

TUGAS AKHIR - RE 184804

PENGARUH PROSES AERASI DAN PRE-KLORINASI TERHADAP KINERJA KOAGULASI FLOKULASI

SULUH PARAMESWARI HAYUNING MANAH

03211840000110

Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD

NIP 19820804 200501 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



TUGAS AKHIR - RE 184804

PENGARUH PROSES AERASI DAN PRE-KLORINASI TERHADAP KINERJA KOAGULASI FLOKULASI

SULUH PARAMESWARI HAYUNING MANAH

03211840000110

Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD

NIP 19820804 200501 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - RE 184804

**THE EFFECT OF AERATION AND PRE-CHLORINATION
PROCESS ON COAGULATION FLOCCULATION
PERFORMANCE**

SULUH PARAMESWARI HAYUNING MANAH

03211840000110

Advisor

Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD

NIP 19820804 200501 1 001

ENVIROMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PROSES AERASI DAN PRE-KLORINASI TERHADAP KINERJA KOAGULASI DAN FLOKULASI

TUGAS AKHIR


Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **SULUH PARAMESWARI HAYUNING MANAH**

NRP. 03211840000110

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD
2. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc
3. I D A A Warmadewanthi, ST, MT, PhD
4. Harmin Sulistiyaning Titah, ST, MT, PhD


Pembimbing

Penguji

Penguji

Penguji



PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Suluh Parameswari Hayuning M / 03211840000110
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Proses Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi Flokulasi” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

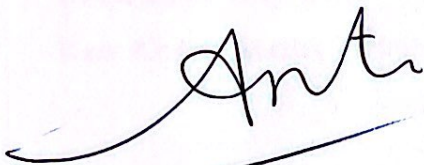
Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 26 Juli 2022

Mengetahui

Mahasiswa,

Dosen Pembimbing



Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD

NIP. 19820804 200501 1 001



Suluh Parameswari Hayuning M

NRP. 03211840000110

PENGARUH PROSES AERASI DAN PRE-KLORINASI TERHADAP KINERJA KOAGULASI FLOKULASI

Nama Mahasiswa/NRP : Suluh Parameswari Hayuning Manah/03211840000110

Departemen : Teknik Lingkungan FTSP-ITS

Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD

Abstrak

Proses aerasi dapat membantu meningkatkan *dissolved oxygen* di dalam pengolahan air sehingga dapat menambah bakteri untuk dekomposisi kimia. Selain itu terdapat proses pre-klorinasi yang juga dapat membantu peningkatan oksigen di dalam air. Namun, tidak semua pengolahan air minum menerapkan proses aerasi dan pre-klorinasi sebagai pengolahan awal walaupun parameter air baku yang dipakai memiliki karakteristik air yang sama. Belum terdapat penelitian yang membahas mengenai pengaruh proses aerasi dan pre-klorinasi terhadap unit setelahnya yaitu koagulasi dan flokulasi. Sehingga, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses aerasi terhadap efisiensi proses koagulasi dan flokulasi. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh pre-klorinasi terhadap kelarutan oksigen dan efisiensi terhadap proses koagulasi dan flokulasi.

Sampel air sebanyak 30 L/hari diambil dari *intake* PDAM Surya Sembada IPAM II Karang Pilang. Sampel air diambil pada kondisi cuaca cerah dan tidak hujan. Sampel air selanjutnya dilakukan proses aerasi menggunakan aerator (*air pump aerator*) dengan debit 4,3 L/menit. Air sampel dilakukan proses aerasi dengan 3 variasi lama waktu injeksi yang berbeda. Variasi lainnya adalah dengan menambahkan klorin berupa kaporit saat air sampel diinjeksikan oksigen. Selanjutnya, dilakukan pengukuran jar test dengan koagulan PAC 1%. Pengukuran dengan *jar test* dilakukan untuk mengetahui kinerja koagulasi dan flokulasi berdasarkan konsentrasi koagulan. Sebelum dan sesudah percobaan, dilakukan pengujian air sampel berupa pengujian parameter *dissolved oxygen* (DO), *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), kekeruhan, amonium, nitrit, dan nitrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada aerasi selama 70 menit dengan dosis koagulan 25 mg/L tanpa pre-klorinasi dapat menurunkan BOD 36%, COD 31%, TSS 75%, kekeruhan 93%, nitrat 13%, nitrit 55%, dan amonium 44%. Sedangkan aerasi selama 70 menit dan dosis koagulan 25 mg/L dengan proses pre-klorinasi dapat menurunkan 41% BOD, 57% COD, 84% TSS, 89% kekeruhan, 58% nitrit, 26% amonium dan 38% nitrat. Jika dibandingkan, hasil penambahan kaporit menambah efisiensi penurunan parameter dengan dosis koagulan dan lama waktu aerasi yang sama.

Kata Kunci: Aerasi, Flokulasi, Jar Test, Koagulasi, Pre-klorinasi

Halaman Sengaja Dikosongkan

THE EFFECT OF AERATION PROCESS AND PRE-CHLORINATION ON COAGULATION FLOCCULATION PERFORMANCE

Student Name/NRP : Suluh Parameswari Hayuning Manah/03211840000110
Department : Teknik Lingkungan FTSP-ITS
Advisor : Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, MPhil, PhD

Abstract

Aeration process can help increase dissolved oxygen in water treatment. This process can add more bacteria for chemical decomposition. In addition, there is a prechlorination process that can also help increase oxygen in the water. However, not all drinking water treatment implements aeration and prechlorination processes as initial treatment, even though the raw water parameters used have the same water characteristics. There is no research that discusses the effect of aeration and prechlorination processes on the unit coagulation and flocculation. Therefore, this study was conducted to determine the effect of the aeration process on the efficiency of the coagulation and flocculation processes. This research was also conducted to determine the effect of prechlorination on oxygen solubility and efficiency on coagulation and flocculation processes.

Water samples of 30 L/day were taken from the intake of PDAM Surya Sembada IPAM II Karang Pilang. Water samples were taken in bright weather conditions. After that, water samples were aerated using an aerator (air pump aerator) with a flow rate of 4.3 L/min. The sample water was aerated with 3 different injection time variations. Another variation is to add chlorine when oxygen is injected into the water sample. Next, the jar test was measured with 1% PAC coagulant. Measurements with the jar test were carried out to determine the performance of coagulation and flocculation based on the concentration of coagulant. Before and after the experiment, water samples were tested of parameters including dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solid (TSS), turbidity, ammonium, nitrite, dan nitrate.

The results showed that aeration for 70 minutes with a coagulant dose of 25 mg/L without prechlorination could reduce 36% of BOD, 31% of COD, 75% of TSS, 93% of Turbidity, 13% of nitrate, 55% of nitrite, and 44% of ammonium. While aeration for 70 minutes and coagulant dose of 30 mg/L with prechlorination process can reduce 41% of BOD, 57% of COD, 84% of TSS, 89% of turbidity, 58% of nitrite, 26% of ammonium and 38% of nitrate. Compared to the result, pre-chlorination process increases efficiency of parameter reduction with the same doses of coagulant and aeration time.

Keyword: Aeration, Flocculation, Jar Test, Coagulation, Prechlorination

Halaman Sengaja Dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Ida Sang Hyang Widhi Wasa, karena berkat dan Rahmat serta Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari partisipasi dan bimbingan semua pihak. Tidak lupa penulis sampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan laporan ini, antara lain:

1. Bapak Arseto Yekti Bagastyo, ST, MT, M.Phil, PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan nasihat dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum MAppSc dan Ibu IDAA Warmadewanthi, ST, MT, PhD. selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Welly Herumurti, ST, MSc dan Bapak Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES selaku dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan saran selama masa perkuliahan.
4. Bapak M. Ashari dan Ibu Merry selaku laboran yang sudah menyiapkan alat dan bahan serta membantu dalam proses penelitian.
5. Seluruh dosen Program Studi Sarjana Teknik Lingkungan ITS yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis selama masa perkuliahan.
6. Bapak Nurul selaku Kepala Produksi dan seluruh pegawai PDAM Karang Pilang Kota Surabaya.
7. Bapak Rai selaku Kepala Produksi IPA Belusung PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar dan Bapak Pandu selaku Kepala Produksi IPA Belusung PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung.
8. Keluarga terutama Bapak, Ibu, Mas Raga, Tante Wita, Bude Ipul, dan Tante Is yang selalu mendukung, memberi nasihat, memberi saran dan mendengar keluh kesah penulis serta mendoakan penulis dalam setiap pengerjaan tugas akhir ini.
9. Teman-teman satu asistensi dan teman teman angkatan ENVIS18LE serta sahabat penulis terutama Dessy, Reinata, Lastri, Inayah, Ane dan Khansa atas dukungan dan bantuan selama proses pengambilan data dan pengerjaan laporan tugas akhir.

Dalam penyusunan laporan ini tentunya masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2022

Penulis

Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Parameter Kualitas Air.....	3
2.1.1 <i>Dissolved Oxygen</i> (DO).....	3
2.1.2 Kekeruhan.....	3
2.1.3 <i>Total Suspended Solids</i> (TSS).....	4
2.1.4 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	4
2.1.5 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	4
2.1.6 Nitrogen.....	5
2.2 Pengolahan Fisik dan Kimia	6
2.2.1 Unit Aerasi.....	6
2.2.2 Unit Koagulasi dan Flokulasi	6
2.3 Penelitian Kualitas Air.....	7
2.3.1 Pengujian Kekeruhan	7
2.3.2 Pengujian <i>Total Suspended Solids</i> (TSS)	7
2.3.3 Pengujian <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	7
2.3.4 Pengujian <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	7
2.3.5 Pengujian Amonium, Nitrat, dan Nitrit.....	7
2.4 Metode <i>Analysis of Variance</i> (ANOVA).....	8

BAB III.....	9
METODOLOGI PENELITIAN	9
3.1 Metode Penelitian.....	9
3.2 Persiapan Penelitian.....	10
3.2.1 Alat dan Bahan.....	10
3.2.2 Pengumpulan Data	11
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	12
3.3.1 Penelitian Pendahuluan	12
3.3.2 Penelitian Utama	13
BAB IV	16
HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1. Penentuan Variasi Waktu Aerasi.....	17
4.2 Karakteristik Awal Sampel Air Sungai Surabaya	17
4.3 Penentuan Dosis Klorin	18
4.4 Hasil Penelitian Utama	20
4.4.1 Hasil Analisis Pengaruh Waktu Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi.....	20
4.5 Pengaruh Proses Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi	37
BAB V.....	39
KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN A.....	46
PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM.....	46
LAMPIRAN B.....	52
DATA HASIL ANALISIS.....	52
LAMPIRAN C.....	57
DOKUMENTASI	57
LAMPIRAN D.....	60
PERHITUNGAN BIAYA.....	60
LD.1 Perhitungan Biaya Tanpa Proses Aerasi dan Preklorinasi.....	60
LD.2 Perhitungan Biaya Penambahan Kebutuhan Unit Aerasi	60
LD.3 Perhitungan Biaya Kebutuhan Unit Preklorinasi	62
LAMPIRAN E.....	63

Hasil Uji Statistik.....	63
E.1 Hasil Uji Statistik BOD.....	63
E.2 Hasil Uji Statistik COD.....	64
E.3 Hasil Uji Statistik TSS.....	65
E.4 Hasil Uji Statistik Kekerusuhan.....	66
E.5 Hasil Uji Statistik Amonium.....	68
E.6 Hasil Uji Statistik Nitrit.....	69
E.7 Hasil Uji Statistik Nitrat.....	70
LAMPIRAN F.....	72

Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Uji Parameter.....	10
Tabel 3. 2 <i>Mixing Rate Jar Test</i>	12
Tabel 3. 3 Penggunaan Koagulan	12
Tabel 3. 4 Variasi Penelitian	14
Tabel 3. 5 Metode Analisis Pengujian Parameter.....	14
Tabel 3. 6 Kombinasi Variabel Perlakuan	15
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Karakteristik Awal Sampel Air.....	18
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Parameter Setelah Penambahan Koagulan	18
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Karakteristik Air Setelah Penambahan Kaporit.....	19
Tabel 4. 4 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Konsentrasi BOD	20
Tabel 4. 5 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Konsentrasi BOD	20
Tabel 4. 6 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Konsentrasi COD	23
Tabel 4. 7 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Konsentrasi COD	23
Tabel 4. 8 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap TSS	25
Tabel 4. 9 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap TSS	25
Tabel 4. 10 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Keekeruhan	28
Tabel 4. 11 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Keekeruhan.....	28
Tabel 4. 12 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Amonium	30
Tabel 4. 13 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Amonium.....	30
Tabel 4. 14 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Nitrit.....	32
Tabel 4. 15 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Nitrit	33
Tabel 4. 16 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Nitrat	35
Tabel 4. 17 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Nitrat	35
Tabel 4. 20 Penyisihan Parameter.....	37
Tabel 4. 21 Persen Penyisihan Parameter Tanpa Pre-klorinasi	37
Tabel 4. 22 Persen Penyisihan Parameter Dengan Pre-klorinasi.....	38
Tabel LA. 1 Pencarian Panjang Gelombang Maksimum Analisis Amonium.....	49
Tabel LA. 2 Pencarian Panjang Gelombang Maksimum Analisis Nitrat	50
Tabel LA. 3 Pencarian Panjang Gelombang Maksimum Analisis Nitrit.....	50
Tabel LB. 1 Hasil Pengukuran Air Tanpa Pre-klorinasi	52
Tabel LB. 2 Hasil Pengukuran Air Dengan Pre-klorinasi.....	52
Tabel LB. 3 Hasil Pengukuran Jar Test BOD	53
Tabel LB. 4 Hasil Pengukuran COD	53
Tabel LB. 5 Hasil Pengukuran TSS.....	54
Tabel LB. 6 Hasil Pengukuran Keekeruhan.....	54
Tabel LB. 7 Hasil Pengukuran Amonium.....	55
Tabel LB. 8 Hasil Pengukuran Nitrit	55
Tabel LB. 9 Hasil Pengukuran Nitrat	56

Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	10
Gambar 3. 2 (a) Intake PDAM Karang Pilang Kota Surabaya, (b) Pengambilan sampel air ..	13
Gambar 3. 3 Denah Titik Pengambilan Sampel	13
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan DO dengan Waktu Aerasi	17
Gambar 4. 2 Kurva BPC	19
Gambar 4. 3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi BOD	21
Gambar 4. 4 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi BOD Setelah Penambahan Kaporit.....	22
Gambar 4. 5 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi COD	24
Gambar 4. 6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi COD Setelah Penambahan Kaporit.....	24
Gambar 4. 7 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi TSS.....	26
Gambar 4. 8 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi TSS Setelah Penambahan Kaporit.....	27
Gambar 4. 9 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Kekeruhan.....	29
Gambar 4. 10 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Kekeruhan Setelah Proses Pre-klorinasi.	29
Gambar 4. 11 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Amonium	31
Gambar 4. 12 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Amonium Setelah Pre-klorinasi	32
Gambar 4. 13 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrit	34
Gambar 4. 14 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrit Setelah Pre-klorinasi	34
Gambar 4. 15 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrat.....	36
Gambar 4. 16 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrat Setelah Pre-klorinasi.....	36
Gambar LA. 1 Kurva Kalibrasi Amonium.....	49
Gambar LA. 2 Kurva Kalibrasi Nitrat	50
Gambar LA. 3 Kurva Kalibrasi Nitrit	51
Gambar LC. 1 Proses Aerasi	57
Gambar LC. 2 <i>Air Pump Aerator</i> (a) <i>Diffuser</i> (b)	57
Gambar LC. 3 pH Meter (a) DO Meter (b)	57
Gambar LC. 4 Pengukuran TSS (a) Pengukuran COD (b) Pengukuran Sisa Klor (c)	58
Gambar LC. 5 Pengukuran Amonium (a) Pengukuran Nitrit (b) Pengukuran Nitrat (c).....	58
Gambar LC. 6 Pengukuran BOD(a) Pengukuran Kekeruhan (b).....	58
Gambar LC. 7 Proses <i>Jar Test</i>	58
Gambar LC. 8 Sampel Setelah Jar Test 5 mg/L (a) 10 mg/L (b) 15 mg/L (c) 20 mg/L (d) 25 mg/L (e) 30 mg/L (f).....	59

Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas air yang dinyatakan dalam karakteristik biologi, fisik, dan kimia memerlukan pengolahan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Kualitas air diperkirakan berdasarkan beberapa parameter seperti kekeruhan, *total solids*, *dissolved oxygen*, (DO) dan jumlah nutrisi (Tiyasha *et al.*, 2021). Jumlah penduduk yang bertambah pesat diimbangi dengan tingginya perkembangan sektor industri mengakibatkan tingginya tingkat pencemaran air sungai. Hal ini berdampak pada kualitas air yang menjadi air baku pada proses pengolahan air minum (Yudo dan Said, 2019). Dalam mengolah air baku menjadi air bersih yang dapat didistribusikan kepada masyarakat diperlukan unit - unit pengolahan. Secara umum, terdapat tiga tahap pengolahan air yaitu tahap pendahuluan (*pretreatment*), tahap kedua (*secondary treatment*), dan tahap lanjutan (*advanced treatment*) (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Proses aerasi pada air baku merupakan salah satu cara untuk mengurangi serta menghilangkan bahan-bahan pencemar dalam air. Metode aerasi merupakan proses transfer udara ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut yang ada di dalam air (Batara *et al.*, 2017). Aerasi dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS tergantung lama waktu aerasi yang dilakukan. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu aerasi akan menyebabkan banyak suplai udara sehingga laju penguraian populasi organisme yang tumbuh akan meningkat (Mirwan *et al.*, 2010). Injeksi oksigen dapat membantu penambahan populasi bakteri yang dapat mendorong proses dekomposisi kimia. Ini juga dapat membantu bermacam macam proses pengolahan air seperti proses koagulasi dan flokulasi serta filtrasi (Saunders dan Visser, 2015).

Pengolahan air baku yang mengandung bakteri yang tinggi perlu dilakukan pre-klorinasi. Pre-klorinasi merupakan proses injeksi klorin pada air baku langsung sebelum dilakukan pengolahan pertama (Saifuddin, 2007). Menurut percobaan yang telah dilakukan, penambahan klorin menyebabkan kelarutan oksigen meningkat dikarenakan kaporit berperan sebagai disinfektan yang dapat membunuh mikroorganisme aerob (Aziz *et al.*, 2013). Tetapi pada beberapa kasus, penambahan dosis klorin menyebabkan efek yang tidak diharapkan seperti terbentuknya halogenasi hidrokarbon yang berbahaya (Saifuddin, 2007).

Proses selanjutnya adalah pengolahan secara fisik kimia. Proses koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang terjadi pada bak pengaduk cepat dan lambat. Pada bak pengaduk cepat dibubuhkan bahan kimia yang disebut koagulan. Pengadukan cepat bertujuan agar koagulan yang dibubuhkan dapat tercampur secara homogen. Pada bak pengaduk lambat terjadi proses flokulasi (terbentuknya flok) sehingga dapat diendapkan pada bak sedimentasi (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Unit untuk mengolah air baku menjadi air bersih ditetapkan berdasarkan parameter yang terdapat pada air baku tersebut. PDAM Tirtanadi Medan Sunggal, parameter yang diukur berupa kekeruhan, suhu, dan warna. Parameter kualitas air yang belum memenuhi baku mutu berupa kekeruhan dengan rata-rata 180, 91 NTU. Unit pengolahan pada PDAM Tirtanadi Medan Sunggal adalah unit koagulasi flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan reservoir (Akbar Sobari, 2020). Namun, dengan pengujian parameter yang sama yaitu kekeruhan dan suhu, PDAM Tirta Mangutama Badung Provinsi Bali menggunakan unit pengolahan yang berbeda. Nilai rata-rata kekeruhan yang diukur pada air baku PDAM Tirta Mangutama adalah 228,09 NTU. Dengan nilai rata-rata kekeruhan tersebut, unit yang digunakan adalah unit aerasi, koagulasi flokulasi, sedimentasi, filtrasi dan reservoir. Perbedaan pengolahan juga terdapat pada PDAM Tirta Sewakadarma Denpasar dengan air baku yang sama terdapat unit Pre-

klorinasi sebelum unit aerasi. Perbedaan pengolahan pada setiap PDAM adalah penambahan *pretreatment unit* seperti aerasi dan pre-klorinasi.

Penelitian mengacu pada perbandingan pengolahan air di PDAM Tirta Sewakadarma dan PDAM Tirta Mangutama Kabupaten Badung. Namun, air sampel yang dipakai berasal dari Sungai Surabaya dikarenakan penelitian dilakukan hanya untuk mengetahui pengaruh proses aerasi terhadap parameter kualitas air. Air sungai diambil pada intake PDAM Surya Sembada Kota Surabaya agar parameter air sesuai dengan air yang masuk ke pengolahan air minum.

Telah dilakukan percobaan bahwa besarnya transfer massa oksigen pada proses aerasi akan mengakibatkan tingginya suplai oksigen. Proses aerasi dapat membantu bakteri dalam melakukan degradasi senyawa organik (Shalindry *et al.*, 2015). Maka dari itu, proses aerasi sebelum proses koagulasi dan flokulasi diharapkan dapat mengurangi beban pencemar yang masuk sehingga membantu proses koagulasi flokulasi. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses aerasi terhadap efisiensi proses koagulasi dan flokulasi. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh pre-klorinasi terhadap kelarutan oksigen dan efisiensi terhadap proses koagulasi dan flokulasi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh proses aerasi mekanis terhadap kinerja koagulasi dan flokulasi dalam penyisihan kekeruhan dan polutan organik?
2. Bagaimana pengaruh proses pre-klorinasi terhadap kandungan *dissolved oxygen* (DO) dalam penyisihan kekeruhan dan polutan organik?

