan tahap sebelumnya pada aquades dan blanko
- Baca dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang sesuai dengan hasil kalibrasi yaitu 395 nm
- Hitung total kjehdahl nitrogen dengan rumus dari kurva kalibrasi

E. Prosedur Analisis Derajat Keasaman (pH)

Analisis pH menggunakan pH meter dengan bacaan digital. Prosedur analisis menggunakan modifikasi dari Greenberg *et al.* (2005) sebagai berikut:

- pH meter distandarisasi menggunakan larutan buffer pH pada pH 4, 7, dan 10. Standarisasi dilakukan dengan mencelupkan probe pH meter bergantian ke dalam larutan buffer dengan urutan: buffer pH 4 □ buffer pH 7 □ buffer pH 10 □ buffer pH 7.
- Diambil sejumlah sampel dan diletakkan ke dalam *beaker glass*.
- Dichelupkan probe pH meter ke dalam sampel yang diukur nilai pH nya.
- Dibaca nilai pH sampel pada monitor pembaca.

F. Prosedur Analisis Warna

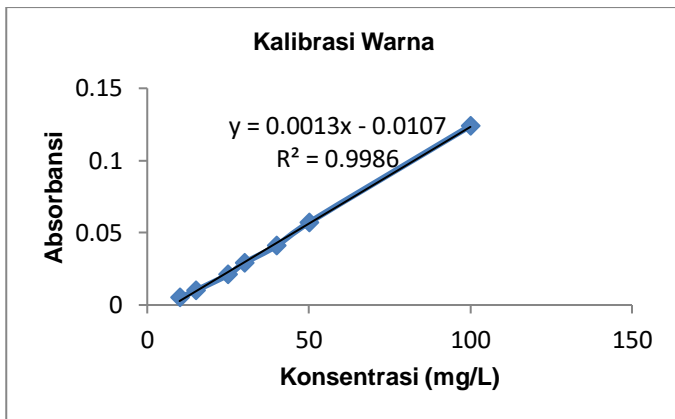
1. Bahan dan Alat

- Larutan standar warna 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70 Pt-Co.
- Tabung Nessler.
- Labu ukur.

- Spektrofotometer.

2. Menggunakan Spektrofotometer

- Buat kalibrasi warna dengan membaca larutan standar pada spektrofotometer dengan panjang gelombang optimum (380 nm).
- Gunakan aquadest sebagai blanko, dan catat absorbansinya.
- Saring sampel air dan baca pada spektrofotometer dengan menggunakan aquadest sebagai blanko.
- Catat absorbansinya.
- Hitung konsentrasi warna sampel dengan membandingkan dengan hasil kalibrasi warna yang ada. Berikut ini merupakan grafik kalibrasi warna yang digunakan pada penelitian ini.



G. Prosedur Analisis TSS

1. Prosedur

- Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
- Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.

- c) Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik
- d) Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
- e) Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
- f) Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
- g) Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

CATATAN 1 Jika filtrasi sempurna membutuhkan waktu lebih dari 10 menit, perbesar diameter kertas saring atau kurangi volume contoh uji.

CATATAN 2 Ukur volume contoh uji yang menghasilkan berat kering residu 2,5 mg sampai dengan 200 mg. Jika volume yang disaring tidak memenuhi hasil minimum, perbesar volume contoh uji sampai 1000 mL.

H. Prosedur Analisis Fosfat

1. Bahan

Larutan Amonium Molybdate

- Larutkan 25 gr $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dalam 200 ml aquadest

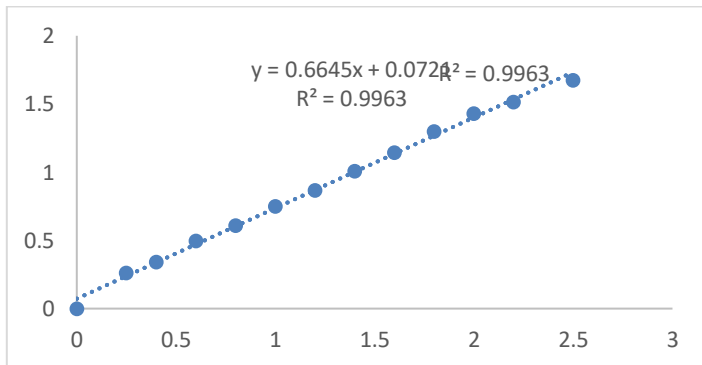
- Tambahkan 280 ml H₂SO₄ pekat dan encerkan dengan aquadest dalam labu ukur 1 lt sampai tanda batas.