1.3 Batasan Masalah

Ruang Lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Sampel air diambil dari Kali Surabaya pada *intake* IPAM Karang Pilang II
2. Sampel air diambil pada kondisi cuaca cerah.
3. Parameter uji pada penelitian meliputi kadar *dissolved oxygen* (DO), *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), amonium, nitrit, nitrat, dan kekeruhan serta kadar klor.
4. Penelitian dilakukan pada Laboratorium Pengolahan Air Teknik Lingkungan
5. Penelitian menggunakan aerasi tipe mekanis (*air pump aerator*) dengan debit aerator 4,3 L/menit

1.4 Tujuan

Tujuan Penelitian ini adalah:

1. Mengkaji pengaruh proses aerasi mekanis (*air pump aerator*) terhadap kinerja koagulasi dan flokulasi dalam penyisihan kekeruhan dan polutan organik.
2. Mengkaji pengaruh proses pre-klorinasi terhadap kandungan *dissolved oxygen* (DO) dalam penyisihan kekeruhan dan polutan organik.

1.5 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

1. Sebagai informasi mengenai dampak secara signifikan penambahan unit aerasi terhadap unit koagulasi dan flokulasi.
2. Sebagai informasi dalam menentukan proses pengolahan fisik kimia air yang tepat terhadap kualitas air baku.
3. Sebagai referensi dan pertimbangan lanjutan dalam menentukan unit yang efisien dalam pengolahan parameter pada air baku.
4. Sebagai dasar dalam perkembangan penelitian selanjutnya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parameter Kualitas Air

Pencemaran sumber air memiliki risiko pada akses sumber air bersih yang berdampak pada pengolahan air bersih Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Sumber sumber yang menyebabkan terjadinya pencemaran air sungai dan peningkatan beban pencemaran antara lain limbah industri, limbah rumah tangga, dan limbah pertanian (Pradana *et al.*, 2019). Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi empat kelas.

1. Kelas satu: merupakan air yang diperuntukkan untuk air baku air minum;
2. Kelas dua: air diperuntukkan sebagai sarana rekreasi;
3. Kelas tiga: air diperuntukkan untuk budidaya ikan air tawar dan peternakan;
4. Kelas empat: diperuntukkan untuk mengairi tanaman.

Parameter air yang diamati berupa *dissolved oxygen* (DO), kekeruhan, *total solid*, *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), dan N-anorganik.

2.1.1 *Dissolved Oxygen* (DO)

DO merupakan salah satu indeks kualitas air yang diukur untuk menentukan pencemaran air. Hal ini dikarenakan DO berperan penting pada karakteristik ekosistem air dan menunjukkan keseimbangan antara proses produksi oksigen dan konsumsi oksigen pada lingkungan. Berdasarkan peranan tersebut, pengamatan dan pengukuran DO mendapat peranan penting pada ekosistem air karena konsentrasi DO dapat mempengaruhi beberapa faktor lingkungan (Kisi *et al.*, 2020). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, konsentrasi DO pada klasifikasi mutu air adalah sebagai berikut:

1. Kelas I = 6 mg/L
2. Kelas II = 4 mg/L
3. Kelas III = 3 mg/L
4. Kelas IV = 1 mg/L

Di dalam air, oksigen merupakan parameter penting dalam menguraikan komponen kimia menjadi komponen yang lebih sederhana. Oksigen terlarut akan mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhir berupa nutrisi pada kondisi aerobik. Namun dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa kimia menjadi bentuk yang lebih sederhana (Salmin, 2005). Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) biasanya diukur dalam bentuk konsentrasi yang menunjukkan jumlah oksigen yang tersedia dalam suatu badan air (Aruan dan Siahaan, 2017). Jumlah oksigen terlarut dipengaruhi oleh tekanan atmosfer, suhu, salinitas, turbulensi air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk ke badan air (Madyawan *et al.*, 2020). Semakin turun kadar oksigen di dalam air maka akan semakin turun tekanan dalam perairan. Sebaliknya, jika suhu meningkat maka kadar DO semakin menurun (Christiana, 2020).

Prinsip pengukuran oksigen terlarut didalam air dengan menggunakan titrasi iodometri. Sampel air yang akan dianalisis akan membentuk endapan dengan mangan. Penambahan asam kuat seperti H_2SO_4 akan membebaskan iodium (I_2) yang ekuivalen dengan oksigen terlarut (Salmin, 2005).

2.1.2 Kekeruhan

Kekeruhan di dalam air dikatakan sebagai besarnya absorbansi oleh koloid atau bahan tersuspensi di dalam air (Masduqi dan Assomadi, 2016). Kekeruhan didefinisikan sebagai berkurangnya transparansi air yang disebabkan oleh adanya zat yang tidak larut. Zat tersebut dapat berupa molekul mineral atau organik. Kekeruhan di dalam air bukanlah ukuran langsung dari partikel tersuspensi dalam air, tetapi merupakan ukuran dari efek hamburan cahaya. Sensor

ini akan mengukur jumlah cahaya yang disebarkan oleh padatan tersuspensi dalam air. Sehingga, Ketika jumlah padatan tersuspensi meningkat, tingkat kekeruhan air juga meningkat. Satuan kekeruhan adalah *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) (Miry dan Aramice, 2020).

Kekeruhan adalah parameter penting untuk pengamatan kesehatan lingkungan pada badan air. Kekeruhan merupakan ukuran kejernihan yang menggambarkan transparansi fisik air. Kekeruhan air yang tinggi dapat merusak ekosistem air karena mempengaruhi proses biologi, kimia, dan fisik di badan air. Tingginya tingkat kekeruhan dapat menyebabkan meningkatnya suhu air, menurunkan kadar oksigen terlarut, dan menurunkan laju fotosintesis karena partikel menyerap lebih banyak panas dari radiasi matahari. Faktor yang dapat menyebabkan kekeruhan meningkat adalah kegiatan manusia, bencana, kejadian alam seperti hujan dan lain lain (Tomperi *et al.*, 2020).

2.1.3 Total Suspended Solids (TSS)

TSS adalah parameter fisik untuk mengukur partikel yang tidak mudah larut dan mengendap secara langsung di air dalam waktu singkat. TSS memiliki peran penting pada badan air karena tingginya TSS dapat menghalangi sinar matahari ke air. Sinar matahari yang terhalangi dapat mengganggu aktivitas organisme akuatik, salah satunya adalah fotosintesis (Tomperi *et al.*, 2020). *Suspended solid* dapat berdampak pada kekeruhan dan kecerahan air. Partikel yang melayang di air terdiri dari komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik dapat berupa *zooplankton*, *phytoplankton*, bakteri, dan fungi. Sedangkan, komponen abiotik terdiri dari partikel inorganik. Umumnya, TSS yang dijumpai di perairan berupa plankton, lumpur, tumbuhan, dan *industry fibers* (Buana *et al.*, 2021).

2.1.4 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

BOD merupakan suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurangi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD merupakan gambaran bahan organik yang mudah terurai dalam perairan. BOD dinyatakan dalam mg/L dengan pengukuran secara analitik dengan metode winkler atau DO meter. Pengukuran BOD memerlukan kecermatan tertentu mengingat kondisi sampel atau perairan yang sangat bervariasi, sehingga kemungkinan memerlukan penetralan pH, pengenceran, aerasi atau penambahan populasi bakteri (Atima, 2015).

Nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, melainkan untuk mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan organik yang terdapat di badan air (Tardepa, 2021). Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menurunkan BOD, salah satunya adalah penambahan oksigen dengan aerasi. Metode ini akan meningkatkan jumlah oksigen terlarut sehingga dapat memberikan suplai oksigen kepada mikroorganisme pengurai untuk menurunkan kadar zat organik yang bersifat *biodegradable* di dalam air (Pramyani dan Marwati, 2020).

Bahan organik yang dapat dikomposisi secara biologis dapat berupa lemak, protein, kanji (*starch*), glukosa, dan sebagainya. Bahan organik tersebut merupakan hasil pembusukan tumbuhan dan hewan yang telah mati. Bahan organik dapat juga terbentuk akibat buangan limbah domestik dan industri (Effendi, 2003).

2.1.5 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik baik yang dapat terdegradasi secara biologis maupun non biologis sehingga BOD akan selalu lebih kecil daripada COD. Ukuran COD menentukan jumlah bahan organik yang ditemukan di air. Hal ini membuat COD bermanfaat sebagai indikator pencemaran organik di air permukaan (Sara *et al.*, 2018). Bahan organik yang resisten terhadap degradasi secara biologis adalah selulosa, tannin, lignin, fenol, polisakarida, dan sebagainya (Effendi, 2003).

Kondisi di setiap titik pada sungai mempengaruhi tingkat COD. Limbah rumah tangga dan industri merupakan salah satu penyebab tingginya konsentrasi COD. Namun, kemungkinan terdapat pula faktor pengaruh COD di setiap titik pada badan air (Lumaela *et al.*, 2013).

BOD maupun COD adalah parameter analisis utama untuk mengindikasikan besarnya polutan organik pada sungai. Rasio BOD:COD berkisar antara 0,03 sampai 0,67. Rasio ini digunakan sebagai indikator berkaitan dengan bahan organik di badan air. Perbandingan rasio ini juga dapat digunakan untuk menentukan karakteristik sungai dan parameter indikasi pengukuran polusi di badan air (Li *et al.*, 2016).

2.1.6 N- Anorganik

Kandungan nitrogen dalam badan air sangat berpengaruh terhadap kualitas suatu badan air. Kandungan nitrogen perlu mengalami fiksasi terlebih dahulu menjadi amonia (NH_3), nitrat (NO_3) dan nitrit (NO_2) agar dapat dimanfaatkan oleh makhluk hidup secara langsung. Kandungan nitrogen berupa amonia (NH_3), nitrat (NO_3) dan nitrit (NO_2) merupakan hasil siklus nitrogen yang terjadi. Siklus ini terkadang mengonsumsi paling banyak oksigen terlarut dibandingkan dengan reaksi biokimia lain pada air. (Aswadi, 2006).

Nitrogen sendiri memiliki bentuk transformasi yang lebih banyak dibandingkan unsur yang lain. Nitrogen berperan sentral sebagai elemen pembatas untuk produktivitas biologi dan memberikan pengaruh signifikan terhadap karbon dan fosfor. Siklus nitrogen yaitu proses asimilasi, nitrifikasi, anammox, dan denitrifikasi (Meirinawati, 2019). Nitrogen di perairan berupa N-organik dan N-anorganik. Transformasi N-anorganik menjadi N-organik seperti asam amino dan protein disebut proses asimilasi. Transformasi nitrogen yang membutuhkan oksigen adalah proses nitrifikasi. Proses nitrifikasi adalah proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri aerob. Nitrat yang dihasilkan pada proses nitrifikasi dapat tereduksi menjadi nitrit pada proses denitrifikasi. Proses ini berjalan optimum pada kondisi anoksik (tanpa oksigen) (Effendi, 2003).

1. Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$)

Sumber amonia di perairan adalah hasil pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dengan nitrogen anorganik. Amonia juga berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) yang dilakukan oleh mikroba dan jamur (Hamuna *et al.*, 2018). Amonia ($\text{NH}_3\text{-N}$) merupakan limbah yang mengandung bahan kimia yang berbahaya dan beracun. Kadar amonia yang tinggi dapat diindikasikan adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah kegiatan industri (Effendi, 2003).

Amonia pada perairan terukur berupa amonia total yaitu amonia bebas (NH_3) dan amonium (NH_4^+). Amonia bebas tidak dapat terionisasi namun amonium dapat terionisasi sesuai dengan pH dan suhu perairan. Hubungan amonia dengan amonium dipengaruhi oleh pH. Amonia bebas akan terionisasi pada pH 7 atau kurang sedangkan amonium akan terionisasi pada pH 7 atau lebih (Effendi, 2003).

2. Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$)

Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) merupakan bentuk nitrogen utama pada perairan alami. Konsentrasi nitrat yang tinggi di perairan dapat menstimulasi pertumbuhan dan perkembangan organisme perairan apabila didukung oleh ketersediaan nutrisi. Nitrat terbentuk akibat proses nitrifikasi amonia pada kondisi aerob. Kondisi nitrat yang berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi perairan dan selanjutnya akan meningkatkan pertumbuhan *algae* dan tumbuhan air secara pesat. Peningkatan nitrat dapat disebabkan oleh masuknya bahan organik yang tinggi dari aktivitas daratan (Hamuna *et al.*, 2018).

3. Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$)

Nitrit ditemukan dengan jumlah yang lebih sedikit dibandingkan nitrat karena bersifat tidak stabil. Kadar nitrit yang kecil disebabkan oleh proses oksidasi menjadi nitrat yang berlangsung cepat (Effendi, 2003). Nitrit merupakan molekul alami pada siklus nitrogen. Nitrit

dapat masuk ke badan air yang terbentuk dari oksidasi amonia oleh bakteri *nitrosomonas* (Suwanda, 2018). Keberadaan nitrit menggambarkan berlangsungnya proses biologis dari perombakan bahan organik di perairan (Kiswanto *et al.*, 2020).

2.2 Pengolahan Fisik dan Kimia

2.2.1 Unit Aerasi

Aerasi merupakan istilah lain dari transfer gas (khususnya oksigen) dari fase gas ke fase cair. Fungsi utama aerasi sendiri adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air serta membantu proses pengadukan air. Terdapat beberapa tujuan dari transfer gas dalam pengolahan air yaitu:

1. Mengurangi konsentrasi bahan penyebab rasa dan bau
2. Mengoksidasi besi dan mangan.

(Syauqiah *et al.*, 2018). Proses oksidasi sendiri dipengaruhi oleh waktu. Semakin lama waktu aerasi maka semakin cepat mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik dalam air (Purnama, 2014).

Metode aerasi sering digunakan untuk pengolahan air minum untuk penyisihan besi (Fe) dan mangan (Mn). Metode ini menekankan transfer gas oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut. Terdapat beberapa jenis aerasi yang sering digunakan yakni *gravity aerator*, *spray aerator*, *diffuser aerator*, dan *mechanical aerator*. Aerator jenis *diffuser* dapat melakukan transfer gas oksigen dari udara bertekanan yang diinjeksikan di dalam air. Udara yang keluar berbentuk gelembung yang akan menyebabkan peningkatan turbulensi air. Peningkatan koefisien transfer gas untuk *fine bubble* enam kali lebih besar dibandingkan dengan *coarse bubble* (Batara *et al.*, 2017).

2.2.2 Unit Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi merupakan penambahan suatu zat atau koagulan ke dalam air yang menyebabkan partikel partikel koloid yang bermuatan negatif menjadi netral. Hal ini menyebabkan partikel menempel satu sama lain dan membentuk flok. Koagulan yang sering dipakai adalah *Polyaluminium chloride* (PAC). Keunggulan PAC dibandingkan dengan koagulan lainnya adalah:

1. Aplikasinya luas dan cocok dengan berbagai jenis air.
2. Dapat mengendapkan walaupun pada suhu yang rendah.
3. Derajat keabsahannya lebih tinggi daripada garam garam aluminium dan besi.
4. Tidak membutuhkan *coagulant aids* (katalisator penggumpalan)
5. Tidak mengakibatkan degradasi pH yang drastis.

(Jamaludin *et al.*, 2015).

Pengadukan pada proses koagulasi dan flokulasi merupakan variabel yang sangat berpengaruh. Pengadukan menentukan homogenya suatu campuran antara koagulan yang digunakan untuk mengendapkan partikel koloid. Pada penelitian ini, pengadukan merupakan variabel sehingga dapat berdampak pada proses homogenisasi campuran dan waktu pengendapan (Risdiyanto, 2007).

Beberapa partikel yang menyebabkan kekeruhan memiliki sifat *hydrophobic* dan dapat diendapkan dengan gravitasi. Namun, banyak diantaranya berukuran kecil seperti koloid atau senyawa asam yang bersifat *hydrophilic* dan sulit mengendap. Maka dari itu diperlukan material atau koagulan untuk mengurangi kekeruhan air sesuai dengan kondisi lingkungan. Jumlah koagulan yang digunakan ditentukan dengan percobaan yang disebut *jar test* (Haghiri *et al.*, 2018). *Jar test* digunakan untuk mengontrol dan mengoptimalkan dosis koagulan (Bouyer *et al.*, 2001).

Jar test merupakan suatu percobaan yang berfungsi untuk menentukan dosis optimum dari koagulan yang digunakan pada pengolahan air bersih. Selain pembubuhan koagulan, diperlukan pengadukan sampai terbentuk flok. Flok ini akan mengumpulkan partikel partikel

kecil dan koloid yang tumbuh sehingga pada akhirnya mengendap (Hanum, 2002). Sebuah penelitian menyebutkan bahwa *jar test* dapat menentukan tingkatan koagulasi flokulasi. *Jar test* dilakukan untuk mendapatkan penentuan akhir kondisi koagulasi dengan *rapid mix* (Yamamura *et al.*, 2020).

2.3 Penelitian Kualitas Air

2.3.1 Pengujian Keekeruhan

Analisis keekeruhan merupakan studi mengenai sifat optik yang menyebabkan cahaya melalui air menjadi tersebar dan diserap lalu ditransmisikan dalam garis lurus. Arah cahaya yang ditransmisikan akan berubah jika mengenai partikel pada air. Saat keekeruhan rendah, cahaya terdeteksi tidak jauh tersebar dari garis lurus tersebut. Tingkat keekeruhan air atau dapat disebut turbiditas dapat diukur dengan alat turbidimeter (Omar dan Matjafri, 2009).

Alat turbidimeter menggunakan prinsip *adsorbition spectroscopy* dimana alat ini akan mengukur absorpsi partikel yang tercampur. Tingkat keekeruhan air ditunjukkan dengan satuan *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Selain itu, tingkat keekeruhan dapat diukur menggunakan turbidimeter dengan prinsip hamburan sinar peletakan *detector* pada sudut 90° dari sumber cahaya (Pramesti dan Puspikawati, 2020).

2.3.2 Pengujian Total Suspended Solids (TSS)

Pengujian TSS pada air dilakukan dengan metode gravimetri. Metode gravimetri merupakan cara sederhana dan mudah serta memiliki ketelitian yang tinggi. Teknik gravimetri dilakukan dengan menimbang massa zat yang telah dipisahkan dari zat zat lain (Ariani *et al.*, 2021). TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad renik dengan ukuran diameter >1µm akan bertahan pada saringan *milipore* dengan pori pori 0,45 µm. Berat TSS akan dapat dihitung setelah proses pemanasan dalam oven sehingga tidak terdapat berat kadar air pada saringan. Proses penyaringan terjadi selama 10 menit, jika lebih dari 10 menit perlu dilakukan pergantian kertas saring dengan diameter pori yang lebih besar (Rozali *et al.*, 2016).

2.3.3 Pengujian Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Prinsip pengujian BOD adalah pengurangan konsentrasi oksigen 0 hari dengan 5 hari. Sampel uji ditambahkan pada larutan pengencer yang telah ditambahkan nutrisi dan mikroba. Setelah itu diinkubasi pada ruang gelap selama 5 hari. Selama pemeriksaan, sampel air harus bebas dari udara luar sehingga mencegah kontaminasi dari oksigen di udara bebas. Reaksi oksidasi selama pemeriksaan dikarenakan aktivitas mikroorganisme yang dipengaruhi oleh jumlah populasi dan suhu. Secara teori, waktu oksidasi sempurna bahan organik adalah tidak terbatas namun pada laboratorium, pengukuran berlangsung selama 5 hari. Hal ini selain karena mempersingkat waktu tetapi juga untuk meminimalkan pengaruh oksidasi amonia yang menggunakan oksigen (Salmin, 2005).

2.3.4 Pengujian Chemical Oxygen Demand (COD)

Metode pengukuran COD sedikit lebih kompleks karena menggunakan penambahan kalium bikromat ($K_2C_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (Atima, 2015). Metode yang digunakan untuk pengukuran COD adalah dapat dilakukan dengan metode refluks terbuka dan tertutup. Berbeda dengan BOD, pada pengukuran COD memerlukan oksidator kuat yang dapat mengoksidasi seluruh bahan organik di air dalam suasana asam. Namun terdapat bahan organik yang bersifat *volatile* atau mudah menguap pada suhu tinggi. Pencegahan yang dapat dilakukan penguapan tersebut adalah dengan menggunakan kondensor refluks. Kondensor refluks akan menangkap uap dari bahan organik (Effendi, 2003).

2.3.5 Pengujian Amonium, Nitrat, dan Nitrit

Pengujian amonium (NH_4^+), nitrat (NO_3-N), dan nitrit (NO_2-N) menggunakan alat spektrofotometer. Spektrofotometer merupakan alat untuk mengukur banyak substansi kimia dengan mengukur absorbansi dari cahaya yang dilewatkan dengan panjang gelombang tertentu.

Berdasarkan kisaran dan panjang gelombang, spektrofotometer dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu spektrofotometri UV-*visible* dan spektrofotometer IR. Spektrofotometer UV-*visible* menggunakan cahaya dengan kisaran ultraviolet 185-400 nm dan cahaya *visible* 400-700 nm. Spektrofotometer IR menggunakan cahaya dengan kisaran 700-15000 nm pada substansi padatan, cairan atau gas (Mubarok, 2021).

Prinsip penelitian amonium dengan metode nesler adalah amonium bereaksi dengan larutan basa sehingga membentuk dispersi koloid berwarna kuning coklat. Warna kuning yang terbentuk memiliki perbandingan lurus dengan konsentrasi amonium pada sampel air. Hasil dari pengukuran warna akan dihubungkan dengan kurva kalibrasi antara variasi konsentrasi dengan absorbansi cahaya pada panjang gelombang *visible* (Ngibad, 2019).

Pengujian nitrat dengan metode brucin asetat sesuai untuk sampel air dengan kadar nitrogen 0,1-2 mg/L. Reaksi brucin dengan nitrat akan membentuk senyawa berwarna kuning. Reaksi ini dipengaruhi oleh tingkat panas. Peningkatan suhu dilakukan dengan penambahan asam sulfat pekat (H_2SO_4). Hasil pengukuran didapatkan persamaan regresi dari larutan standar untuk menentukan kadar nitrat pada sampel air (Mariyam, 2007).