Larutan SnCl₂

- Larutkan 2,5 gr SnCl₂ · 2H₂O dengan glyserol sampai 100 ml.

2. Prosedur :

Ukur 25 ml sample atau sample yang telah diencerkan Tambahkan 1 ml larutan amonium molybdate dan 3 tetes SnCl₂, kocok dan biarkan selama 10 menit, baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 650 nm, catat absorbasinya, kemudian hitung konsentrasinya dengan membandingkan dengan standard yang telah dibuat sebelumnya. Berikut kurva kalibrasi analisis fosfat.



I. Prosedur Analisis Nilai Permanganat

1. Prosedur :

- Tuangkan sampel air sebanyak 100 mL dengan gelas ukur (dilakukan pengenceran 200x)
- Ditambahkan 2,5 mL asam sulfat 4N bebas organik
- Ditambahkan beberapa tetes larutan KMnO₄ 0,01 N hingga merah muda
- Dipanaskan hingga mendidih 1 menit
- Ditambahkan 10 mL KMnO₄ 0,01 N
- Ditambahkan larutan asam oksalat 0,1 N dan tunggu sampai air menjadi jernih

- Titrasi dengan KMnO_4 0,01 N sampai timbul warna merah muda
- KMnO_4 (/L) = $\frac{1000}{\text{vol contoh}} ((10 + a) \times 0,01) - (1 \times 0,1) \times 31,6 \times P$
 - a = mL titrasi larutan KMnO_4
 - N = Normalitas larutan kalium permanganate
 - P = Pengenceran

J. Prosedur Analisis Kekeruhan

1. Prosedur

- Nyalakan spektro dengan panjang gelombang 415 nm
- Masukkan blanko ke dalam kuvet spektro dan set zero (0)
- Ganti larutan blanko dengan larutan air sampel pada kuvet
- Catat angka yang dihasilkan
- Bandingkan hasil pembacaan sampel dengan kurva kalibrasi

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN B

Tabel B1. Hasil Analisis PV

PV			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
1	Hari ke-5 (3/3/2019)	Asli pH 6 (2 gr alum)	6035,6
		Asli pH 7 (2 gr alum)	6130,4
		Asli pH 7 (2 gr alum)	8848
		Encer 5x pH 6 (2 gr alum)	2717,6
		Encer 5x pH 7 (2 gr alum)	4487,2
		Encer 5x pH 8 (2 gr alum)	4676,8
2	Hari ke-6 (14/4/2019)	Asli	6857,2
		Encer 1,6x alum 0 pH 7	5466,8
		Encer 1,6x alum 0,25 gr pH 7	4898
		Encer 1,6x alum 0,5 gr pH 7	4740
		Encer 1,6x alum 1 gr pH 7	4645,2
		Encer 1,6x alum 1,5 gr pH 7	4740
		Encer 1,6x alum 2 gr pH 7	5498,4
		Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	5877,6
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	3855,2
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	4108
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	3697,2
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	3918,4
Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	4076,4		
3	Hari ke-5 (23/4/2019)	Asli	5119,2
		PAC 1 gr	3412,8
		PAC 2 gr	3191,6
		Polimer Anion 1 gr	4771,6
		Polimer Anion 2 gr	4360,8
4	Hari ke-6 (24/4/2019)	Asli	6414,8
		encer 1,6x	5688
		encer 1,6x Ph 7	4266