Analisis nitrit menggunakan metode naftil etilen diamina (NED) dengan prinsip pembentukan warna merah keunguan yang akan diukur dengan spektrofotometer. Sampel air yang mengandung nitrit ditambahkan sulfanilamid akan menghasilkan garam diazonium. Garam diazonium kemudian bereaksi dengan NED menghasilkan senyawa kompleks azo yang berwarna merah keunguan. Warna ini akan diukur dengan spektrofotometer untuk menentukan konsentrasi nitrit yang terbentuk sesuai dengan kurva kalibrasi yang diperoleh (Nadhila dan Nuzlia, 2020).

2.4 Metode *Analysis of Variance* (ANOVA)

Metode statistika digunakan untuk menganalisis data dari suatu percobaan. Salah satu Teknik analisis untuk memeriksa hubungan antara dua atau lebih set data disebut analisis varians (anova). Analisis varian kadang disebut sebagai *F-test*. Ciri khas dari analisis varian adalah mengandung lebih banyak parameter untuk mempresentasikan pengaruh pengaruh yang diinginkan. Terdapat analisis varian satu jalur (*one way*) dan dua jalur (*two way*). Tujuan dari analisis ini adalah mengidentifikasi variabel bebas yang penting sehingga dapat mempengaruhi respons (Fajrin et al., 2016).

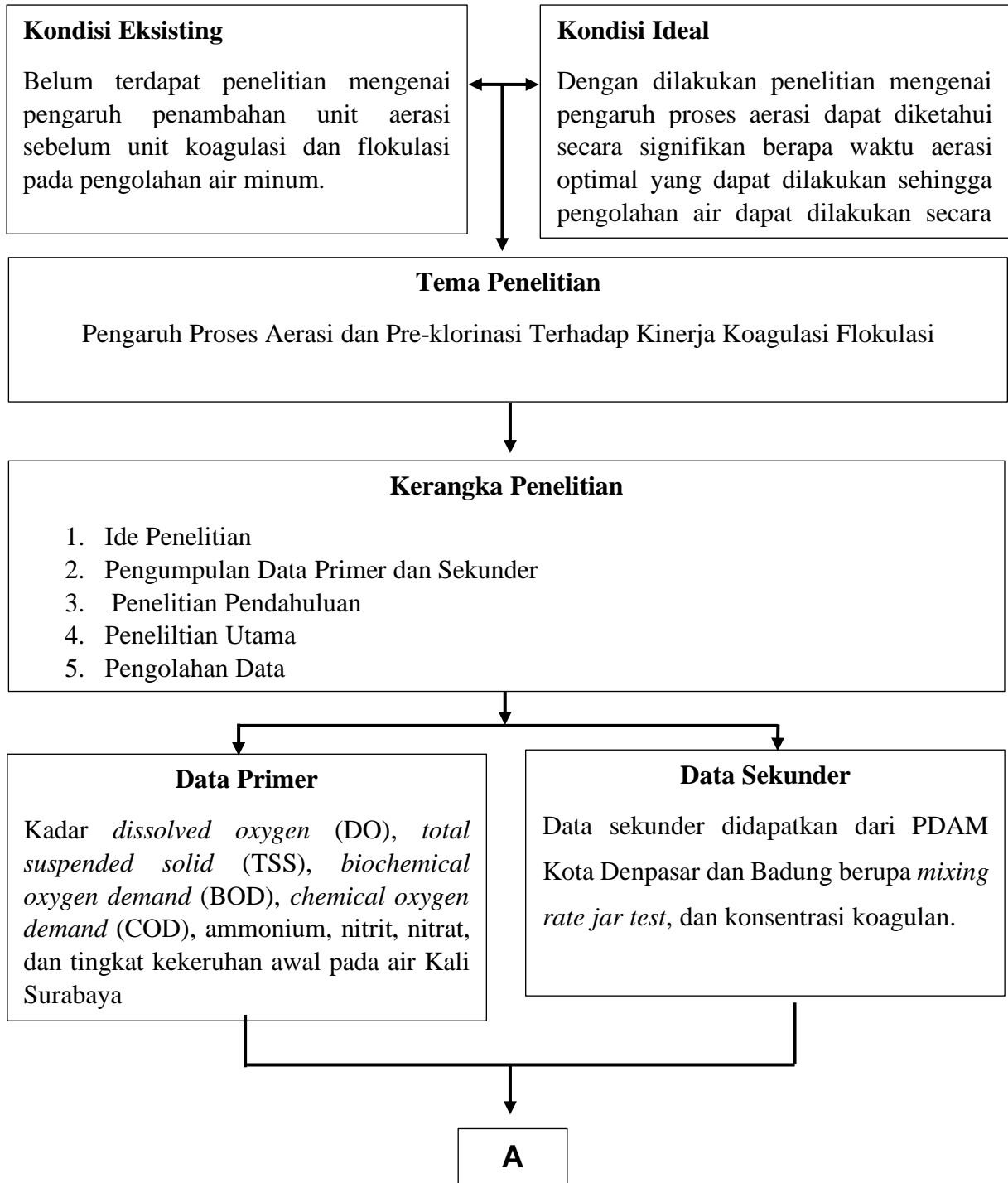
Analisis satu arah hanya mendeteksi apakah terdapat perbedaan diantara rata rata populasi atau tidak. Untuk pengambilan keputusan terhadap hipotesis dapat dilakukan dengan membandingkan nilai statistik dari uji F_{hitung} terhadap kritis berdasarkan tabel distribusi F_{kritis} . Jika nilai $F >$ nilai kritis maka H_1 diterima. Selain itu pengambilan hipotesis juga dilakukan dengan membandingkan nilai probabilitas terhadap tingkat signifikansi. Jika nilai probabilitas $<$ tingkat signifikansi maka H_1 diterima (Gio & Rosmaini, 2016).

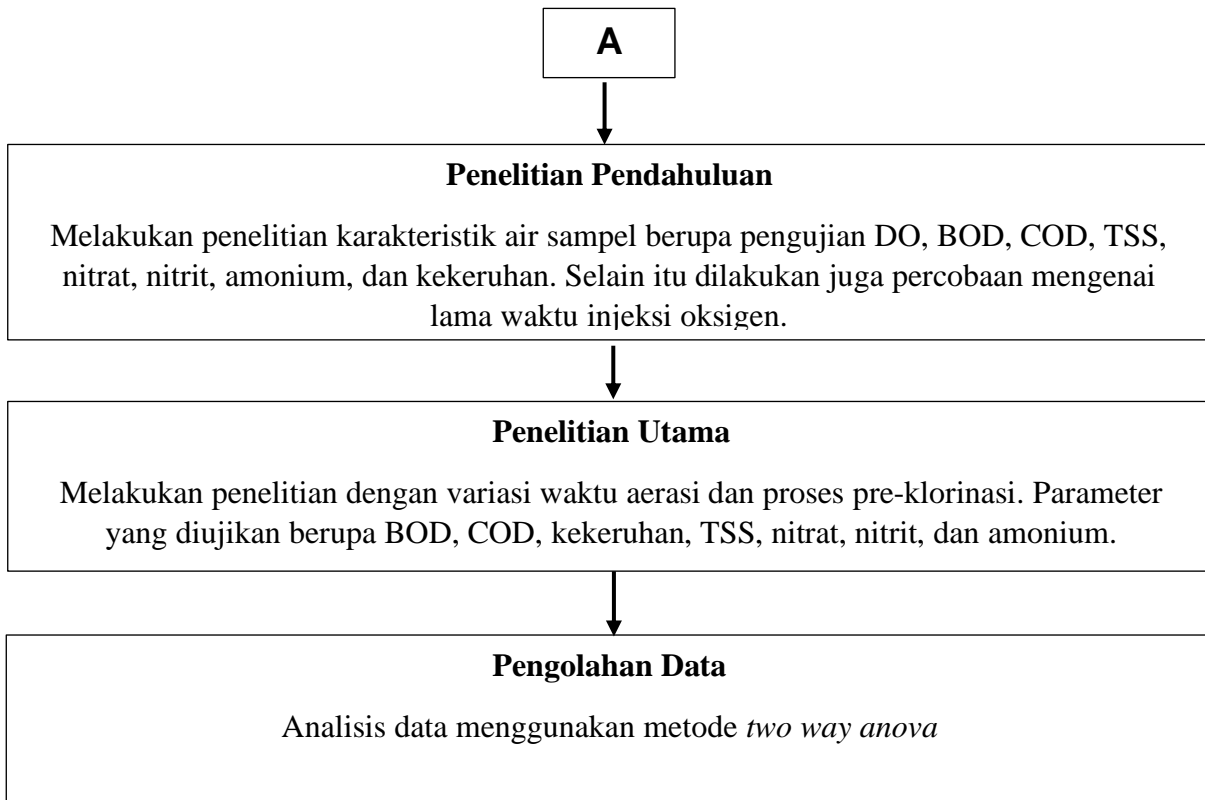
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian diawali dari ide studi yang didapatkan dari kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi eksisting. Dari kesenjangan tersebut didapatkan rumusan masalah yang menjadi dasar dari penelitian hingga penarikan kesimpulan. Kerangka penelitian dapat dilihat pada diagram.





Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Alat dan Bahan

a. Air Pump/Aerator

Aerator berfungsi untuk memompakan udara pada air (aerasi) sehingga kadar oksigen terlarut pada air sampel bertambah.

b. Dissolved Oxygen (DO) Meter

DO meter berfungsi untuk mengukur kadar oksigen pada air sampel sebelum dan sesudah dilakukan aerasi. Selain menggunakan DO meter, oksigen terlarut akan diukur juga secara laboratorium.

c. pH Meter

pH diukur dikarenakan pH berpengaruh terhadap oksigen terlarut pada air sampel. Dalam percobaan ini, pH diukur dengan menggunakan pH meter.

d. Alat Jar Test

Pada penelitian ini *jar test* berfungsi sebagai alat untuk menentukan dosis optimum koagulan PAC yang diperlukan.

Pada pengujian parameter diperlukan alat dan bahan sebagai penunjang penelitian. Alat dan bahan yang diperlukan dalam pengujian parameter dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Uji Parameter

Pengujian	Bahan	Alat
Kekeruhan		Turbidimeter
TSS	Kertas Saring	Oven
		Vacuum Filter
		Timbangan Analitis
		Desikator

Pengujian	Bahan	Alat
COD	Larutan Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$)	Buret 25 mL
	Kristal perak Sulfat dicampur dengan Asam Sulfat (Ag_2SO_4)	Erlenmeyer
	Kristal Merkuri Sulfat ($HgSO_4$)	Alat Refluks dan pemanas
	Ferro Amonium Sulfat (FAS) 0,1 N	Pipet 10 ml, 5 ml
	Larutan Indikator Fenantrolin Ferro Sulfat (Ferrouin)	Beaker Glass 50 ml
BOD	Buffer Fosfat	Aerator
	Magnesium Sulfat	Drum atau ember
	Kalium Klorida	Botol Winkler 300 mL
	Feri Klorida	Botol Winkler 150 mL
	Mangan Sulfat	Inkubator
	Lautan Pereaksi Oksigen	Labu Takar 500 mL
	Indikator Amilum 0,5 %	
	Asam Sulfat Pekat	
Larutan Standar Natrium tiosulfat		
Nitrit	Larutan Sulfanilamida	Gelas Beaker
	Larutan NED Dihidorklorida	Spektrofotometer
		Pipet ukur
Nitrat	Larutan Brucin Asetat	Gelas Beaker
	Larutan Asam Sulfat	Spektrofotometer
		Pipet ukur
Amonium	Larutan Nessler	Spektrofotometer UV-Vis
	Larutan Garam Signet	Gelas Beaker
		Pipet Ukur
Kadar klor	Asam Asetik (Glacial) Pekat	Buret
	Kalium Iodida (KI)	Erlenmeyer
	Indikator Amilum	
	Larutan Standar Natrium Tiosulfat	

3.2.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini memerlukan data data sebagai pendukung penelitian baik data yang diambil secara langsung melalui penelitian pendahuluan maupun data sekunder. Data data yang dibutuhkan antara lain:

a. Data Karakteristik Air

Data karakteristik air didapatkan melalui penelitian pendahuluan dari sampel air. Penelitian berupa pengujian kadar *dissolved oxygen* (DO), *total suspended solid* (TSS), *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), amonium, nitrat, nitrit, dan tingkat kekeruhan pada air Kali Surabaya

b. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan melalui penelitian lapangan yang dilakukan pada PDAM Kota Badung dan Denpasar berupa *mixing rate jar test* dan penggunaan koagulan pada *jar test*. Data sekunder mengikuti penelitian lapangan tersebut dikarenakan penelitian ini beriringan dengan penelitian yang dilaksanakan di PDAM Kota Denpasar dan Kabupaten Badung.

Mixing rate jar test dilakukan dengan pengadukan secara *flash mix* dan *slow mix*, dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 *Mixing Rate Jar Test*

No.	Kecepatan	Waktu
1	200 rpm	1 menit
2	120 rpm	3 menit
3	90 rpm	3 menit
4	60 rpm	3 menit
5	30 rpm	3 menit
6	10 rpm	3 menit

Setelah itu dilakukan pengendapan selama 10 menit. Penggunaan koagulan menggunakan PAC larutan 1% dimana penggunaan koagulan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Penggunaan Koagulan

Sampel	Konsentrasi Koagulan (mg/L)
1	5
2	10
3	15
4	20
5	25
6	30

Koagulan yang dipakai berupa larutan PAC 1%. Larutan PAC dibuat dengan menimbang 10 g PAC yang dilarutkan dengan 1000 mL aquades. Perhitungan seberapa banyak PAC yang dibutuhkan dalam air baku adalah sebagai berikut:

$$10 \text{ g/L} = 10.000 \text{ mg/L}$$

$$= 10.000 \text{ mg/L}$$

Untuk konsentrasi PAC 5 mg/L

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10.000 \text{ mg/L} = 1 \text{ L} \cdot 5 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{5 \text{ mg/L}^2}{10.000 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 0,0005 \text{ L}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ mL}$$

Sehingga, konsentrasi PAC 5 mg/L sebesar 0,5 mL

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian ini diperlukan untuk mengukur data data awal yang dibutuhkan untuk penelitian utama. Penelitian pendahuluan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian parameter kadar *dissolved oxygen* (DO), *total suspended solid* (TSS), *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), amonium, nitrit, nitrat, dan tingkat kekeruhan air sampel. Pengujian parameter bertujuan untuk mengetahui parameter awal air sampel yang akan digunakan.
2. Penentuan lama waktu aerasi.

Penentuan lama waktu aerasi bertujuan untuk mendapatkan grafik hubungan DO dengan waktu injeksi oksigen sehingga didapatkan waktu injeksi yang menghasilkan peningkatan DO optimal. Lama waktu aerasi dilakukan selama 25 menit, 50 menit, dan 70 menit. Penentuan waktu tersebut didasarkan pada penelitian oleh Rosariawari dan Farahdiba

(2020) menggunakan *micro bubble aerator* dengan memakai variasi waktu 0 menit, 5 menit, 20 menit, 35 menit dan 50 menit. DO tertinggi dihasilkan pada aerasi selama 35 menit dan 50 menit.

3. Penentuan Dosis Kaporit

Penentuan dosis kaporit menggunakan metode *breakpoint chlorination* (BPC).

3.3.2 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan setelah didapatkannya data data yang diperlukan. Langkah langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel air

Pengambilan sampel dilakukan pada jam operasional PDAM Surya Sembada IPAM II Karang Pilang. Sampel diambil sebanyak 30 L/hari pada Kali Surabaya sebagai *intake* pada pengolahan air di PDAM Surya Sembada IPAM II Karang Pilang. Pengambilan sampel dilakukan selama 6 kali pengambilan sampel dengan pengulangan pengukuran parameter pada setiap pengambilan.

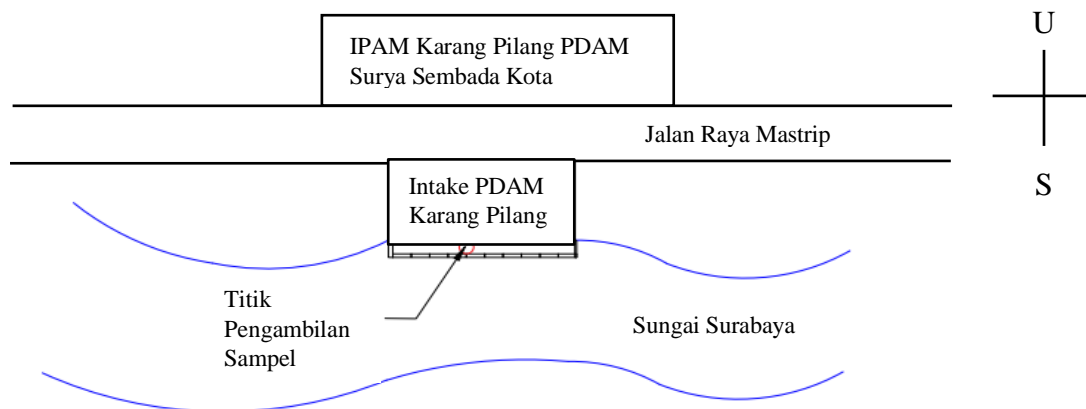
- Penetapan titik sampel

Titik pengambilan merupakan tempat penyadapan pemanfaatan air, karena penelitian ini membutuhkan sampel air Kali Surabaya yang masuk pada pengolahan air minum. Maka dari itu sampel air diambil pada *intake* PDAM sehingga memberikan peluang karakteristik air yang diteliti akan sama dengan air yang akan diolah. Lokasi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 (a) Intake PDAM Karang Pilang Kota Surabaya, (b) Pengambilan sampel air

Intake PDAM Karang Pilang Sampel air terletak di koordinat titik 7°20'52.38"S 112°40'54.84"E. Denah titik pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Denah Titik Pengambilan Sampel

2. Penelitian Utama

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengolahan Air Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian dilakukan untuk mengkaji pengaruh proses aerasi terhadap kinerja koagulasi flokulasi dalam mengolah *total suspended solid* (TSS), *biochemical oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), amonium, nitrat, nitrit, dan tingkat kekeruhan. Variasi penelitian berdasarkan pada penelitian pendahuluan. Variasi penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Variasi Penelitian

Variasi	Waktu Aerasi (Menit)		
	25	55	70
Aerasi Tanpa Klorinasi (A)	A1	A2	A3
Aerasi dengan Klorinasi (B)	B1	B2	B3

- Proses Aerasi

Proses aerasi dilakukan dengan aerasi mekanik (*air pump aerator*) yaitu injeksi udara dengan debit 4,3 L/menit secara langsung dengan variasi lama waktu yang berbeda. Lama waktu aerasi ditentukan melalui penelitian pendahuluan yang dilakukan sebelum penelitian utama.

- Proses Pre-klorinasi

Proses pre-klorinasi dilakukan dengan penambahan larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ (kaporit). Dosis kaporit sesuai dengan hasil penelitian pendahuluan. Pembuatan larutan kaporit yaitu dengan melarutkan 10 g bubuk kaporit dalam 1 L aquades. Pembuatan larutan ini menghasilkan larutan kaporit 10.000 mg/L. Setelah itu pembubuhan larutan pada air sampel mengikuti perhitungan seperti berikut:

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 10.000 \text{ mg/L} = 10 \text{ L} \cdot 30 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = 0,03 \text{ L}$$

$$V_1 = 30 \text{ mL}$$

- Penelitian Parameter Uji

Parameter yang dilakukan pengujian berupa kekeruhan, BOD, COD, amonium, nitrat, nitrit, dan TSS dengan metode analisis sesuai dengan Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Metode Analisis Pengujian Parameter

Parameter Uji	Metode
<i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	DO meter/Winkler
Kekeruhan	Turbidimetri
BOD	Winkler
COD	Refluks terbuka
Amonium	Nessler
Nitrat	Brucin Asetat (SNI 06-2480-1991)
Nitrit	NED (SNI 06-6989.9-2004)
TSS	Gravimetri
Kadar klor	Iodometri

Seperti yang dijelaskan pada sub bab sebelumnya, untuk 1 variasi waktu aerasi membutuhkan 10 L sampel air. Air sampel tersebut selanjutnya digunakan untuk uji *jar test* sebanyak 6 L. Pengujian kekeruhan membutuhkan 10 mL sampel air untuk uji turbidimetri. Sebanyak 25 mL sampel air digunakan untuk pengujian TSS dengan metode gravimetri. Pengujian BOD menggunakan sampel sebanyak 100 mL dengan menggunakan metode winkler. Pengujian COD dengan menggunakan metode refluks terbuka membutuhkan 20 mL sampel air. Pengujian amonium dan nitrit membutuhkan 25 mL sampel air. Untuk pengujian nitrat membutuhkan 2 mL sampel air. Pengujian parameter akan dilakukan 2 kali pengulangan. Prosedur penelitian dapat dilihat pada lampiran A.

- **Pengolahan Data**

Metode analisis data menggunakan uji *two way* anova dengan program *microsoft excel* versi tahun 2019. Pemilihan *microsoft excel* sebagai program analisis adalah *microsoft excel* memiliki banyak pilihan terutama pada analisis anova dengan 2 kali pengulangan penelitian (*duplo*). Selain itu hasil pengolahan data tercatat lebih rapi sehingga mudah untuk membaca hasil pengolahan.

Terdapat 2 variabel pada pengolahan data ini yaitu variabel bebas/*independent* dan variabel terikat/*dependent*. Variabel bebas pada penelitian ini adalah waktu aerasi dan dosis koagulan. Sedangkan variabel terikat adalah parameter kualitas air seperti BOD, COD, TSS, kekeruhan, amonium, nitrit, dan nitrat. Hipotesis pada setiap variasi yang digunakan dalam penelitian yaitu:

H₀: Variasi lama waktu aerasi dan pre-klorinasi dengan penambahan dosis koagulan yang berbeda pada sampel air tidak berpengaruh terhadap parameter kualitas air.

H₁: Variasi lama waktu aerasi dan proses pre-klorinasi dengan penambahan dosis koagulan yang berbeda pada sampel air berpengaruh terhadap parameter kualitas air.

Nilai signifikansi (Sig.) yang digunakan dalam penelitian ini $\alpha = 0,05$. Jika P value > 0,05 maka H₀ diterima. Perlakuan yang akan diujikan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6 Kombinasi Variabel Perlakuan

PAC (mg/L)	Waktu Aerasi		
	25 menit	50 menit	70 menit
0	X1	Y1	Z1
5	X2	Y2	Z2
10	X3	Y3	Z3
15	X4	Y4	Z4
20	X5	Y5	Z5
25	X6	Y6	Z6
30	X7	Y7	Z7

Keterangan:

X: Sampel dilakukan proses aerasi selama 25 menit

Y: Sampel dilakukan proses aerasi selama 50 menit

Z: Sampel dilakukan proses aerasi selama 70 menit

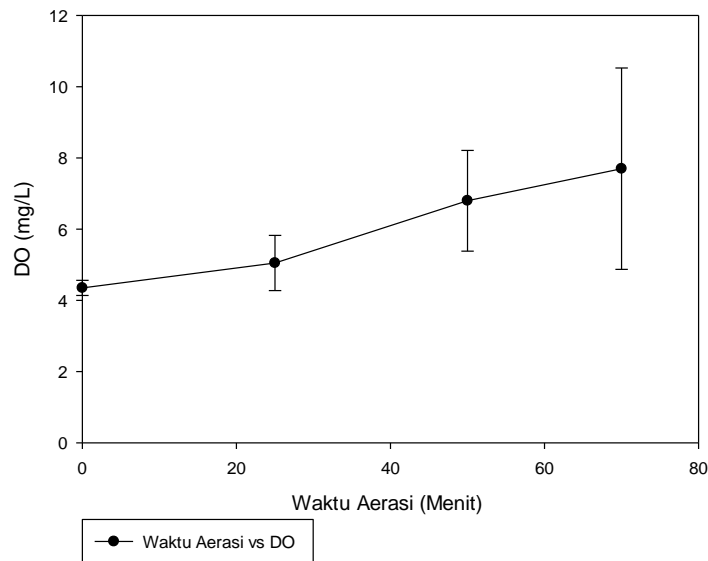
Halaman Sengaja Dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penentuan Variasi Waktu Aerasi

Penentuan variasi dilakukan dengan menginjeksikan udara melalui aerator debit 4,3 L/menit selama 25 menit dan kelipatannya. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan grafik hubungan DO dengan waktu injeksi sehingga dapat diketahui peningkatan DO optimal pada air sampel. Dari percobaan ini didapatkan grafik hubungan DO dengan waktu aerasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Hubungan DO dengan Waktu Aerasi

Kenaikan DO pada air sampel disebabkan oleh turbulensi yang meningkatkan laju perpindahan udara dari fase gas ke fase cair. Turbulensi tersebut menyebabkan kontak antara permukaan air sehingga menyebabkan nilai koefisien transfer oksigen (KLa) meningkat (Ayu dan Mirwan, 2020). Kelarutan oksigen juga dipengaruhi oleh waktu dan tekanan. Semakin tinggi temperatur maka semakin kecil kelarutan oksigen di dalam air (Sinaga *et al.*, 2016).

Berdasarkan hasil penelitian, variasi waktu aerasi pada penelitian utama akan dilaksanakan selama 25 menit, 50 menit, dan 70 menit. Aerasi akan dilaksanakan dengan debit 4,3 L/menit menggunakan aerasi tipe mekanis (*air pump aerator*).

4.2 Karakteristik Awal Sampel Air Sungai Surabaya

Sampel air diambil sebanyak 30 L pada *intake* PDAM Karang Pilang II pada pukul 10.00 WIB. Menurut data BMKG, cuaca saat pengambilan sampel cerah berawan dengan suhu udara 30°C. Setelah dilakukan pengujian, parameter BOD, COD, kekeruhan, dan TSS belum sesuai dengan baku mutu. Baku mutu yang dipakai adalah PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Hasil pengujian karakteristik awal sampel air dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Karakteristik Awal Sampel Air

Karakteristik	Hasil	Baku Mutu	Satuan
BOD	3,444 ± 0,212	3	mg/L
COD	38,422 ± 0,42	25	mg/L
Nitrat	0,066 ± 0,0002	10	mg/L
Nitrit	0,0735 ± 0,00629	0,06	mg/L
Amonium	0,0139 ± 0,000201	-	mg/L
Kekeruhan	130,5 ± 4,94	5	NTU
TSS	172,5 ± 4,94	50	mg/L

Selanjutnya, ditambahkan koagulan PAC dengan proses *jar test* pada air sampel sehingga didapatkan dosis optimum yang dibutuhkan untuk menurunkan parameter. Hasil pengujian parameter setelah *jar test* dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Parameter Setelah Penambahan Koagulan

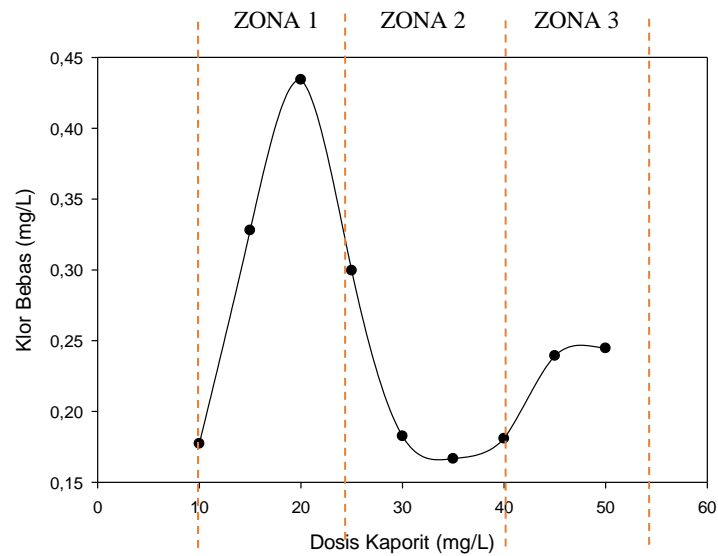
Parameter	Dosis Koagulan						Baku Mutu	Satuan
	30 mg/L	40 mg/L	50 mg/L	60 mg/L	70 mg/L	80 mg/L		
BOD	3	2,74	2,51	2,34	2,27	2,3	3	mg/L
COD	35,32	33,12	30,5	28,1	27,19	27,05	25	mg/L
Nitrat	0,0092	0,0091	0,0072	0,007	0,0065	0,0064	10	mg/L
Nitrit	0,0626	0,0345	0,0449	0,0231	0,0247	0,0267	0,06	mg/L
Ammonium	0,0139	0,0136	0,0132	0,0129	0,0127	0,0121	-	mg/L
Kekeruhan	19,3	10,49	8,5	8,17	6,57	6,88	5	NTU
TSS	102	94	77	71	64	65	50	mg/L

Dari hasil penelitian sampel, penggunaan PAC optimum yang dapat menurunkan parameter sebesar 70 mg/L dengan dosis koagulan 70 mg/L. Namun dengan dosis PAC 70 mg/L belum dapat menurunkan parameter COD, kekeruhan dan TSS sesuai dengan baku mutu. Penambahan PAC dapat mengurangi parameter pencemar air karena koagulan dapat mempercepat pengendapan, pembentukan, dan pengerasan flok. Flok yang terbentuk akan lebih mudah mengendap. Semakin banyak koagulan yang dibutuhkan membuktikan bahwa semakin banyak partikel pencemar di air (Pasaribu *et al.*, 2018).

4.3 Penentuan Dosis Klorin

Senyawa klor yang ditambahkan berupa kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl}_2)$). Penentuan dosis optimum kaporit yang akan ditambahkan pada sampel menggunakan metode *Break Point Chlorination*

(BPC). Penambahan kaporit secara terus menerus pada akhir *breakpoint* akan meningkatkan klorin bebas sehingga pada akhir proses diperoleh kurva *breakpoint*. Kurva BPC menunjukkan 3 zona yang dibagi berdasarkan proses klorinasi. Zona 1 menunjukkan proses klorinasi terhadap senyawa organik. Pada zona ini klor bebas yang dihasilkan naik hingga seluruh senyawa organik teroksidasi dengan klorin. Pada zona 2 terjadi proses kloraminasi, zona ini digunakan sebagai dosis optimum klorin untuk proses klorinasi. Zona 3 menunjukkan senyawa organik sudah jenuh oleh proses oksidasi dengan klorin. Hasil pengukuran klor bebas pada proses BPC dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Kurva BPC

Berdasarkan hasil penelitian, dosis optimum kaporit yang ditambahkan ke dalam air sampel sehingga residual klorin yang paling baik adalah pada dosis 35 mg/L. Sehingga pada penelitian ini ditambahkan kaporit sebesar 35 mg/L saat proses pre-klorinasi. Selanjutnya dilakukan penelitian mengenai karakteristik air setelah ditambahkan kaporit sebanyak 35 mg/L. Hasil pengujian karakteristik sampel air dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Karakteristik Air Setelah Penambahan Kaporit

Karakteristik	Awal	Setelah Penambahan 35 mg/L Kaporit	Baku Mutu	Satuan
BOD	4,40	3,76	3	mg/L
COD	39,34	38,66	25	mg/L
Nitrat	0,027	0,0124	10	mg/L
Nitrit	0,135	0,1059	0,06	mg/L
Amonium	0,0049	0,0048	-	mg/L
Kekeruhan	89,1	81,3	5	NTU
TSS	112	108	50	mg/L

4.4 Hasil Penelitian Utama

4.4.1 Hasil Analisis Pengaruh Waktu Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi

Pada pelaksanaan penelitian utama, dilakukan dengan 3 variasi waktu aerasi dan penambahan proses pre-klorinasi. Penelitian utama bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu aerasi dan proses pre-klorinasi dalam kinerja proses koagulasi flokulasi. Kinerja koagulasi flokulasi diperhatikan dari koagulan optimum yang dibutuhkan dan penyisihan parameter kualitas air (BOD, COD, TSS, nitrat, nitrit, amonium, dan kekeruhan).

4.4.1.1 Hasil Analisis Terhadap Konsentrasi BOD

Penelitian awal konsentrasi BOD sebesar 3,733 mg/L. Setelah dilakukan aerasi, konsentrasi BOD mengalami penurunan. Hasil penelitian konsentrasi BOD setelah proses aerasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Konsentrasi BOD

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
0	4,35	3,733
25	5,05	2,967
50	6,8	2,533
70	7,7	2,333

Pada aerasi selama 25 menit, 50 menit, dan 70 menit terjadi penurunan konsentrasi BOD sebesar 20,5%; 32,1%; dan 37,5%. Nilai BOD mengalami penurunan selaras dengan penelitian Mirwan *et al.* (2010), BOD mengalami penurunan sebesar 0,33 mg/L dengan aerasi selama 10 menit. Hal ini dikarenakan waktu aerasi yang semakin lama akan menyebabkan makin banyak suplai udara sehingga laju penguraian oleh populasi organisme semakin cepat. Semakin banyak suplai udara dapat dilihat pada hasil pengukuran DO yang semakin meningkat.

Pada variasi kedua, dilakukan penambahan kaporit sebanyak 35 mg/L. Penambahan kaporit di air berperan sebagai disinfektan yang membunuh mikroorganisme dan bakteri. Semakin sedikit mikroorganisme maka semakin rendah pula konsentrasi BOD di dalam air, karena semakin sedikit oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk mengoksidasi zat zat organik terlarut (Aziz *et al.*, 2013). Hasil penelitian setelah penambahan proses preklorinasi dapat dilihat pada Tabel 4.5.

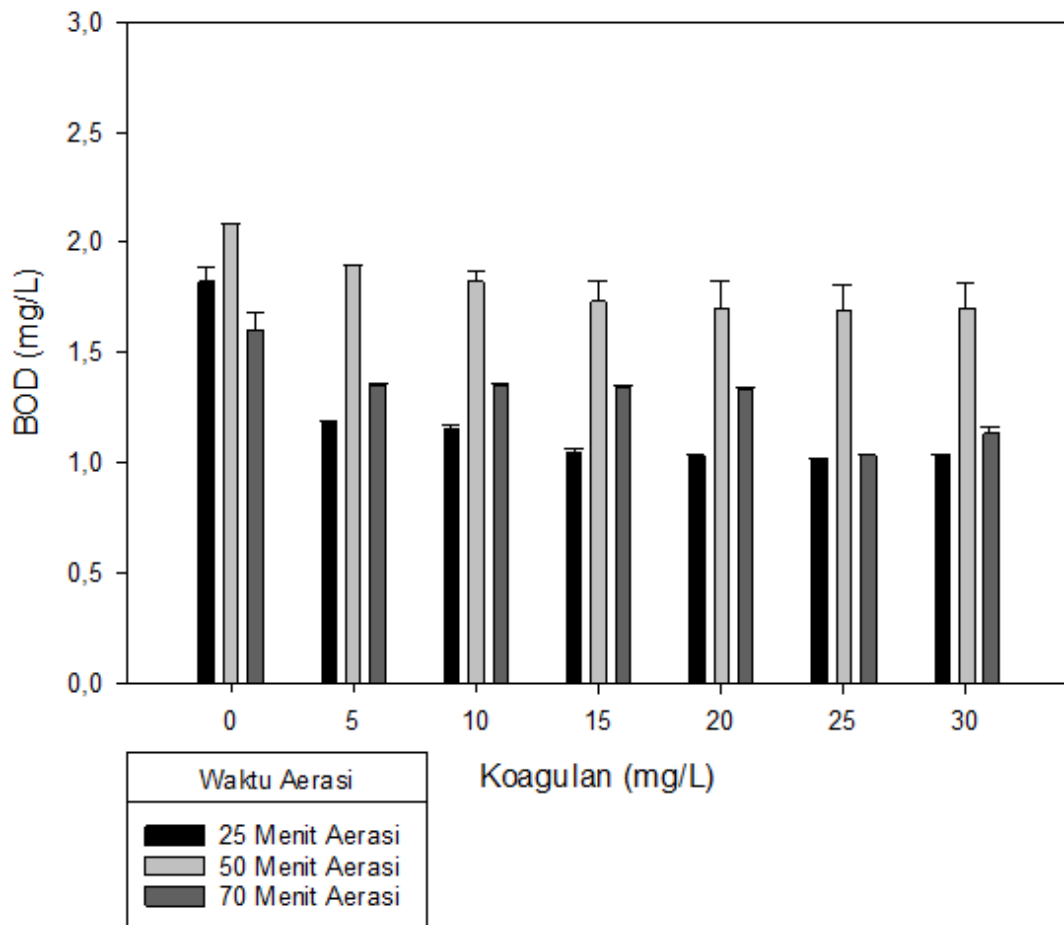
Tabel 4. 5 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Konsentrasi BOD

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)
Awal	4,25	4,4
Awal + Kaporit	4,7	3,76
25	4,5	2,64
50	5,8	2,16
70	6,2	2,08

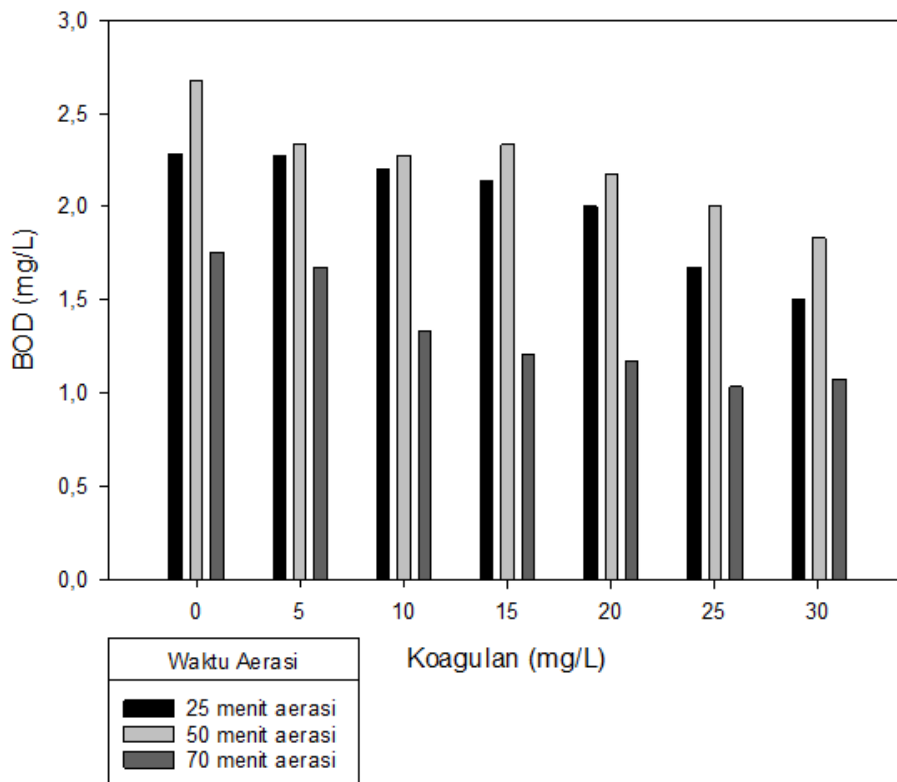
Konsentrasi awal BOD sebesar 4,40 mg/L setelah ditambahkan kaporit tanpa aerasi konsentrasi BOD sebesar 3,76 mg/L. Hal ini menunjukkan penurunan BOD sebesar 14% sehingga setelah proses aerasi, penurunan BOD semakin besar. Penambahan proses preklorinasi dapat menurunkan hingga 52,7% BOD dengan proses aerasi selama 70 menit.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, terjadi penurunan BOD yang signifikan terhadap lama waktu aerasi. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji statistika yang menunjukkan *p-value* sebesar $0,000473 < 0,05$ pada uji waktu aerasi terhadap konsentrasi BOD. Sedangkan uji statistika untuk pengaruh proses preklorinasi terhadap konsentrasi BOD menunjukkan hasil $0,00077 < 0,05$. Hasil *p-value* yang kurang dari 0,05 menunjukkan bahwa pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap BOD. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

Penurunan konsentrasi BOD pada air mempengaruhi kinerja koagulasi flokulasi dalam menyisihkan BOD. Hal tersebut terlihat dengan kebutuhan koagulan PAC optimum yang diperlukan. Koagulasi dan flokulasi mempengaruhi konsentrasi BOD karena koagulan dapat membentuk inti flok sehingga partikel-partikel organik dapat lebih mudah diendapkan secara gravitasi. Hasil penelitian konsentrasi BOD terhadap dosis koagulan disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4. 3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi BOD



Gambar 4. 4 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi BOD Setelah Penambahan Kaporit

Konsentrasi BOD menunjukkan penurunan dikarenakan penambahan koagulan. Hal ini selaras pada penelitian Hendrawati *et al.* (2015), dimana penambahan koagulan PAC dapat menyebabkan penurunan BOD sebesar 2,62 mg/L pada air danau. Penambahan koagulan dapat menyebabkan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan bertambah sebagai pengoksidasi bahan organik pada air sehingga BOD pada air turun.

Berdasarkan hasil *jar test* menunjukkan dosis optimum yang dapat menurunkan nilai BOD adalah pada dosis PAC 25 mg/L. Dengan dosis 25 mg/L terjadi peningkatan efisiensi penurunan BOD dengan penambahan proses preklorinasi. BOD dapat tersisihkan sebesar 36% tanpa proses preklorinasi dan 41% dengan proses preklorinasi. Proses preklorinasi dapat menurunkan lebih efisien dikarenakan klorin dapat membunuh mikroorganisme sehingga jumlah oksigen yang dibutuhkan semakin sedikit (Masduqi dan Assomadi, 2016). Penurunan signifikan tersebut dibuktikan juga dengan uji statistika dengan $p\text{-value } 3,14 \times 10^{-7} < 0,05$. Hasil $p\text{-value}$ yang kurang dari 0,05 menunjukkan bahwa pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap BOD. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

4.4.1.2 Hasil Analisis Terhadap Konsentrasi COD

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi COD terdapat penurunan konsentrasi seiring penambahan waktu aerasi dengan awal COD sebesar 33,29 mg/L. Penurunan konsentrasi COD dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Konsentrasi COD

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	COD (mg/L)
0	4,35	33,289
25	5,05	25,772
50	6,8	23,624
70	7,7	23,087

Penurunan COD pada aerasi selama 70 menit sebesar 30%. Penurunan COD ini dikarenakan jumlah kebutuhan oksigen akibat aerasi telah terpenuhi untuk mengoksidasi zat-zat organik pada air. Penurunan COD juga terjadi pada saat penambahan kaporit pada sampel air. Hasil penurunan COD pada proses preklorinasi dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Konsentrasi COD

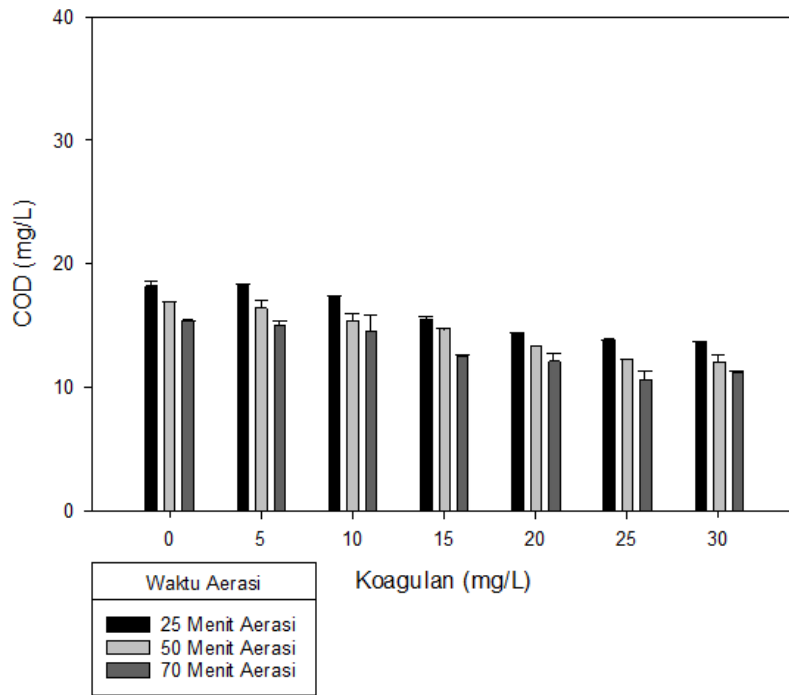
Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	COD (mg/L)
Awal	4,25	39,344
Awal + Kaporit	4,7	38,658
25	4,5	27,907
50	5,8	21,374
70	6,2	15,038

Konsentrasi awal COD sebesar 39,34 mg/L mengalami penurunan dengan penambahan kaporit pada proses preklorinasi. Penurunan terjadi hanya sebesar 1,7%, namun setelah dilakukan proses aerasi terjadi penurunan signifikan. Penurunan pada aerasi 25 menit sebesar 29%. Aerasi 50 menit menurunkan COD sebesar 45% dan 70 menit aerasi menurunkan 61% COD. Proses aerasi dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD karena dapat meningkatkan kadar oksigen. Peningkatan kadar oksigen dapat meningkatkan aktivitas mikroba dalam kondisi aerobik dalam mendekomposisi senyawa organik. Pengaruh aerasi meningkatkan efisiensi penurunan COD juga terjadi pada penelitian oleh Putra dan Fitri (2018), dimana COD mengalami penurunan sebesar 76,92% dengan penambahan proses aerasi.