PV			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
		encer PAC 0 gr	4013,2
		encer PAC 0,2 gr	4424
		encer PAC 0,4 gr	3886,8
		encer PAC 0,6 gr	3760,4
		encer PAC 0,8 gr	3191,6
		encer PAC 1 gr	3160
		encer PAC 1,2 gr	3950
		encer PAC 1,4 gr	3697,2
		encer PAC 1,5 gr	3665,6
		encer PAC 1,6 gr	1864,4
		encer PAC 1,8 gr	2401,6
		encer PAC 2 gr	2654,4
5	Hari ke-7 (25/4/2019)	encer PAC 2,25 gr	5466,8
		encer PAC 2,5 gr	3570,8
		encer PAC 2,75 gr	3191,6
		encer PAC 3 gr	2749,2
		encer PAC 3,25 gr	3096,8
		encer PAC 3,5 gr	3634
6	Hari ke-0 (8/5/2019)	Asli	7362,8
		Alum 0,5 gr	6699,2
		Alum 0,7 gr	5877,6
		Alum 0,85 gr	5277,2
		Alum 1 gr	5150,8
		Alum 1,25 gr	5877,6
		Alum 1,5 gr	5372
		Alum 0,5 gr + PAC 2 gr	4139,6
		Alum 0,7 gr + PAC 2 gr	4202,8
		Alum 0,85 gr + PAC 2 gr	3855,2
		Alum 1 gr + PAC 2 gr	4139,6
		Alum 1,25 gr + PAC 2 gr	4329,2
Alum 1,5 gr + PAC 2 gr	4171,2		
7	Hari ke-6 (24/6/2019)	encer 1,6x Ph 7	4740
		Alum + PAC optimum	3096,8

PV			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
		Kaporit 10/L	1832,8
		Kaporit 20/L	1390,4
		Kaporit 30/L	758,4
		Kaporit 50/L	1042,8
		Kaporit 70/L	853,2
		Kaporit 90/L	6794
		Kaporit 110/L	5956,6

Tabel B2. Hasil Analisis Kekeruhan (*Turbidity*)

Turbidity			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (NTU)
1	Hari ke-7 (19/3/2019)	Asli	
		Alum 0.5 gram	1060
		Alum 1.5 gram	611
		Alum 2.5 gram	656
2	Hari ke-5 (3/3/2019)	Asli pH 6 (2 gr alum)	1100
		Asli pH 7 (2 gr alum)	1100
		Asli pH 7 (2 gr alum)	3400
		Encer 5x pH 6 (2 gr alum)	170
		Encer 5x pH 7 (2 gr alum)	250
		Encer 5x pH 8 (2 gr alum)	290
3	Hari ke-6 (4/3/2019)	Asli	
		sampel alum + PAC pH 6	95
		sampel alum + PAC pH 7	70
		sampel alum + PAC pH 8	40
4	Hari ke-6 (14/4/2019)	Asli	5500
		Encer 1,6x alum 0 pH 7	2700
		Encer 1,6x alum 0,25 gr pH 7	1300
		Encer 1,6x alum 0,5 gr pH 7	750
		Encer 1,6x alum 1 gr pH 7	450

Turbidity			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (NTU)
		Encer 1,6x alum 1,5 gr pH 7	380
		Encer 1,6x alum 2 gr pH 7	290
		Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	2300
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	60
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	39
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	65
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	80
		Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	85
5	Hari ke-5 (23/4/2019)	PAC 1 gr	300
		PAC 2 gr	80
		Polimer Anion 1 gr	3800
		Polimer Anion 2 gr	4000
6	Hari ke-6 (24/4/2019)	Asli	8000
		encer 1,6x	1900
		encer 1,6x Ph 7	5000
		encer PAC 0 gr	1400
		encer PAC 0,2 gr	1100
		encer PAC 0,4 gr	600
		encer PAC 0,6 gr	400
		encer PAC 0,8 gr	210
		encer PAC 1 gr	110
		encer PAC 1,2 gr	170
		encer PAC 1,4 gr	45
		encer PAC 1,5 gr	50
		encer PAC 1,6 gr	38
		encer PAC 1,8 gr	38
encer PAC 2 gr	26		
7	Hari ke-7 (25/4/2019)	Asli	9500
		encer 1,6x	6000
		encer 1,6x Ph 7	1400
		encer PAC 2,25 gr	18
		encer PAC 2,5 gr	32

Turbidity			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (NTU)
		encer PAC 2,75 gr	50
		encer PAC 3 gr	45
		encer PAC 3,25 gr	50
		encer PAC 3,5 gr	45
8	Hari ke-0 (8/5/2019)	Asli	9500
		Alum 0,5 gr	3567
		Alum 0,7 gr	2583
		Alum 0,85 gr	2634
		Alum 1 gr	2417
		Alum 1,25 gr	2384
		Alum 1,5 gr	1237
		Alum 0,5 gr + PAC 2 gr	282
		Alum 0,7 gr + PAC 2 gr	226
		Alum 0,85 gr + PAC 2 gr	318
		Alum 1 gr + PAC 2 gr	272
		Alum 1,25 gr + PAC 2 gr	246
Alum 1,5 gr + PAC 2 gr	216		
9	Hari ke-6 (24/6/2019)	encer 1,6x Ph 7	106
		Alum + PAC optimum	32,75
		Kaporit 10/L	7,95
		Kaporit 20/L	10,3
		Kaporit 30/L	14,4
		Kaporit 50/L	27,7
		Kaporit 70/L	23,85
		Kaporit 90/L	33,8
		Kaporit 110/L	46,95