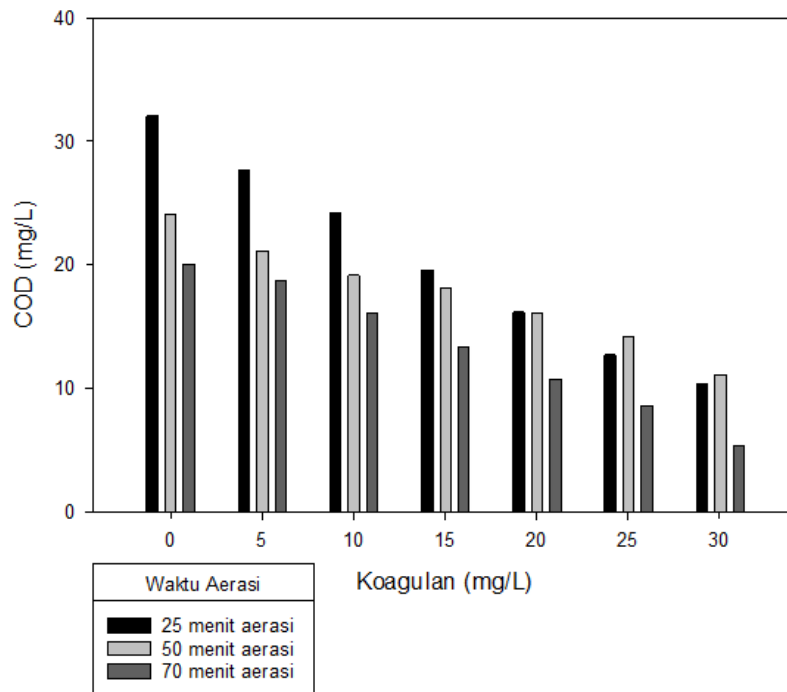
Selain itu, proses pre-klorinasi mengakibatkan penurunan kadar polutan COD dikarenakan penambahan senyawa oksidator dapat meningkatkan kenaikan tingkat biodegradabilitas dalam proses *anaerobic digestion*. Hal ini senada dengan penelitian oleh Mulyani (2012), menyatakan bahwa penambahan proses pre-klorinasi menurunkan COD dari 8000 mg/L menjadi 1332 mg/L.

Uji statistik menunjukkan penurunan COD yang signifikan. Nilai signifikan terlihat dengan hasil *p-value* pengaruh aerasi yang menunjukkan $7,03 \times 10^{-10}$ yang kurang dari 0,05 untuk hasil data pengujian tanpa proses preklorinasi. Untuk proses preklorinasi menunjukkan nilai *p-value* 0,0039. Hasil *p-value* yang kurang dari 0,05 menunjukkan bahwa pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap COD. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

Penurunan COD pada proses aerasi mempengaruhi kinerja koagulasi flokulasi. Konsentrasi COD yang menurun menyebabkan kebutuhan dosis koagulan PAC optimum lebih sedikit. Hasil pengukuran COD dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.



Gambar 4. 5 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi COD



Gambar 4. 6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi COD Setelah Penambahan Kaporit

Berdasarkan grafik, penambahan koagulan menyebabkan COD mengalami penurunan. Tanpa proses preklorinasi, penurunan optimum yaitu pada PAC 25 mg/L yaitu sebesar 31%. Sedangkan penambahan proses preklorinasi dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD hingga 51%. Penambahan koagulan menyebabkan semakin banyak partikel koloid dalam limbah yang dinetralkan dengan muatan positif koagulan PAC, sehingga COD semakin turun. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian oleh Hidayah (2018), yang menyatakan bahwa koagulan berpengaruh terhadap penurunan COD dan mendapatkan hasil semakin banyak koagulan yang ditambahkan maka semakin besar penurunan COD pada sampel air hingga 28,046%.

Setelah dilakukan analisis, dosis koagulan dan waktu aerasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi COD pada sampel. Hasil uji statistik menunjukkan p-value $4,7 \times 10^{-9}$ yaitu kurang dari 0,05. Hasil *p-value* yang kurang dari 0,05 menunjukkan bahwa pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap COD. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

4.4.1.3 Hasil Analisis Konsentrasi TSS

Setelah dilakukan penelitian konsentrasi TSS awal pada air sebesar 172,5 mg/L. setelah dilakukan proses aerasi mengalami penurunan seiring dengan lama waktu aerasi. Penurunan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap TSS

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	TSS (mg/L)
Awal	4,35	172,5
25	5,05	40
50	6,8	26
70	7,7	16

Menurut penelitian Abd Wahab *et al.* (2018), DO memiliki hubungan terbalik dengan konsentrasi TSS di dalam air. Maka semakin besar DO maka TSS pada air akan semakin kecil. Sebaliknya, penambahan TSS di dalam air akan meningkatkan temperatur air sehingga DO di dalam air semakin menurun. Penurunan TSS pada aerasi selama 25 menit sebesar 76% dan bertambah hingga pada aerasi selama 70 menit terjadi penurunan sebesar 90%. Penurunan TSS diakibatkan oleh proses aerasi yang dapat menyisihkan beberapa senyawa organik pada air yang merupakan salah satu penyebab TSS di air (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Setelah itu dilakukan penelitian dengan penambahan kaporit sebesar 35 mg/L pada air sampel. Konsentrasi awal TSS sebesar 280 mg/L, setelah penambahan kaporit, konsentrasi TSS sebesar 124 mg/L. Hasil penurunan TSS lebih lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap TSS

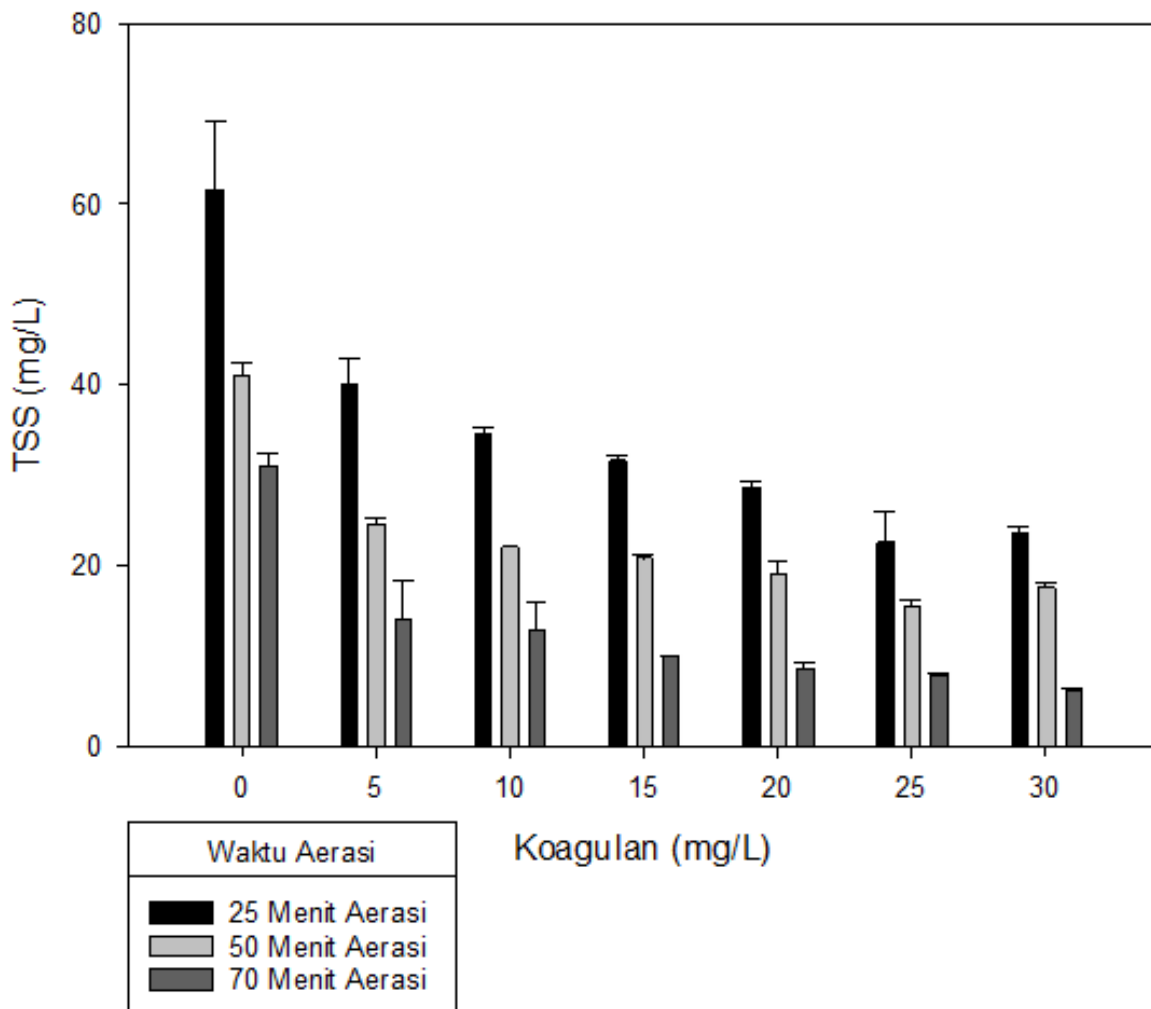
Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	TSS (mg/L)
Awal	4,25	280
Awal + Kaporit	4,7	124
25	4,5	58
50	5,8	32
70	6,2	4

Berdasarkan hasil penelitian, penurunan TSS terjadi lebih baik saat penambahan proses preklorinasi. Proses aerasi selama 70 menit dapat menurunkan TSS hingga 98%. Penurunan

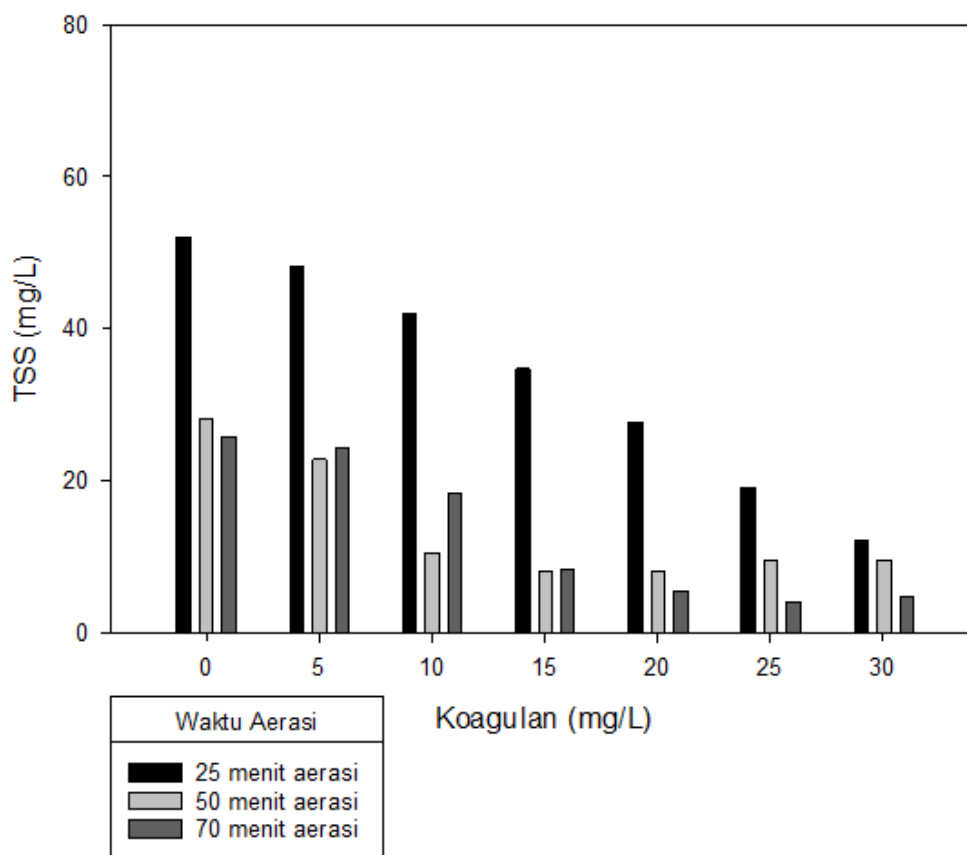
dikarenakan saat penambahan kaporit TSS sudah tersisihkan sebesar 55%. Penurunan jumlah TSS dikarenakan terdapat HClO pada larutan kaporit. HClO akan menghasilkan atom oksigen, semakin banyak HClO yang terbentuk maka daya desinfeksi semakin besar sehingga menurunkan kadar TSS.

Hasil uji statistik didapatkan bahwa aerasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap konsentrasi TSS. Hal ini terlihat pada hasil *p-value* yaitu $8,3 \times 10^{-7}$ untuk sampel tanpa preklorinasi dan $5,75 \times 10^{-8}$ untuk sampel dengan preklorinasi. Kedua hasil menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap TSS. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

Penurunan TSS semakin meningkat setelah penambahan koagulan PAC. Penurunan TSS terjadi signifikan terhadap penambahan koagulan. Hasil pengukuran TSS dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi TSS



Gambar 4. 8 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Konsentrasi TSS Setelah Penambahan Kaporit

Penurunan TSS seiring penambahan koagulan PAC terjadi karena bertambahnya kation dari koagulan yang mengikat partikel koloid dalam air sehingga terjadi proses flokulasi, dimana flok tersebut diendapkan dengan gaya gravitasi. Pengendapan ini menyebabkan TSS di dalam air berkurang. Penelitian mengenai penurunan TSS juga dilakukan oleh Husaini *et al.* (2018), dimana penurunan TSS terjadi sebesar 5,33 mg/L seiring bertambahnya koagulan PAC dengan metode *jar test*.

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan dosis koagulan optimum pada sampel tanpa preklorinasi dan dengan preklorinasi. Pada sampel tanpa preklorinasi, dosis optimum koagulan PAC pada dosis 25 mg/L. Sedangkan pada sampel dengan preklorinasi dosis optimum pada dosis 15 mg/L. Hal ini menunjukkan penambahan proses preklorinasi dapat meningkatkan kinerja koagulasi flokulasi dengan menurunkan dosis optimum koagulan.

Berdasarkan grafik terlihat bahwa konsentrasi TSS mengalami kenaikan pada aerasi selama 50 menit pada penambahan koagulan 20 mg/L-30 mg/L. Kenaikan TSS pada air dapat disebabkan oleh proses deflokulasi atau restabilisasi koloid kembali sehingga partikel koloid yang terbentuk. Tidak semuanya koloid yang terbentuk dapat diendapkan oleh gaya gravitasi, sehingga konsentrasi TSS pada air meningkat.

Hasil uji statistik menunjukkan terdapat penurunan TSS terhadap penambahan koagulan secara signifikan. Hal ini terlihat pada hasil *p-value* yaitu $5,7 \times 10^{-8}$ untuk sampel tanpa preklorinasi dan $1,14 \times 10^{-5}$ untuk sampel dengan preklorinasi. Kedua hasil menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap TSS. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

4.4.1.4 Hasil Analisis Waktu Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kekeruhan

Hasil penelitian kekeruhan menunjukkan penurunan seiring dengan penambahan waktu aerasi dan dosis koagulan. Kekeruhan awal air sebesar 130,5 NTU. Hasil penurunan kekeruhan air dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Kekeruhan

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Kekeruhan (NTU)
Awal	4,35	130,5
25	5,05	95,4
50	6,8	83,5
70	7,7	60,1

Berdasarkan hasil penelitian, waktu aerasi selama 25 menit dapat menyisihkan kekeruhan pada air sebesar 26%. Penyisihan semakin meningkat seiring dengan penambahan waktu aerasi. Selama 70 menit aerasi dapat menyisihkan kekeruhan sebesar 53%. Penurunan kekeruhan pada air disebabkan oleh DO yang bertambah melalui proses aerasi yang dilakukan. Menurut penelitian Saputri *et al.* (2014), DO dan kekeruhan pada air berbanding terbalik. Jika DO naik maka kekeruhan pada air turun.

Hal yang sama terjadi setelah penambahan proses pre-klorinasi dengan menambahkan 35 mg/L kaporit pada sampel. Kekeruhan awal air sebesar 146 NTU menjadi 89,3 NTU setelah penambahan kaporit. Hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.11.

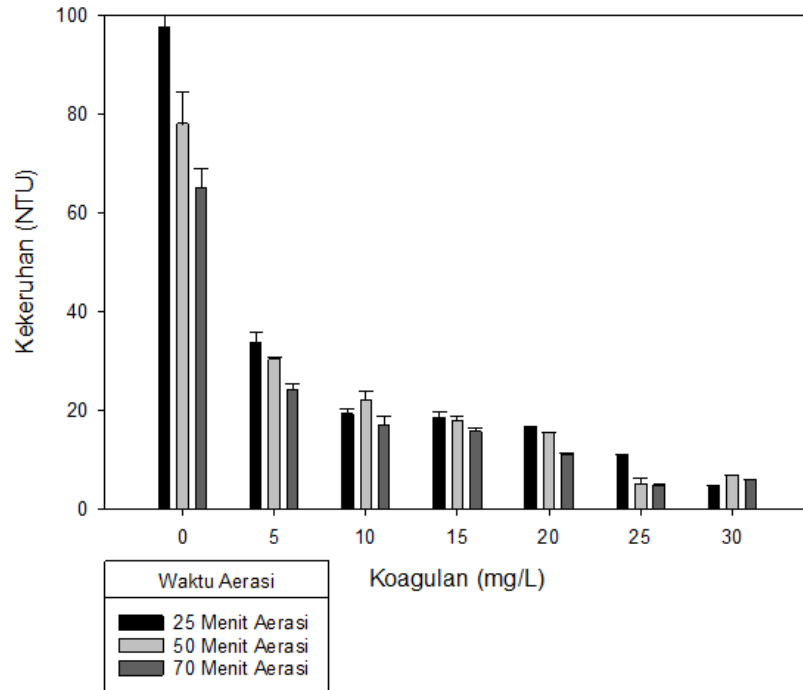
Tabel 4. 11 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Kekeruhan

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Kekeruhan (NTU)
Awal	4,25	146
Awal + Kaporit	4,7	89,3
25	4,5	66,9
50	5,8	64,4
70	6,2	62,3

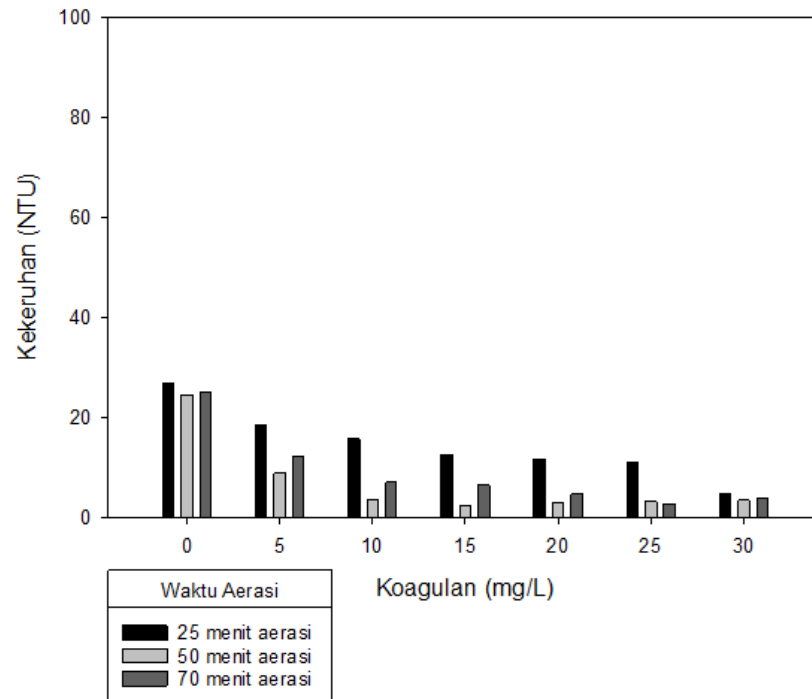
Penurunan kekeruhan setelah penambahan kaporit dan aerasi selama 25 menit sebesar 54%. Penyisihan kekeruhan meningkat pada aerasi selama 70 menit yaitu 57%. Penurunan ini dikarenakan adanya pelepasan atom oksigen oleh kaporit sehingga kekeruhan di dalam air. Proses aerasi menyebabkan kekeruhan air yang menurun seiring dengan lama waktu aerasi. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian oleh Saputri *et al.* (2014), dengan hasil kekeruhan semakin menurun seiring dengan bertambahnya DO di dalam air.

Penurunan kekeruhan terhadap waktu aerasi didukung dengan hasil uji statistik. Hasil uji statistik menunjukkan *p-value* $3,2 \times 10^{-8}$ untuk sampel tanpa preklorinasi dan 0,0038 untuk sampel dengan waktu aerasi. Kedua hasil menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap kekeruhan. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

Setelah dilakukan proses *jar test*, terjadi penurunan kekeruhan air setelah penambahan koagulan. Hasil pengukuran kekeruhan pada proses *jar test* dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Gambar 4. 9 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Kekeruhan



Gambar 4. 10 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Kekeruhan Setelah Proses Pre-klorinasi

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat perbedaan dosis koagulan optimum pada sampel tanpa preklorinasi dan dengan preklorinasi. Pada sampel tanpa preklorinasi, dosis optimum koagulan PAC pada dosis 25 mg/L. Sedangkan pada sampel dengan preklorinasi dosis optimum pada dosis 15 mg/L. Hal ini menunjukkan penambahan proses preklorinasi dapat meningkatkan kinerja koagulasi flokulasi dengan menurunkan dosis optimum koagulan. Penurunan kekeruhan terjadi akibat pengaruh konsentrasi koagulan PAC yang menyebabkan koloid pada air diikat dan membentuk flok-flok yang terdapat dalam air. Flok-flok tersebut diendapkan sehingga kekeruhan pada air mengalami penurunan.

Hasil uji statistik menunjukkan terdapat penurunan kekeruhan terhadap penambahan koagulan secara signifikan. Hal ini terlihat pada hasil *p-value* yaitu 0,045 untuk sampel tanpa preklorinasi dan $8,7 \times 10^{-5}$ untuk sampel dengan preklorinasi. Kedua hasil menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses koagulasi flokulasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap kekeruhan. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

4.4.1.5 Hasil Analisis Waktu Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Konsentrasi Amonium

Pengukuran amonium di air sampel tidak terlalu besar yaitu 0,0139 mg/L. Setelah proses aerasi terjadi penurunan amonium seperti pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Amonium

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Amonium (mg/L)
Awal	4,35	0,0139
25	5,05	0,0119
50	6,8	0,0157
70	7,7	0,0169

Setelah dilakukan aerasi selama 25 menit terjadi penurunan konsentrasi amonium sebesar 14%. Penurunan amonium tersebut dikarenakan peningkatan DO pada air sehingga proses nitrifikasi berjalan dengan baik. Sedangkan pada saat aerasi selama 50 menit dan 70 menit terjadi kenaikan konsentrasi amonium yaitu 13% dan 21% mg/L. Kenaikan amonium ini dapat disebabkan oleh dekomposisi bahan organik pada air oleh mikroorganisme yang menghasilkan amonia di dalam air (Azizah dan Humairoh, 2015).

Pada percobaan variasi 2, terjadi penurunan amonium yang signifikan seiring dengan lama waktu aerasi. Konsentrasi awal amonium sebesar 0,0049 mg/L. Penambahan kaporit menyebabkan konsentrasi amonium menurun menjadi 0,0048 mg/L. Hasil penurunan dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Amonium

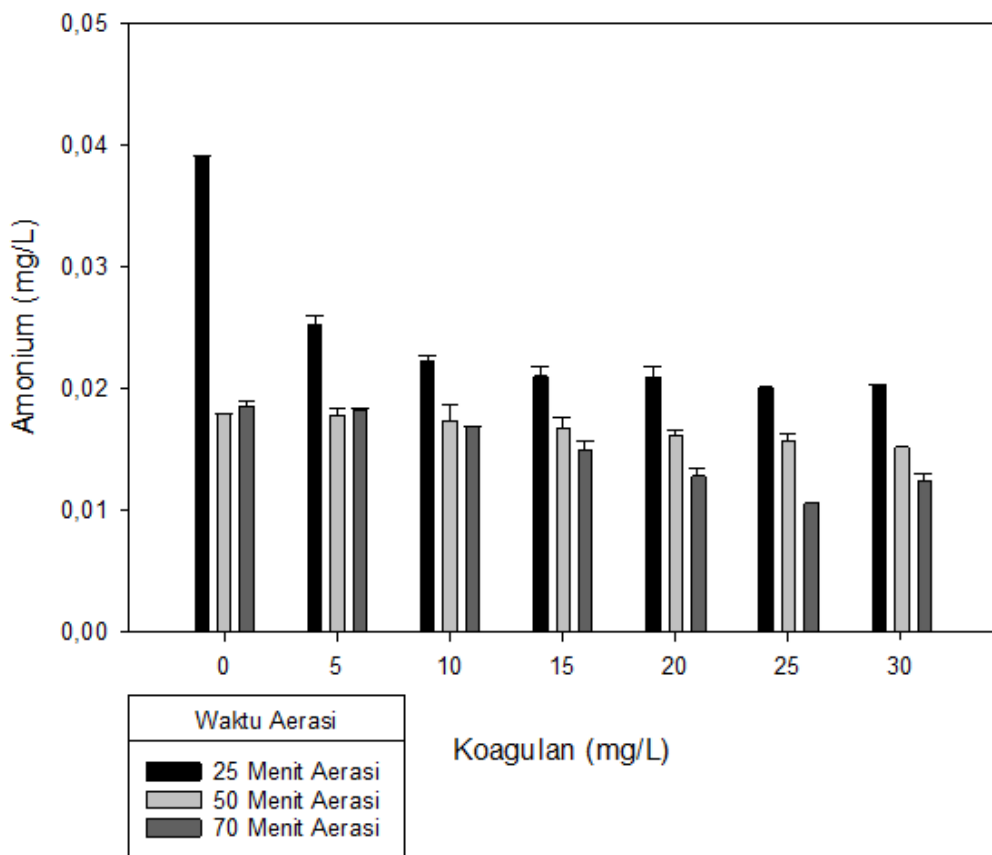
Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Ammonium (mg/L)
Awal	4,25	0,0049
Awal + Kaporit	4,7	0,0048
25	4,5	0,0047
50	5,8	0,0044
70	6,2	0,0016

Penambahan proses preklorinasi menyebabkan peningkatan efisiensi penurunan amonium di air. Penambahan kaporit menyebabkan penurunan sebesar 66% dengan aerasi selama 70 menit. Penurunan kadar amonium di dalam air disebabkan oleh reaksi pengikatan oksigen oleh penambahan klorin. Kandungan asam hipoklorit dari kaporit akan bereaksi dengan

amonium lalu mengubah kloramin menjadi gas nitrogen. Selain itu, penambahan klorin mempengaruhi jumlah DO di dalam air sehingga proses perubahan amonium menjadi nitrit semakin (Ulliaji *et al.*, 2016).

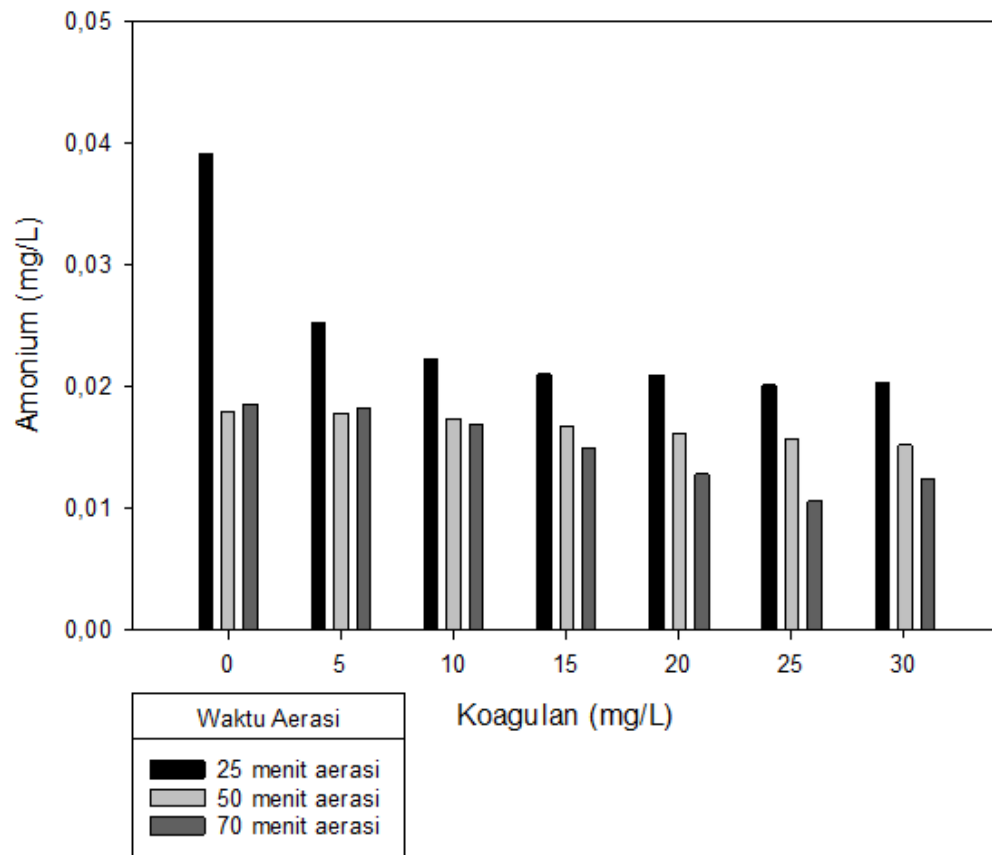
Hasil uji statistik menunjukkan penurunan konsentrasi amonium yang signifikan. Hasil signifikan terlihat pada nilai *p-value* sebesar 0,041 untuk sampel tanpa proses preklorinasi. Sedangkan untuk sampel dengan preklorinasi menunjukkan *p-value* 0,047. Kedua hasil menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap amonium. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

Penurunan amonium juga terjadi saat penambahan koagulan dengan proses *jar test*. Hasil penurunan amonium seiring dengan penambahan koagulan dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4. 11 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Amonium

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa dosis koagulan berpengaruh secara signifikan terhadap amonium pada air. Hasil *p-value* sebesar 0,000642 menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses koagulasi flokulasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap amonium.



Gambar 4. 12 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Amonium Setelah Pre-klorinasi

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa dosis koagulan berpengaruh secara signifikan terhadap amonium pada air. Hasil *p-value* sebesar $1,33 \times 10^{-11}$ menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses koagulasi flokulasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap amonium.

Penurunan amonium yang signifikan saat ditambahkan koagulan adalah karena pengikatan partikel oleh koagulan sehingga lebih mudah untuk diendapkan. Amonium mengalami oksidasi. Penurunan amonium saat penambahan koagulan dapat mencapai 26% pada dosis 25 mg/L. Hal ini seiring dengan penelitian oleh Said *et al.* (2021) dimana amonium turun sebanyak 5% setelah penambahan koagulan.

4.4.1.6 Hasil Analisis Waktu Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Konsentrasi Nitrit

Hasil pengukuran nitrit di dalam air sebesar 0,0736 mg/L dan pada saat diaerasi terjadi penurunan nitrit pada sampel air. Hasil penelitian nitrit dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Nitrit

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Nitrit (mg/L)
Awal	4,35	0,0736
25	5,05	0,0727
50	6,8	0,0682
70	7,7	0,0550

Pada aerasi selama 50 menit, penurunan nitrit sebesar 7,3% dan selanjutnya pada aerasi 70 menit terjadi peningkatan penyisihan sebesar 25%. Penurunan nitrit terjadi karena nitrit merupakan bentuk peralihan antara amonium dan nitrat. Pembentukan nitrit dipengaruhi oleh waktu aerasi yang mempengaruhi nilai DO air. Saat DO yang tinggi pembentukan amonium menjadi nitrit menjadi lebih cepat hal tersebut terlihat saat DO maksimum, konsentrasi nitrit pada air mengalami kenaikan. Sumber nitrit dapat berasal dari limbah industri dan limbah domestik. Kadar nitrit yang kecil dikarenakan nitrit akan segera dioksidasi menjadi nitrat. Pada perairan alami kadar nitrit sebesar 0,001 mg/L dan sebaiknya tidak melebihi 0,06 karena bersifat racun (Effendi, 2003).

Pada percobaan variasi 2, terdapat penambahan kaporit sebagai proses preklorinasi. Penurunan nitrit yang signifikan terjadi seiring dengan lama waktu aerasi. Konsentrasi awal nitrit sebesar 0,1355 mg/L setelah ditambahkan kaporit konsentrasi nitrit sebesar 35 mg/L. Hasil penelitian nitrit dapat dilihat pada Tabel 4.15.

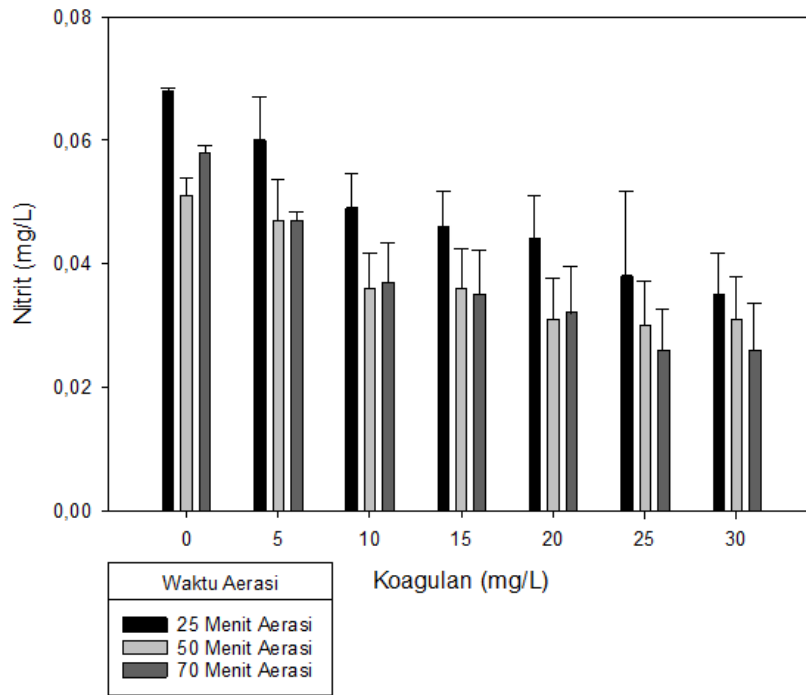
Tabel 4. 15 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Nitrit

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Nitrit (mg/L)
Awal	4,25	0,1355
Awal + Kaporit	4,7	0,1059
25	4,5	0,0935
50	5,8	0,0914
70	6,2	0,0874

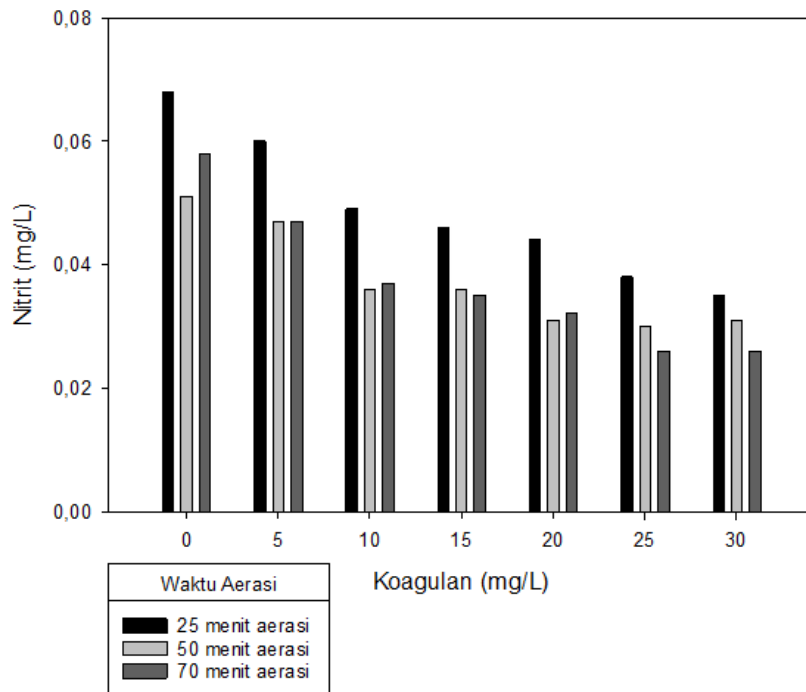
Penambahan proses preklorinasi menyebabkan peningkatan efisiensi penurunan nitrit di air. Penambahan kaporit menyebabkan penurunan sebesar 31% dengan aerasi selama 25 menit. Penurunan terjadi peningkatan pada aerasi selama 50 menit yaitu sebesar 32% dan 35% saat aerasi selama 70 menit. Penurunan nitrit ini dikarenakan kaporit merupakan oksidator sehingga mempercepat proses perubahan nitrit menjadi nitrat.

Hasil uji statistik menunjukkan penurunan konsentrasi nitrit yang signifikan. Hasil signifikan terlihat pada nilai *p-value* sebesar $3,7 \times 10^{-8}$ untuk sampel tanpa proses preklorinasi. Sedangkan untuk sampel dengan preklorinasi menunjukkan *p-value* 0,015. Kedua hasil menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap nitrit. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

Setelah dilakukan *jar test* terjadi penurunan konsentrasi nitrit di dalam air seiring penambahan koagulan. Penurunan nitrit pada proses aerasi dan preklorinasi dapat mengurangi kebutuhan kimia koagulan. koagulan Pengukuran nitrit dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14.



Gambar 4. 13 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrit



Gambar 4. 14 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrit Setelah Pre-klorinasi

Menurut hasil analisis, penambahan kaporit menunjukkan bahwa penurunan nitrit optimum terjadi pada dosis koagulan 25 mg/L. Nitrit menurun sebesar 55% dan 58% saat dilakukan penambahan kaporit pada proses preklorinasi.

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa dosis koagulan berpengaruh secara signifikan terhadap nitrit di air. Hasil *p-value* sebesar $1,24 \times 10^{-6}$ menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga proses koagulasi flokulasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap nitrit. Hasil uji statistik pada sampel air yang ditambahkan proses preklorinasi menunjukkan *p-value* 0,000121. Maka dari itu, proses koagulasi flokulasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap nitrit.

4.4.1.7 Hasil Analisis Waktu Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Konsentrasi Nitrat

Setelah dilakukan pengukuran, konsentrasi nitrat mengalami kenaikan seiring lama waktu aerasi dengan konsentrasi awal nitrat sebesar 0,0067 mg/L. Konsentrasi nitrat di perairan alami hampir tidak pernah lebih dari 0,1 mg/L. Kadar nitrat yang melebihi akan menyebabkan terjadinya eutrofikasi (Effendi, 2003). Hasil Nitrat selama aerasi dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Nitrat

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Nitrat (mg/L)
Awal	4,35	0,0067
25	5,05	0,0087
50	6,8	0,0091
70	7,7	0,1020

Aerasi selama 25 menit menyebabkan kenaikan nitrat sebesar 31%. Selanjutnya nitrat mengalami kenaikan setelah aerasi 50 menit dan 70 menit. Kenaikan konsentrasi nitrat disebabkan karena nitrat merupakan hasil akhir dari proses nitrifikasi. Sehingga, konsentrasi nitrat akan bertambah seiring dengan bertambahnya DO di dalam air begitupun sebaliknya (Meirinawati, 2019).

Pada percobaan variasi 2, terjadi kenaikan nitrat yang signifikan seiring dengan lama waktu aerasi. Konsentrasi awal nitrat sebesar 0,0027 mg/L, setelah penambahan kaporit konsentrasi nitrat sebesar 0,0124 mg/L. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Pengaruh Proses Preklorinasi Terhadap Nitrat

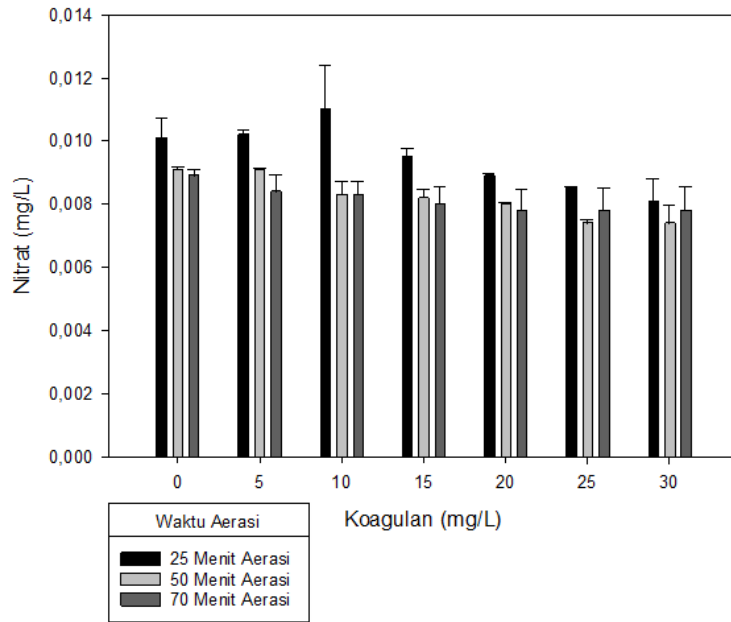
Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	Nitrat (mg/L)
Awal	4,25	0,0027
Awal + Kaporit	4,7	0,0124
25	4,5	0,0287
50	5,8	0,0387
70	6,2	0,0343

Kenaikan nitrat terjadi lebih besar dibandingkan tanpa proses preklorinasi. Pada aerasi selama 25 menit, nitrat mengalami kenaikan sebesar 36%. Kenaikan ini dapat disebabkan preklorinasi mempengaruhi proses nitrifikasi yaitu perubahan nitrit menjadi nitrat semakin cepat karena DO yang tinggi. Kadar klorin yang optimum akan mengoksidasi amonia dan berubah menjadi nitrat pada proses nitrifikasi (Kumar, 2013).