Tabel B3. Hasil Analisis TSS

TSS			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
1	Hari ke-7 (19/3/2019)	Asli	
		Alum 0.5 gram	84
		Alum 1.5 gram	60

TSS			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
		Alum 2,5 gram	48
2	Hari ke-5 (3/3/2019)	Asli pH 6 (2 gr alum)	1100
		Asli pH 7 (2 gr alum)	1100
		Asli pH 7 (2 gr alum)	3400
		Encer 5x pH 6 (2 gr alum)	170
		Encer 5x pH 7 (2 gr alum)	250
		Encer 5x pH 8 (2 gr alum)	290
3	Hari ke-5 (23/4/2019)	PAC 1 gr	300
		PAC 2 gr	80
		Polimer Anion 1 gr	3800
		Polimer Anion 2 gr	4000
4	Hari ke-6 (14/4/2019)	Encer 1,6x alum 0 pH 7	1472
		Encer 1,6x alum 0,25 gr pH 7	1180
		Encer 1,6x alum 0,5 gr pH 7	684
		Encer 1,6x alum 1 gr pH 7	736
		Encer 1,6x alum 1,5 gr pH 7	576
		Encer 1,6x alum 2 gr pH 7	624
		Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	1096
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	104
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	16
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	32
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	132
		Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	236
5	Hari ke-0 (8/5/2019)	Asli	1592
		Alum 0,5 gr	416
		Alum 0,7 gr	232
		Alum 0,85 gr	204

TSS			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
		Alum 1 gr	212
		Alum 1,25 gr	200
		Alum 1,5 gr	196
		Alum 0,5 gr + PAC 2 gr	180
		Alum 0,7 gr + PAC 2 gr	140
		Alum 0,85 gr + PAC 2 gr	72
		Alum 1 gr + PAC 2 gr	108
		Alum 1,25 gr + PAC 2 gr	140
		Alum 1,5 gr + PAC 2 gr	24
6	Hari ke-6 (24/6/2019)	encer 1,6x Ph 7	1380
		Alum + PAC optimum	720
		Kaporit 10/L	1140
		Kaporit 20/L	1680
		Kaporit 30/L	1080
		Kaporit 50/L	2700
		Kaporit 70/L	3340
		Kaporit 90/L	4320
		Kaporit 110/L	5980

Tabel B4. Hasil Analisis pH

pH			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai
1	Hari ke-7 (19/3/2019)	Asli	6,0
		Alum 0.5 gram	6,0
		Alum 1.5 gram	5,0
		Alum 2.5 gram	5,0
2	Hari ke-6 (4/4/2019)	Asli	5,3
		Encer 5x	6
		Alum 2 gr + PAC (pH 6)	4,3
		Alum 2 gr + PAC (pH 7)	4,2
3	Hari ke-6 (14/4/2019)	Asli	6,9
		Encer 1,6x alum 0 pH 7	7

pH			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai
		Encer 1,6x alum 0,25 gr pH 7	6,9
		Encer 1,6x alum 0,5 gr pH 7	6,9
		Encer 1,6x alum 1 gr pH 7	6,8
		Encer 1,6x alum 1,5 gr pH 7	6,8
		Encer 1,6x alum 2 gr pH 7	6,7
		Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	6,7
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	6,7
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	6,6
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	6,5
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	6,4
		Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	6,3
4	Hari ke-7 (25/4/2019)	encer PAC 2,25 gr	6,8
		encer PAC 2,5 gr	6,6
		encer PAC 2,75 gr	6,5
		encer PAC 3 gr	6,4
		encer PAC 3,25 gr	6,2
		encer PAC 3,5 gr	6,8
5	Hari ke-6 (24/6/2019)	encer 1,6x Ph 7	6
		Alum + PAC optimum	5,8
		Kaporit 10/L	6,1
		Kaporit 20/L	7,8
		Kaporit 30/L	9
		Kaporit 50/L	9,3
		Kaporit 70/L	9,5
		Kaporit 90/L	9,5
		Kaporit 110/L	9,6

Tabel B5. Hasil Analisis Fosfat

Fosfat			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
1	Hari ke-8	Asli	

	(16/4/2019)	Encer 1,6x alum 0 pH 7	56
		Encer 1,6x alum 0,25 gr pH 7	82
		Encer 1,6x alum 0,5 gr pH 7	50
		Encer 1,6x alum 1 gr pH 7	24
		Encer 1,6x alum 1,5 gr pH 7	11
		Encer 1,6x alum 2 gr pH 7	3
		Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	60
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	-
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	-
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	-
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	-
		Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	-
		2	Hari ke-6 (24/6/2019)
Alum + PAC optimum	11		
Kaporit 10/L	4,13		
Kaporit 20/L	2,56		
Kaporit 30/L	9,10		
Kaporit 50/L	9,11		
Kaporit 70/L	10,50		
Kaporit 90/L	11,03		
Kaporit 110/L	11,06		
Alum Optimum	11		

Tabel B6. Hasil Analisis Amonium

Amonium			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
1	Hari ke-8 (16/4/2019)	Asli	962
		Encer 1,6x alum 0 pH 7	713
		Encer 1,6x alum 0,25 gr pH 7	673
		Encer 1,6x alum 0,5 gr pH 7	673
		Encer 1,6x alum 1 gr pH 7	684
		Encer 1,6x alum 1,5 gr pH 7	662

		Encer 1,6x alum 2 gr pH 7	687
		Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	723
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	735
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	695
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	750
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	735
		Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	702
2	Hari ke-6 (24/6/2019)	encer 1,6x Ph 7	170,6
		Alum + PAC optimum	170
		Kaporit 10/L	63,8
		Kaporit 20/L	39,6
		Kaporit 30/L	140,6
		Kaporit 50/L	140,8
		Kaporit 70/L	162,2
		Kaporit 90/L	170,4
		Kaporit 110/L	171
		Alum Optimum	170,2

Tabel B7. Hasil Analisis COD

COD			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
1	Hari ke-7 (19/3/2019)	Asli	22800
		Alum 0.5 gram	22800
		Alum 1.5 gram	22200
		Alum 2.5 gram	27600
2	Hari ke-7 (5/4/2019)	Asli	22200
		Alum 2 gr (pH 6)	5800
		Alum 2 gr (pH 7)	3600
		Alum 2 gr (pH 8)	5600
3	Hari ke-9 (17/4/2019)	Asli	
		Encer 1,6x alum 0 pH 7	5000
		Encer 1,6x alum 0,25 gr pH 7	5800

COD			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
		Encer 1,6x alum 0,5 gr pH 7	5800
		Encer 1,6x alum 1 gr pH 7	4600
		Encer 1,6x alum 1,5 gr pH 7	15800
		Encer 1,6x alum 2 gr pH 7	13000
		Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	11000
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	10600
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	11400
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	11600
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	13000
		Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	18000
4	Hari ke-7 (25/4/2019)	Sampel asli	40600
		encer 1,6x	27400
		encer PAC 0 gr	14800
		encer PAC 0,4 gr	16600
		encer PAC 1 gr	16800
		encer PAC 1,5 gr	15000
		encer PAC 1,6 gr	23800
		encer PAC 2 gr	22800
5	Hari ke-0 (8/5/2019)	Asli	17920
		Alum 0,5 gr	8960
		Alum 0,7 gr	7680
		Alum 0,85 gr	5120
		Alum 1 gr	12800
		Alum 1,25 gr	10240
		Alum 1,5 gr	12800
		Alum 0,5 gr + PAC 2 gr	12800
		Alum 0,7 gr + PAC 2 gr	16800
		Alum 0,85 gr + PAC 2 gr	16400
		Alum 1 gr + PAC 2 gr	15000
		Alum 1,25 gr + PAC 2 gr	17600
		Alum 1,5 gr + PAC 2 gr	16000

COD			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
6	Hari ke-6 (24/6/2019)	encer 1,6x Ph 7	17600
		Alum + PAC optimum	12400
		Kaporit 10/L	12000
		Kaporit 20/L	12000
		Kaporit 30/L	10000
		Kaporit 50/L	11600
		Kaporit 70/L	7000
		Kaporit 90/L	6200
		Kaporit 110/L	13400