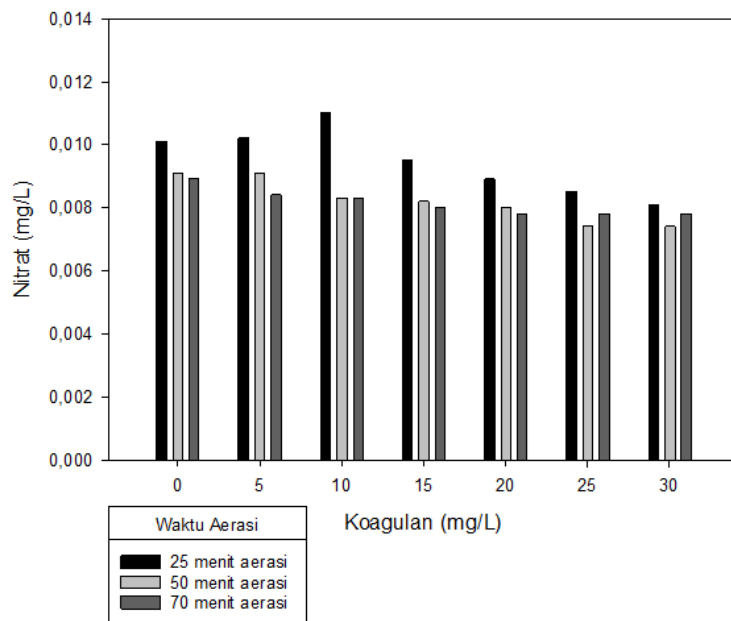
Hasil uji statistik menunjukkan penurunan konsentrasi nitrat yang signifikan. Hasil signifikan terlihat pada nilai *p-value* sebesar 0,0019 untuk sampel tanpa proses preklorinasi. Sedangkan untuk sampel dengan preklorinasi menunjukkan *p-value* 0,0036. Kedua hasil

menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga pengaruh proses aerasi dan preklorinasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap nitrat. Hasil uji statistik dapat dilihat pada lampiran E.

Namun setelah dilakukan *jar test* dengan penambahan koagulan PAC, konsentrasi nitrat di dalam air mengalami penurunan. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian Aslamiah. *et al*, (2013) dimana hasil nitrat mengalami penurunan seiring penambahan dosis koagulan yang diberikan. Hasil pengujian nitrat setelah koagulasi dan flokulasi disajikan dalam bentuk grafik seperti Gambar 4.15 dan Gambar 4.16.



Gambar 4. 15 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrat



Gambar 4. 16 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Nitrat Setelah Pre-klorinasi

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa dosis koagulan berpengaruh secara signifikan terhadap nitrat di air. Hasil *p-value* sebesar 0,00011 menunjukkan kurang dari 0,05 sehingga proses koagulasi flokulasi berpengaruh signifikan lebih dari 95% terhadap nitrat. Hasil uji statistik pada sampel air yang ditambahkan proses preklorinasi menunjukkan *p-value* $6,5 \times 10^{-5}$. Maka dari itu, proses koagulasi flokulasi berpengaruh signifikan dimana signifikansi lebih dari 95% terhadap nitrat.

4.5 Pengaruh Proses Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi

Berdasarkan hasil penelitian kondisi awal, dosis optimum koagulan yang ditambahkan pada proses koagulasi dan flokulasi sebesar 70 mg/L. Dengan dosis tersebut parameter air mengalami penurunan. Hasil penurunan parameter dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4. 18 Penyisihan Parameter

Parameter	PAC (0 mg/L)	PAC (70 mg/L)	Satuan	Persen Penyisihan
BOD	3,444	2,27	mg/L	34%
COD	38,42232	27,19	mg/L	29%
TSS	172,5	64,00	mg/L	63%
Kekeruhan	130,5	6,57	NTU	95%
Amonium	0,013878	0,0127	mg/L	8%
Nitrit	0,07355	0,0247	mg/L	66%
Nitrat	0,006661	0,0065	mg/L	2%

Dosis optimum koagulan PAC berkurang dengan penambahan proses aerasi selama 70 menit. Dosis koagulan optimum pada proses koagulasi flokulasi sebesar 25 mg/L. Pengurangan dosis koagulan disebabkan parameter mengalami penurunan setelah proses aerasi sehingga proses koagulasi dan flokulasi terjadi lebih cepat. Dengan penambahan proses aerasi dapat menyisihkan 36% BOD. Penyisihan ini lebih baik dibandingkan dengan pengolahan air tanpa proses aerasi. Dimana tanpa proses aerasi BOD hanya tersisihkan sebesar 34% dengan koagulan optimum sebesar 70 mg/L. Pada proses yang sama, COD tersisihkan sebesar 29%. Penambahan proses aerasi selama 70 menit juga dapat meningkatkan persen penurunan parameter kekeruhan, TSS, nitrat, nitrit, dan amonium. Persen penyisihan parameter lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Persen Penyisihan Parameter Tanpa Pre-klorinasi

Parameter	PAC (0 mg/L)	PAC (25 mg/L)	Satuan	Persen Penyisihan
BOD	1,60	1,03	mg/L	36%
COD	15,40	10,58	mg/L	31%
TSS	31,000	7,75	mg/L	75%
Kekeruhan	65,0	4,83	NTU	93%
Amonium	0,0185	0,0105	mg/L	44%
Nitrit	0,058	0,0260	mg/L	55%
Nitrat	0,0089	0,0078	mg/L	13%

Penurunan parameter juga terjadi dengan penambahan kaporit dalam proses pre-klorinasi. Namun penyisihan parameter dengan proses pre-klorinasi berjalan optimum dengan waktu aerasi 70 menit dan penambahan koagulan 25 mg/L. Penambahan proses pre-klorinasi dengan konsentrasi kaporit sebanyak 35 mg/L dapat menyisihkan 57% COD, 35% BOD. Penambahan proses pre-klorinasi juga dapat meningkatkan penurunan parameter kekeruhan, TSS, nitrat, nitrit, dan amonium. Persen hasil penyisihan dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Persen Penyisihan Parameter Dengan Pre-klorinasi

Parameter	PAC (0 mg/L)	PAC (25 mg/L)	Satuan	Persen Penyisihan
BOD	1,75	1,03	mg/L	41%
COD	20,00	8,53	mg/L	57%
TSS	25,700	4,00	mg/L	84%
Kekeruhan	25,0	2,63	NTU	89%
Amonium	0,00162	0,00120	mg/L	26%
Nitrit	0,087	0,0368	mg/L	58%
Nitrat	0,0343	0,0213	mg/L	38%

Berdasarkan hasil penelitian, proses aerasi menambah efisiensi penurunan parameter dengan koagulan optimum yang lebih sedikit. Walaupun tanpa proses pre-klorinasi hasil pengolahan sudah memenuhi baku mutu, namun penambahan proses pre-klorinasi lebih efisien dalam menurunkan kandungan nitrogen, TSS, BOD dan COD di dalam air. Jika ditinjau dari segi efisiensi biaya, penambahan proses aerasi pada pengolahan lebih murah karena koagulan yang dibutuhkan lebih sedikit. Namun, penambahan proses pre-klorinasi menyebabkan biaya pengolahan air lebih mahal dibandingkan sebelumnya.

Debit pengolahan PDAM Kota Denpasar sebesar 600 L/detik. Dengan proses aerasi hidrolis (*cascade aerator*) selama 0,034 menit koagulan yang dibutuhkan sebesar 44 mg/L, biaya yang dibutuhkan untuk pengolahan air sebesar Rp. 128.250.000/bulan. Jika waktu aerasi diperbesar dengan menambahkan 9 buah aerator 250 L/menit agar penyisihan parameter optimum, biaya pengolahan menjadi Rp. 82.710.000/bulan. Penambahan proses aerasi menghemat biaya sebesar Rp.45.540.000/bulan. Sedangkan dengan penambahan proses pre-klorinasi dengan menambahkan dosis kaporit 35 mg/L, biaya kaporit sebesar Rp. 351.086.400 /bulan. Berdasarkan hasil penelitian, proses preklorinasi menambah biaya jauh lebih besar sehingga sebaiknya pengolahan dilakukan dengan penambahan proses aerasi tanpa proses pre-klorinasi. Untuk perhitungan biaya dapat dilihat pada Lampiran D.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan antara lain:

1. Penambahan proses aerasi pada pengolahan air minum berpengaruh terhadap kinerja koagulasi dan flokulasi dalam penyisihan kekeruhan dan polutan organik. Penambahan proses aerasi selama 70 menit lebih efisien menurunkan kekeruhan dan polutan organik dengan dosis koagulan optimum sebesar 25 mg/L dari yang sebelumnya 70 mg/L. Penggunaan koagulan menjadi lebih efisien karena terjadi penyisihan parameter setelah proses aerasi sehingga proses koagulasi dan flokulasi berlangsung lebih efektif.
2. Penambahan kaporit dalam proses pre-klorinasi pada awal pengolahan air berpengaruh terhadap kinerja koagulasi flokulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan pre-klorinasi kaporit 35 mg/L, proses koagulasi dan pre-klorinasi bekerja optimum pada dosis koagulan 25 mg/L dengan 70 menit aerasi. Jika dibandingkan dengan penambahan proses aerasi tanpa preklorinasi, penambahan kaporit menambah efisiensi penurunan parameter dengan dosis koagulan dan lama waktu aerasi yang sama.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan variasi proses pre-klorinasi yang berbeda seperti injeksi gas klor sehingga dapat dibandingkan hasil perbedaanya.
2. Penelitian sebaiknya juga mengukur N-organik sehingga dapat ditentukan siklus nitrogen yang terjadi.

Halaman Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Wahab, N., Kamarudin, M. K. A., Toriman, M. E., Ata, F. M., Juahir, H., Ghazali, A., & Anuar, A. (2018). The evaluation of Dissolved Oxygen (DO), Total Suspended Solids (TSS) and Suspended Sediment Concentration (SSC) in Terengga. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(3.14 Special Issue 14), 44–48. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.14.16860>
- Akbar Sobari, H. (2020). Evaluasi Proses Pengolahan Air Bersih Pada IPA PDAM Tirtanadi Medan Sunggal. *Evaluasi Proses Pengolahan Air Bersih Pada IPA Tirtanadi Medan Sunggal*, 1–125.
- Ariani, J., Luthfi, J., & Jabbar, A. (2021). Penentuan Kadar Total Padatan Tersuspensi Pada Air Limbah Kabupaten Musi Banyuasin Menggunakan Metode Gravimetri. 4(1), 117–120.
- Aruan, D. G. R., & Siahaan, M. A. (2017). Penentuan Kadar Dissolved Oxygen (DO) Pada Air Sungai Sidoras di Daerah Butar Kecamatan Pagaran Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Analisis Laboratorium Medik USM-Indonesia*, 2(1), 422–433. http://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/Kesehatan_Masyarakat
- Aslamiah, S. S., Yulianti, E., & Jannah, A. (2013). Aktivitas Koagulasi Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera L.*) Dalam Larutan NaCl Terhadap Limbah Cair IPAL PT. SIER PIER Pasuruan. *Alchemy*, 2(3). <https://doi.org/10.18860/al.v0i0.2891>
- Aswadi, M. (2006). Pemodelan Fluktuasi Nitrogen (Nitrit) Pada Aliran Sungai Palu. *Jurnal SMARTek*, 4(2), 112–125.
- Atima, W. (2015). BOD Dan CO Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah. *Biosel: Biology Science and Education*, 4(1), 83. <https://doi.org/10.33477/bs.v4i1.532>
- Ayu, D., & Mirwan, M. (2020). Penurunan Fe Dan Mn Pada Air Sumur Menggunakan Multiple Tray Aerator Piramida. *EnviroUS*, 1(1), 28–35. <https://doi.org/10.33005/envirous.v1i1.13>
- Aziz, T., Pratiwi, D. Y., & Rethiana, L. (2013). Pengaruh Penambahan Tawas dan Kaporit Terhadap Parameter Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro. *Jurnal Teknik Kimia No. 3, Vol. 19, Agustus 2013*, 19(3), 55–65.
- Azizah, M., & Humairoh, M. (2015). Analisis Kadar Amonia (NH₃) Dalam Air Sungai Cileungsi. *Nusa Sylva*, 15(82), 47–54.
- Batara, K., Zaman, B., & Oktiawan, W. (2017). Pengaruh Debit Udara Dan Waktu Aerasi Terhadap. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1).
- Bouyer, D., Line, A., Cockx, A., & Do-Quang, Z. (2001). Experimental analysis of floc size distribution and hydrodynamics in a jar-test. *Chemical Engineering Research and Design*, 79(8), 1017–1024. <https://doi.org/10.1205/02638760152721587>
- Buana, S., Tambaru, R., Selamat, M. B., Lanuru, M., & Massinai, A. (2021). The role of salinity and Total Suspended Solids (TSS) to abundance and structure of phytoplankton communities in estuary Saddang Pinrang. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012081>
- Candra Pramyani, I.A.P., Marwati, N. M. (2020). Efektivitas Metode Aerasi Dalam Menurunkan Kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD) Air Limbah Laundry. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 88–99.
- Christiana, R., Anggraini, I. M., & Syahwanti, H. (2020). Analisis Kualitas Air dan Status Mutu Serta Beban Pencemaran Sungai Mahap di Kabupaten Sekadau Kalimantan Barat. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2), 941–950. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1921>
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan* (PT Kanisus (ed.); 13th ed.). PT Kanisus.
- Fajrin, J., Pathurahman, P., & Pratama, L. G. (2016). Aplikasi Metode Analysis of Variance

- (Anova) Untuk Mengkaji Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Mortar. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 12(1), 11. <https://doi.org/10.25077/jrs.12.1.11-24.2016>
- Gio, P. U., & Rosmaini, E. (2016). Belajar Olah Data dengan SPSS, Minitab, Microsoft Excel, Eviews, Liserl, Amos, dan SMARTPLS. *USU Press*.
- Haghiri, S., Daghighi, A., & Moharramzadeh, S. (2018). Optimum coagulant forecasting by modeling jar test experiments using ANNs. *Drinking Water Engineering and Science*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.5194/dwes-11-1-2018>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, S., Maury, H. K., & Alianto, A. (2018). Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia di Perairan Distrik Depapre, Jayapura. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 35. <https://doi.org/10.14710/jil.16.1.35-43>
- Hanum, F. (2002). Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum. *Sumatra Utara : Universitas Sumatra Utara*, 1–13.
- Hendrawati, H., Sumarni, S., & Nurhasni, . (2015). Penggunaan Kitosan sebagai Koagulan Alami dalam Perbaikan Kualitas Air Danau. *Jurnal Kimia Valensi*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3148>
- Hidayah, H. N. AL. (2018). *Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe Untuk Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Dengan Metode Koagulasi Menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) Dan Aluminium Sulfat*. 8–11.
- Husaini, H., Cahyono, S. S., Suganal, S., & Hidayat, K. N. (2018). Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(1), 31. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol14.no1.2018.387>
- Jamaludin, Marsudi, & Prio Utomo, K. (2008). *Rancang Bangun Unit Instalasi Pengolahan Air Permukaan*.
- Kisi, O., Alizamir, M., & Docheshmeh Gorgij, A. R. (2020). Dissolved oxygen prediction using a new ensemble method. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(9), 9589–9603. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07574-w>
- Kiswanto, Wintah, & Rahayu, N. L. (2020). Analisis logam berat (mn, fe , cd), sianida dan nitrit pada air asam tambang batu bara. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 18, 20–26.
- Kumar, L. (2013). Study of double breakpoints during chlorination of river Yamuna water , Delhi , India. *Internation Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 5(7), 370–379. <https://doi.org/10.5897/IJWREE2012.0381>
- Li, W., Wu, R., Duan, J., Saint, C. P., & van Leeuwen, J. (2016). Impact of prechlorination on organophosphorus pesticides during drinking water treatment: Removal and transformation to toxic oxon byproducts. *Water Research*, 105, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.08.052>
- Lumaela, A. K., Otok, B. W., & Sutikno. (2013). Pemodelan Chemical Oxygen Demand (Cod) Sungai di Surabaya Dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 2(1), D100–D105.
- Madyawan, D., Hendrawan, G., & Suteja, Y. (2020). Pemodelan Oksigen Terlarut (Dissolved Oxygen/DO) di Perairan Teluk Benoa. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 270–280.
- Mariyam, S. (2007). Teknik Pengukuran Nitrat-Nitrogen Dengan Metode Brucine. *Buletin Teknik Litkayasa Sumber Daya Dan Penangkapan*, 5(1), 15. <https://doi.org/10.15578/btl.5.1.2007.15-16>
- Masduqi, A., & Assomadi, A. F. (2016). *Operasi & Proses Pengolahan Air* (2nd ed.). ITS Press.

- Meirinawati, H. (2019). Transformasi Nitrogen Di Laut. *Oseana*, 42(1), 36–46. <https://doi.org/10.14203/oseana.2017.vol.42no.1.37>
- Mirwan, A., Wijaya, U., Ananda, A. R., Wahidayanti, N., Yani, J. A., 36 Banjarbaru, K., & Selatan, K. (2010). Penurunan Kadar Bod, Cod, Tss, Co 2 Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. *Th.XXVIII*, 76, 72–77.
- Miry, A. H., & Aramice, G. A. (2020). Water monitoring and analytic based ThingSpeak. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(4), 3588–3595. <https://doi.org/10.11591/ijece.v10i4.pp3588-3595>
- Mubarok, F. (2021). Spektrofotometer Prinsip dan Cara Kerjanya. *Farmasi Industri*, June, 1–9.
- Mulyani, H., & Mulyani, H. (2012). Proses Start Up Tapioka Sistem Anaerobik Baffled Reactor
- Nadhila, H., & Nuzlia, C. (2020). Analisis Kadar Nitrit Pada Air Bersih Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis. *AMINA*, 1(3), 132–138. <https://doi.org/10.22373/amina.v1i3.492>
- Ngibad, K. (2019). Penentuan Konsentrasi Amonium dalam Air Sungai Pelayaran Ngelom. *Journal of Medical Laboratory Science Technology*file:///C:/Users/Suluh/Downloads/235471546.Pdf, 2(1), 37–42. <https://doi.org/10.21070/medicra.v2i1.2071>
- Omar, A. F. Bin, & MatJafri, M. Z. Bin. (2009). Turbidimeter design and analysis: A review on optical fiber sensors for the measurement of water turbidity. *Sensors*, 9(10), 8311–8335. <https://doi.org/10.3390/s91008311>
- Pasaribu, H. J. J., Saraswati, P., & Kamulyan, B. (2018). Kajian Teknis Sistem Koagulasi dan Flokulasi IPA Sermo Kulon Progo. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Lingkungan III Kajian Teknis Sistem Koagulasi Dan Flokulasi IPA Sermo Kulon Progo*.
- Pradana, H. A., Wahyuningsih, S., Novita, E., Humayro, A., & Purnomo, B. H. (2019). Identifikasi Kualitas Air dan Beban Pencemaran Sungai Bedadung di Intake Instalasi Pengolahan Air PDAM Kabupaten Jember. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 18(2), 135. <https://doi.org/10.14710/jkli.18.2.135-143>
- Pramesti, D. S., & Puspikawati, S. I. (2020). Analisis Uji Keekeruhan Air Minum Dalam Kemasan Yang Beredar Di Kabupaten Banyuwangi. *J. Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 75–85. <http://jurnal.fkm.untad.ac.id/index.php/preventif>
- Purnama, B. (2014). Unit Aerasi , Sedimentasi , dan Biosand Filter Sebagai Pereduksi COD , TSS , Nitrat , dan Fosfat Air Limbah Artificial (Campuran Grey dan Black Water). *Tugas Akhir*, 1–5.
- Putra, A., & Fitri, W. E. (2018). Efektivitas Penurunan TSS, BOD, COD, Dan E.Coli Limbah Cair Industri Santan Kelapa Dengan Metode MSL (Multi Soil Layering) Yang Dimodifikasi. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan (SENPLING) 2018*, 209–217.
- Risdianto, D. (2007). Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. SIDO MUNCUL). *Teknik Kimia, UNDIP*, 1–156.
- Rosariawari, F., & Farahdiba, A. U. (2020). Pengaruh Debit Aliran Terhadap Dissolve Oxygen Pada Proses Hidroulik Koagulasi Dengan Parshall Flume Dalam Penyisihan Senyawa Organik. *Jurnal Envirotek*, 12(1), 1–4. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i1.14>
- Rozali, Mubarak, & Nurrachmi, I. (2016). Pola Sebaran Total Suspended Solid (TSS) di Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan. 18(2), 33–37. <http://www.tjyybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9987>
- Said, N. I., Yudo, S., & Widayat, W. (2021). Investigasi Kinerja Biofilter di Dalam Proses Pengolahan Air Minum Studi Kasus: Instalasi Pengolahan Air Minum Palyja Taman Kota Investigation of Biofilter Performance in the Drinking Water Treatment Process Case Study: Palyja Taman Kota Drinking Water Tr. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(2), 257–266.