Tabel B8. Hasil Analisis Warna

Warna			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg PtCo/L)
1	Hari ke-8 (16/4/2019)	Asli	1511
		Alum dosis 0	1499
		Alum 0,25	1490
		Alum 0,5	1447
		Alum 1	1453
		Alum 1,5	1420
		Alum 2	1387
2	Hari ke-0 (8/5/2019)	Asli	1280
		Alum 0,5 gr	1268
		Alum 0,7 gr	1258
		Alum 0,85 gr	1150
		Alum 1 gr	865
		Alum 1,25 gr	831
		Alum 1,5 gr	697

Warna			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg PtCo/L)
		Alum 0,5 gr + PAC 2 gr	897
		Alum 0,7 gr + PAC 2 gr	663
		Alum 0,85 gr + PAC 2 gr	568
		Alum 1 gr + PAC 2 gr	782
		Alum 1,25 gr + PAC 2 gr	791
		Alum 1,5 gr + PAC 2 gr	477
3	Hari ke-6 (24/6/2019)	encer 1,6x Ph 7	890
		Alum + PAC optimum	180
		Kaporit 10/L	98
		Kaporit 20/L	61
		Kaporit 30/L	160
		Kaporit 50/L	440
		Kaporit 70/L	1100
		Kaporit 90/L	1087
		Kaporit 110/L	1135

Tabel B9. Hasil Analisis TKN

TKN			
No	Pengambilan	Sampel	Nilai (mg/L)
1	Hari ke-6 (24/6/2019)	Encer 1,6x pH 7	1725
		Alum Optimum	1540
		Alum + PAC Optimum	1455

Tabel B10. Hasil Volume Lumpur

Lumpur			
No	Pengambilan	Sampel	Volume (mL)
1	Hari ke-7	Lumpur Kapur PAC 2,25 gr	120

Lumpur			
No	Pengambilan	Sampel	Volume (mL)
	(25/4/2019)	Lumpur Kapur PAC 2,5 gr	140
		Lumpur Kapur PAC 2,75 gr	110
		Lumpur Kapur PAC 3 gr	120
		Lumpur Kapur PAC 3,25 gr	140
		Lumpur Kapur PAC 3,5 gr	130
		Lumpur PAC 2,25 gr	290
		Lumpur PAC 2,5 gr	220
		Lumpur PAC 2,75 gr	220
		Lumpur PAC 3 gr	210
		Lumpur PAC 3,25 gr	230
		Lumpur PAC 3,5 gr	280
2	Hari ke-6 (14/4/2019)	Encer 1,6x alum 0 + PAC 2gr pH 7	33
		Encer 1,6x alum 0,25 + PAC 2gr pH 7	195
		Encer 1,6x alum 0,5 + PAC 2gr pH 7	230
		Encer 1,6x alum 1 + PAC 2gr pH 7	203
		Encer 1,6x alum 1,5 + PAC 2gr pH 7	188
		Encer 1,6x alum 2 + PAC 2gr pH 7	189
3	Hari ke-0 (8/5/2019)	Alum 0,7 gr + PAC	320
		Alum 0,85 gr + PAC	329
		Alum 1 gr + PAC	310
		Alum 1,25 gr + PAC	305
		Alum 1,5 gr + PAC	315
		Alum 0,16 gr + PAC	336
4	Hari ke-6 (24/6/2019)	Kaporit 10/L	87,5
		Kaporit 20/L	145
		Kaporit 30/L	275
		Kaporit 50/L	205
		Kaporit 70/L	220
		Kaporit 90/L	420
		Kaporit 110/L	495

Tabel B11. Hasil Analisis Statistik ANOVA One-Way

No	Parameter	Alum (g/L)	PAC (g/L)	Alum+PAC (g/L)	Kaporit (g/L)	Alum+PAC+Kaporit (g/L)	P-Value
1	Warna	23,9		55,6	45,6	89,0	0,029
		42,8		38,9	66,1	93,1	
		53,9		62,7	11,1	82,0	
2	COD	72,8	45,3	28,6	19,4	43,2	0,003
		75,5	38,7	16,3	6,5	34,1	
		73,4	16,8	10,7	43,5	60,2	
3	Fosfat	83,4			62,5	95,2	0,049
		87,0			76,7	97,0	
4	Amonium	31,6			62,5	62,6	0,027
		28,9			76,7	76,8	
5	PV	6,3	67,2	44,0	75,5	84,0	0,001
		13,8	53,3	48,0	66,3	78,0	
6	Keke ruhan	72,3	99,4	96,7	68,5		0,007
		74,6	99,5	97,1	56,0		
		87,0	99,7	97,7	15,4		
7	TSS	87,2		95,5			0,005
		86,7		93,2			
		87,7		98,5			

“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN

A. Pengukuran Volume Lumpur



Gambar C1. Sampel Koagulasi Dua Tahap



Gambar C2. Sampel Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi



Gambar C3. Alum 0,5 g/L-PAC 2 g/L (230 mL)



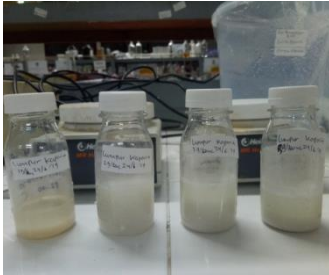
Gambar C4. Alum 1 g/L-PAC 2 g/L (203 mL)



Gambar C5. Alum 1,5 g/L-PAC 2 g/L (188 mL)



Gambar C6. Alum 2 g/L-PAC 2 g/L (189 mL)



Gambar C7. Lumpur Kaporit (1;2;3;5) g/L



Gambar C8. Lumpur Kaporit (7;9;11) g/L



Gambar C9. Analisis pH



Gambar C10. Analisis TSS



Gambar C11. Analisis COD



Gambar C12. Analisis Kekeruhan



Gambar C13. Analisis BOD



Gambar C14. Analisis TKN



Gambar C15. Analisis Warna



Gambar C16. Analisis PV



Gambar C17. Analisis Fosfat



Gambar C18. Analisis Amonium



Gambar C19. Alum



Gambar C20. PAC



Gambar C21. Bubuk Kaporit



Gambar C22. Menimbang Kapur



Gambar C23. Magnetic Stirrer



Gambar C24. Jartest

BIOGRAFI PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Salsabila Septina Yunanda. Penulis lahir pada tanggal 6 September 1999 di Kota Sidoarjo Provinsi Jawa Timur. Penulis telah selesai menempuh pendidikan formal di SDN Menanggal 601 Surabaya, Mts Amanatul Ummah Surabaya dan MA Amanatul Ummah Surabaya. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan S1 di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan ITS dengan nomor registrasi pokok 03211540000105. Selama berkuliah di

ITS, penulis aktif mengikuti organisasi dengan menjadi staf dan bendahara divisi Kesejahteraan Mahasiswa (KESMA) di Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS. Penulis juga menjadi staf komunitas kerohanian islam yaitu Al-Kaun HMTL ITS dan menjadi *volunteer* kemasyarakatan di daerah Dolly Surabaya yang bernama Gerakan Melukis Harapan (GMH). Selain itu penulis juga mengikuti beberapa *workshop* pelatihan kemahasiswaan, kepanitiaan dan juga lomba seperti Karya Tulis Ilmiah (KTI) tingkat mahasiswa. Prestasi yang diraih penulis adalah juara 3 LKTIN Nasional BIOMA 2018, juara Top 5 Coursera pada acara *Facing Industrial Revolution Engineers* (FIRE) ITS IO 2018 dan peserta *Scholarship Study Excursion ITS Goes Beyond at Singapore* 2019. Bagi pembaca yang ingin menyampaikan kritik, saran dan berdiskusi dapat menghubungi penulis melalui email salsabila.salsing@gmail.com.



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018/2019

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Hari, tanggal : Jum'at, 10 Mei 2019 Nilai TOEFL : 477
Pukul : 09.00 - 10.00
Lokasi : TL 102
Judul : Pengolahan Lindi Sampah Sayuran Rumah Kompos Keputran dengan Proses Koagulasi-Flokulasi-Adsorpsi
Nama : Salsabila Septina Yunanda Tanda Tangan
NRP. : 03211540000105
Topik : Penelitian

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
	<p>- Abstrak tidak boleh copas - Metode klasifikasi - Grupile direvisi</p> <p style="text-align: right;"><i>Welly</i></p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing
Welly Herumurti, ST., MSc.

Welly



**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Salsabila Septina Yunanda
NRP : 0321154000105
Judul : Pengolahan Lindi Sampah Sayuran Rumah Kompos Keputran dengan Proses Koagulasi - Flokulasi - Disinfeksi Menggunakan Alum, PAC dan Uap.

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1.	19/3.19	waktu pengendapan, dosis alum diturunkan dan PAC	<i>[Signature]</i>
2.	27/3.19	Startes trial, percobaan kasar, sampel dicuci nilai PV	<i>[Signature]</i>
3.	10/4.19	Variasi dosis alum 0,5 ; 1,5 dan 2,5 dalam 500ml	<i>[Signature]</i>
4.	1/4.19	BOD membuat air pengencer laju diaerasi pagi dan dianalisis tapi harus ukur PV dan COD dulu, naikin pH dengan kapur, ukur turbidity	<i>[Signature]</i>
5.	5/4.19	sampel diencerkan dan diambil sesuai kebutuhan, turbidity diukur tiap 30 menit, pengenceran fosfat beda	<i>[Signature]</i>
6.	8/4.19	Jantes jantes uaport dan H2O2 mulai dari polimer	<i>[Signature]</i>
7.	16/4.19	Mencoba PAC saja dan polimer anionik dengan dosis 2,9/L, Lumpur diukur	<i>[Signature]</i>
8.	19/4.19	nyoba 2 polimer, turbidity diukur tiap 15 menit, polimer nyoba dosis dibawah 2	<i>[Signature]</i>
9.	29/5.19	Analisis karakteristik parameter utama - mencoba H2O2 : - Asti - encer - encer dosis optimum - encer pH 7 (dikapur dulu)	<i>[Signature]</i>
10.	13/6.19	pengenceran 1/6 x. Buffer pH 7 beli - dosis H2O2 didetailkan - kaport dilarutkan 5% → dijadikan bubuk - pH awal setelah jantes diukur - dekantifuge dulu nilai COD, PV	<i>[Signature]</i>
11.	19/6.19	- menghitung kadar klor, kaport, BPC - mencoba PV diukur tiap 1/2 dengan dosis H2O2 10ml, 20ml, 30ml - BOD diukur ├ 3 alum optimum ├ 3 PAC optimum └ 3 H2O2 optimum - Alkalinitas tidak usah, TKN dianalisis yang optimum	<i>[Signature]</i>

Surabaya,
Dosen Pembimbing



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal Kamis, 18 Juli 2019

Nilai TOEFL 477

Pukul 09.30-13.00

Lokasi TL 105

Judul Pengolahan Lindi Sampah Sayuran Rumah Kompos Keputran dengan Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi menggunakan Alum, PACl dan Kaporit

Nama Salsabila Septina Yunanda

Tanda Tangan

NRP. 3211540000105

Topik Penelitian

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<ul style="list-style-type: none">- Grup ke dan tabel- Jar test- Runge pending test diubah- Perbandingan pendahuluan diubah.- Pembahasan apatent perlu 2 tabel atau hanya a lum.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Welly Herumurti, S.T., M.Sc.



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

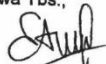
Nama : Salsabila Septina Yunanda
NRP : 03211540000105
Judul Tugas Akhir : Pengolahan Lindi

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Jelaskan naik-turun grafik ditulis di Pembahasan	
2.	Tambahkan tinjauan pustaka → tentang koagulasi - flokulasi - oksidasi kaporit	
3.	Grafik sumbu x dan y, judul diganti PAC semua, Penulisan Klor jadi Klor	
4.	Penulisan jartest miring, Halaman daftar pustaka ganjil, lampiran dirujuk, Penulisan utama diperbaiki	
5.	Tambah mekanisme oksidasi di Pembahasan, range finding, test jadi penentuan dosis optimum, daftar tabel & grafik diluruskan, grafik garis diubah jadi batang semua	
6.	Mekanisme penurunan kekeruhan, warna, CO ₂ dan pH	
7.	Mengapa dosis d bisa menentukan banyaknya padatan yang tersuspensi pada sampel?	
8.	Endapan dalam bentuk apa + alum? jike + PAC? jelaskan	

Dosen Pembimbing,

Welly Herumurti, S.T., M.Sc.

Mahasiswa Ybs.,


Salsabila Septina Y.