- Saifuddin, M. (2007). *Effects Of Pre-Chlorination On Alum*. Bangladesh University.
- Salmin. (2005). Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, 30(3), 21–26.
- Saputri, A., MTS, J., & Rahayu, D. (2014). Analisis Sebaran Oksigen Terlarut Pada Sungai Raya. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.4618>
- Sara, P. S., Astono, W., & Hendrawan, D. I. (2018). Kajian Kualitas Air Di Sungai Ciliwung Dengan Parameter Bod Dan Cod. *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, 0(0), 591–597. <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/semnas/article/view/3478>
- Saunders, M., & Visser, B. (2015). *Bottom Aeration*. October, 1–4. http://www.hmgawater.ca/uploads/1/7/2/8/17281360/011_bottom_aeration.pdf
- Shalindry, R. O., Rochmadi, Budhijanto, W. (2015). Penguraian Limbah Organik Secara Aerobik Dengan Aerasi Menggunakan Microbubble Generator Dalam Kolam Dengan Imobilisasi Bakteri. *Jurnal Rekayasa Proses*, 9(2), 58–64. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.31035>
- Sinaga, E. L. R., Muhtadi, A., & Bakti, D. (2016). Profil Suhu, Oksigen Terlarut, dan pH Secara Vertikal Selama 24 Jam di Danau Kelapa Gading Kabupaten Asahan Sumatera Utara. *Omni-Akuatika*, 12(2). <https://doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.2.107>
- Suwanda, A. (2004). Analisis Kadar Amonia, Nitrit, dan Nitrat Pada Sedimen Sungai Bah Bolon Kecamatan Bandar Kabupaten Simalungun Dengan Metode Spektrofotometri Ultraviolet-Visible (UV-Vis). *Analisis Kadar Amonia, Nitrit, Dan Nitrat*, 1, 44–48.
- Syauqiah, I., Wiyono, N., & Faturrahman, A. (2018). Sistem Pengolahan Air Minum Sederhana (Portable Water Treatment). *Konversi*, 6(1), 27. <https://doi.org/10.31213/k.v6i1.16>
- Tardepa, O. (2021). Analisis kandungan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biochemical Oxygen Demand (BOD) pada air Sungai Danau Teluk Kelurahan Olak Kemang Kota Jambi [Karya Ilmiah].
- Tiyasha, T., Tung, T. M., Bhagat, S. K., Tan, M. L., Jawad, A. H., Mohtar, W. H. M. W., & Yaseen, Z. M. (2021). Functionalization of remote sensing and on-site data for simulating surface water dissolved oxygen: Development of hybrid tree-based artificial intelligence models. *Marine Pollution Bulletin*, 170(July), 112639. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112639>
- Tomperi, J., Isokangas, A., Tuuttila, T., & Paavola, M. (2020). Functionality of turbidity measurement under changing water quality and environmental conditions. *Environmental Technology (United Kingdom)*, 0(0), 1–9. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1815860>
- Ulliaji, A., Joko, T., & Hanan, L. D. (2016). Efektivitas Variasi Dosis Kaporit Dalam Menurunkan Kadar Amoniak Limbah Cair Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(4), 819–826. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Yamamura, H., Putri, E. U., Kawakami, T., Suzuki, A., Ariesyady, H. D., & Ishii, T. (2020). Dosage optimization of polyaluminum chloride by the application of convolutional neural network to the floc images captured in jar tests. *Separation and Purification Technology*, 237(October 2019), 116467. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116467>
- Yudo, S., & Said, N. I. (2019). Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 19. <https://doi.org/10.29122/jtl.v20i1.2547>

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

A.1 Pengukuran BOD

Metode pengukuran: Metode Winkler

Prosedur pengukuran:

1. Analisis Nilai Permanganat

Analisis ini dilakukan untuk menentukan besar nilai $KMnO_4$ dalam air

1. Tuangkan sampel air sebanyak 100 mL dengan gelas ukur.
2. Tambahkan 2,5 mL asam sulfat 4 N bebas organik.
3. Tambahkan beberapa tetes larutan kalium permanganat ($KMnO_4$) 0,01 N hingga terjadi warna merah muda.
4. Panaskan hingga mendidih selama 1 menit.
5. Tambahkan 10 mL larutan kalium permanganat ($KMnO_4$) 0,01 N.
6. Panaskan hingga mendidih selama 10 menit.
7. Tambahkan 1 mL larutan asam oksalat 0,1 N dan tunggu sampai air menjadi jernih.
8. Titrasi dengan kalium permanganat ($KMnO_4$) 0,01 N sampai timbul warna merah muda.
9. Hitung nilai permanganat dengan menggunakan rumus berikut:

$$KMnO_4 (/L) = \frac{1000}{Vol\ contoh} [\{10 + a\}xN \} - (1x0,1)]x31,6xP$$

Keterangan:

- a : mL titrasi larutan kalium permanganat
N : normalitas larutan kalium permanganat
P : Pengenceran

2. Pembuatan Air Pengencer

Air pengencer ini tergantung banyaknya sampel yang akan dianalisis dan pengencerannya, prosedurnya:

1. Tambahkan 1 mL larutan buffer fosfat per L air
2. Tambahkan 1 mL larutan magnesium sulfat per L air
3. Tambahkan 1 mL larutan kalium klorida per L air
4. Tambahkan 1 mL larutan feri klorida per L air
5. Tambahkan 10 mg bubuk inhibitor
6. Aerasi minimal selama 2 jam
7. Tambahkan 1 mL larutan benih per L air

3. Prosedur BOD

1. Siapkan 1 buah labu takar 500 mL dan tuangkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran, tambahkan air pengencer sampai batas labu.
2. Siapkan 2 buah botol winkler 300 mL dan 2 buah botol winkler 150 mL.
3. Tuangkan air dalam labu takar tadi ke dalam botol winkler 300 mL dan 150 mL sampai tumpah.
4. Tuangkan air pengencer ke botol winkler 300 mL dan 150 mL sebagai blanko sampai tumpah.
5. Masukkan kedua botol winkler 300 mL ke dalam inkubator 20°C selama 5 hari.
6. Kedua botol winkler 150 mL yang berisi air dianalisis oksigen terlarutnya dengan prosedur sebagai berikut:
 - Tambahkan 1 mL larutan Mangan Sulfat

- Tambahkan 1 mL larutan pereaksi oksigen
 - Botol ditutup dengan hati-hati agar tidak ada gelembung udaranya lalu balik-balikkan beberapa kali.
 - Biarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit.
 - Tambahkan 1 mL asam sulfat pekat, tutup dan balik-balikkan
 - Tuangkan 100 mL larutan ke dalam erlenmeyer 250 mL
 - Titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,0125 N sampai warna menjadi coklat muda
 - Tambahkan 3-4 tetes indikator amilum dan titrasi dengan natrium tiosulfat hingga warna biru hilang
7. Setelah 5 hari, analisis kedua larutan dalam botol winkler 300 mL dengan analisis oksigen terlarut.
8. Hitung Oksigen Terlarut dan BOD dengan rumus berikut:

$$BOD = \frac{\{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)\} \times (1 - P)}{P}$$

$$P = \frac{mL \text{ Sampel}}{Volume \text{ Hasil Pengenceran}}$$

Keterangan:

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.2 Pengukuran COD

Metode pengukuran: Metode Refluks Terbuka

Prosedur pengukuran:

1. Masukkan 0,4 gr kristal Hg₂SO₄ ke dalam masing-masing erlenmeyer COD.
2. Tuangkan 20 mL air sampel dan 20 mL air aquades (sebagai blanko) ke dalam masing-masing erlenmeyer COD.
3. Tambahkan 10 mL larutan kalium dikromat (K₂Cr₂O₇) 0,1 N.
4. Tambahkan 30 mL larutan campuran H₂SO₄ dan Ag₂SO₄.
5. Alirkan air pendingin pada kondensor dan pasang erlenmeyer COD.
6. Nyalakan alat pemanas dan refluks larutan tersebut selama 2 jam.
7. Biarkan erlenmeyer dingin dan tambahkan air aquades melalui kondensor sampai volume 150 mL.
8. Lepaskan erlenmeyer dari kondensor dan tunggu sampai dingin.
9. Tambahkan 3-4 tetes indikator ferroin.
10. Titrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan larutan standar Ferro Amonium Sulfat 0,05 N hingga warna menjadi merah-coklat.
11. Hitung COD sampel dengan rumus berikut:

$$COD = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{Vol \text{ sampel}} \times f \times p$$

Keterangan:

a : mL FAS titrasi blanko

b : mL FAS titrasi sampel N

f : faktor (20 : titran blanko)
p : pengenceran

A.3 Prosedur Pengujian TSS

Metode pengukuran: Metode Gravimetri

Prosedur Analisis:

1. Cawan porselin dibakar dengan suhu 550°C selama 1 jam, setelah itu masukkan ke dalam oven 105°C selama 15 menit.
2. Masukkan kertas saring ke oven 105°C selama 1 jam
3. Cawan dan kertas saring didinginkan dalam desikator selama 15 menit.
4. Timbang cawan dan kertas saring dengan timbangan analitis (e mg).
5. Letakkan kertas saring yang telah ditimbang pada vacuum filter.
6. Tuangkan 25 mL sampel di atas filter yang telah dipasang pada *vacuum filter*, volume sampel yang digunakan ini tergantung dari kepekatannya, catat volume sampel (g mL).
7. Saring sampel sampai kering atau airnya habis.
8. Letakkan kertas saring pada cawan petridis dan masukkan ke oven 105°C selama 1 jam.
9. Dinginkan di dalam desikator selama 15 menit.
10. Timbang dengan timbangan analitis (f mg).
11. Hitung jumlah Zat Padat Tersuspensi dengan rumus berikut:

$$\text{Jumlah TSS} = \frac{(f - e)}{g} \times 1000 \times 1000$$

Keterangan :

e = berat kertas saring dan cawan

f = berat kertas saring dan cawan serta residu

g = volume sampel

A.4 Prosedur Pengujian Kekeruhan

Metode Pengukuran: Turbidimetri

Prosedur Analisis:

1. Nyalakan *power*, kemudian masukkan blanko dan set alat tersebut pada set *zero* (0)
2. Masukkan sampel air pada tabung dan masukkan tabung pada alat turbidimeter
3. Catat angka yang dihasilkan.

A.5 Prosedur Pengujian Amonium

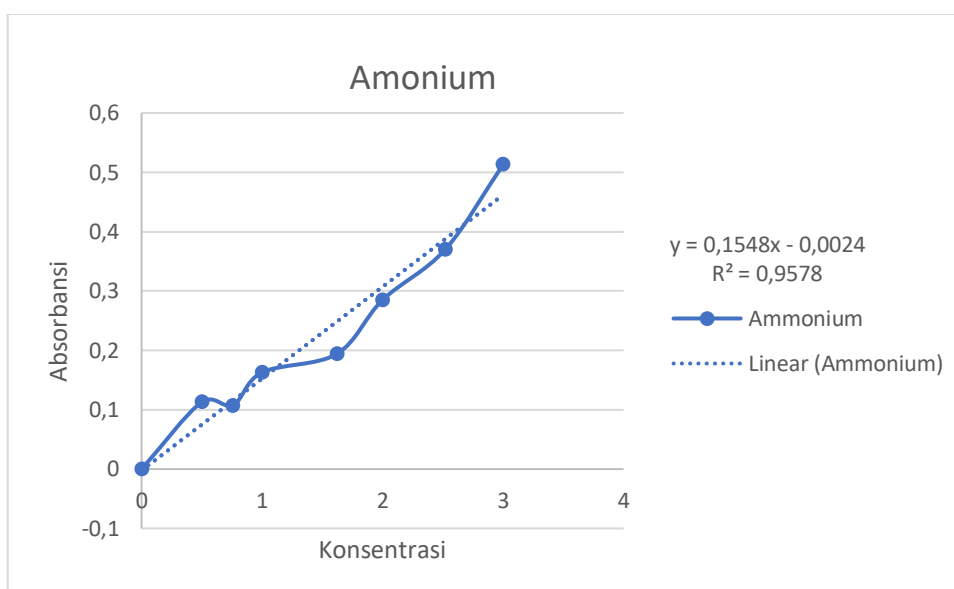
Prinsip Kerja: Metode Nessler

Prosedur Analisis:

1. Menyiapkan 12,5 mL sampel pada gelas beaker 50 mL
2. Menambah 0,5 mL larutan nessler
3. Menambah 0,6 mL larutan garam signet
4. Diaduk dan diamkan selama 10 menit
5. Menganalisis menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 395 nm
6. Mengonversi hasil bacaan pada spektrofotometer dengan kurva kalibrasi

Tabel LA. 1 Pencarian Panjang Gelombang Maksimum Analisis Amonium

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
0,5	0,113
0,757	0,107
1	0,163
1,62	0,194
2	0,285
2,52	0,37
3	0,513



Gambar LA. 1 Kurva Kalibrasi Amonium

A.6 Prosedur Pengujian Nitrat

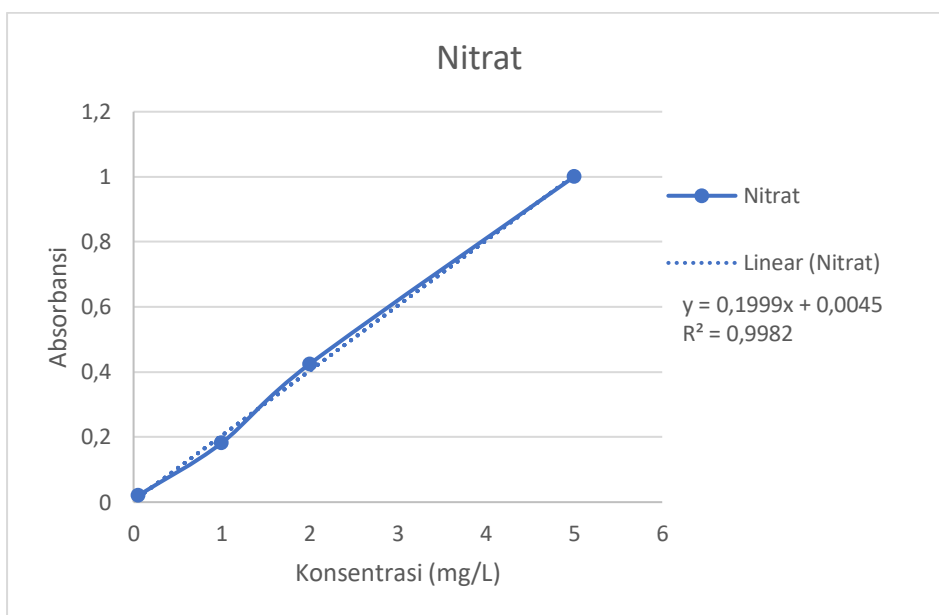
Metode Pengukuran: Metode Spektrofotometri

Prosedur Analisis:

1. Ambil 2 buah erlenmeyer 50 mL, isi masing-masing dengan sampel air dan air aquades (sebagai blanko) sebanyak 2 mL.
2. Tambahkan 2 mL larutan brucin asetat.
3. Tambahkan 4 mL larutan asam sulfat (H_2SO_4) pekat.
4. Aduk dan biarkan selama 10 menit.
5. Baca pada spektrofotometer dengan panjang gelombang $400\mu m$.
6. Absorbansi dari hasil pembacaan, dibaca pada hasil kalibrasi atau kurva kalibrasi.

Tabel LA. 2 Pencarian Panjang Gelombang Maksimum Analisis Nitrat

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0,05	0,02
1	0,182
2	0,425
5	1



Gambar LA. 2 Kurva Kalibrasi Nitrat

A.7 Prosedur Pengujian Nitrit

Metode Pengukuran: Metode Spektrofotometri

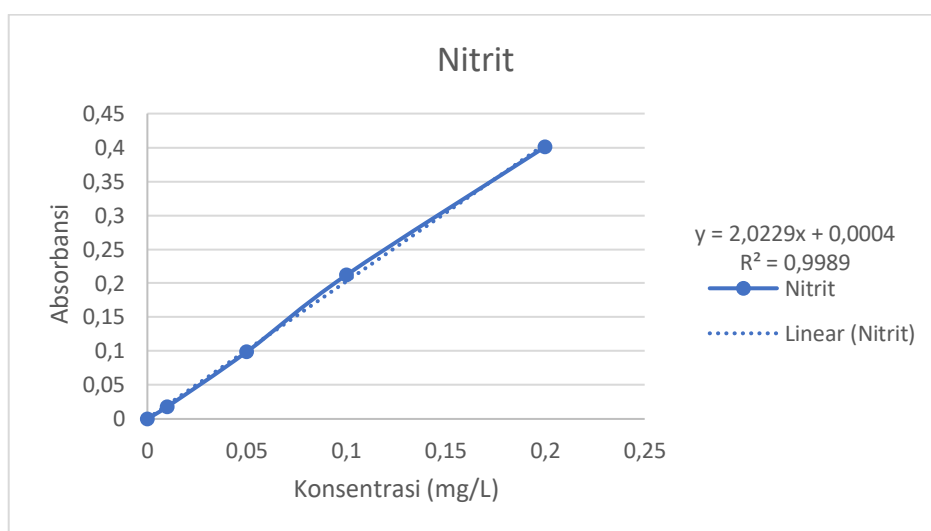
Prosedur Analisis:

1. Masukkan masukan air sampel pada gelas piala 200 mL.
2. Tambahkan 1 mL larutan sulfanilamida, kocok dan biarkan 2 menit sampai dengan 8 menit.
3. Tambahkan 1 mL larutan NED dihidrochlorida, kocok biarkan selama 10 menit dan segera lakukan pengukuran (pengukuran tidak boleh dilakukan lebih dari 2 jam)
4. Baca absorbansinya pada panjang gelombang 543 nm.

Tabel LA. 3 Pencarian Panjang Gelombang Maksimum Analisis Nitrit

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,01	0,018

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0,05	0,099
0,1	0,212
0,2	0,401



Gambar LA. 3 Kurva Kalibrasi Nitrit

Prosedur Analisis Disinfektan atau Klor Aktif dengan Metode Iodometri

Metode Pengukuran : Iodometri

Prosedur Analisis:

1. Ambil 1 buah erlenmeyer 100 mL dan isi dengan 25 mL sampel air
2. Tambahkan 2,5 mL asam asetik glacial
3. Tambahkan kurang lebih 1 g kristal KI
4. Tambahkan 3 tetes indikator amilum, jika berwarna biru titrasi dengan larutan standar Natrium Tiosulfat 0,0125 N sampai warna biru hilang

LAMPIRAN B
DATA HASIL ANALISIS

Tabel LB. 1 Hasil Pengukuran Air Tanpa Pre-klorinasi

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	Amonium (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)
Awal	4,35	3,733	33,289	172,5	130,5	0,0139	0,0736	0,0067
25	5,05	2,967	25,772	40	95,4	0,0139	0,0736	0,0087
50	6,8	2,533	23,624	26	83,5	0,0119	0,0682	0,0091
70	7,7	2,333	23,087	16	60,1	0,0157	0,0550	0,1020

Tabel LB. 2 Hasil Pengukuran Air Dengan Pre-klorinasi

Waktu Aerasi (menit)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	Amonium (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Nitrat (mg/L)
Awal	4,25	4,4	39,344	280	146	0,0049	0,1355	0,0027
Awal + Kaporit	4,7	3,76	38,658	124	89,3	0,0048	0,1059	0,0124
25	4,5	2,64	27,907	58	66,9	0,0047	0,0935	0,0287
50	5,8	2,16	21,374	32	64,4	0,0044	0,0914	0,0387
70	6,2	2,08	15,038	4	62,3	0,0016	0,0874	0,0343

Tabel LB. 3 Hasil Pengukuran Jar Test BOD

PAC (mg/L)	0 mg/L			35 mg/L		
	25 menit	50 menit	70 menit	25 menit	50 menit	70 menit
0	1,82 ± 0,0658	2,08 ± 0,0071	1,60 ± 0,0778	2,28	2,67	1,75
5	1,03 ± 0,0078	1,89 ± 0,0054	1,35 ± 0,0054	2,27	2,33	1,67
10	1,05 ± 0,0212	1,82 ± 0,0457	1,35 ± 0,0079	2,20	2,27	1,33
15	1,04 ± 0,0223	1,73 ± 0,0952	1,34 ± 0,0144	2,13	2,33	1,20
20	1,03 ± 0,0071	1,70 ± 0,1269	1,33 ± 0,0086	2,00	2,17	1,17
25	1,02 ± 0,0031	1,69 ± 0,1202	1,03 ± 0,0068	1,67	2,00	1,03
30	1,03 ± 0,0071	1,70 ± 0,1192	1,13 ± 0,0283	1,50	1,83	1,07

Tabel LB. 4 Hasil Pengukuran COD

PAC (mg/L)	0 mg/L			35 mg/L		
	25 menit	50 menit	70 menit	25 menit	50 menit	70 menit
0	18,15 ± 0,445	16,90 ± 0,028	15,40 ± 0,028	32,00	24,00	20,00
5	18,27 ± 0,071	16,38 ± 0,707	14,98 ± 0,431	27,63	21,13	18,67
10	17,40 ± 0,059	15,34 ± 0,636	14,51 ± 1,351	24,17	19,12	16,00
15	15,46 ± 0,263	14,69 ± 0,085	12,44 ± 0,141	19,57	18,11	13,33
20	14,34 ± 0,025	13,26 ± 0,00	12,07 ± 0,728	16,12	16,10	10,67
25	13,85 ± 0,0003	12,27 ± 0,055	10,58 ± 0,70	12,66	14,09	8,53
30	13,57 ± 0,141	12,01 ± 0,634	11,13 ± 0,156	10,36	11,07	5,33

Tabel LB. 5 Hasil Pengukuran TSS

PAC (mg/L)	0 mg/L			35 mg/L		
	25 menit	50 menit	70 menit	25 menit	50 menit	70 menit
0	61,5 ± 7,78	41 ± 1,41	31 ± 1,414	52,00	28,00	25,70
5	40 ± 2,828	24,5 ± 0,707	14,0 ± 4,243	48,00	22,70	24,12
10	34,5 ± 0,707	22,0 ± 0,00	12,8 ± 3,14	42,00	10,40	18,24
15	31,5 ± 0,707	20,8 ± 0,354	9,9 ± 0,092	34,67	8,00	8,36
20	28,5 ± 0,707	19,0 ± 1,414	8,5 ± 0,707	27,67	8,02	5,48
25	22,5 ± 3,536	15,5 ± 0,707	7,8 ± 0,354	19,02	9,35	4,00
30	23,5 ± 0,707	17,5 ± 0,707	6,2 ± 0,283	12,00	9,55	4,69

Tabel LB. 6 Hasil Pengukuran Kekerusuhan

PAC	0 mg/L			35 mg/L		
	25 menit	50 menit	70 menit	25 menit	50 menit	70 menit
0	97,4 ± 5,44	77,9 ± 6,43	65,0 ± 3,96	26,6	24,4	25,0
5	33,5 ± 2,12	30,2 ± 0,57	24,1 ± 1,34	18,3	8,7	12,0
10	19,2 ± 0,99	22,0 ± 1,77	16,8 ± 1,98	15,6	3,5	6,9
15	18,5 ± 0,99	17,9 ± 0,85	15,6 ± 0,71	12,5	2,4	6,4
20	16,4 ± 0,21	15,4 ± 0,14	10,9 ± 0,42	11,5	3,0	4,6
25	10,5 ± 0,45	5,0 ± 1,25	4,8 ± 0,04	10,9	3,1	2,6
30	4,5 ± 0,21	6,7 ± 0,13	5,8 ± 0,16	4,7	3,3	3,7

Tabel LB. 7 Hasil Pengukuran Amonium

PAC (mg/L)	0 mg/L			35 mg/L		
	25 menit	50 menit	70 menit	25 menit	50 menit	70 menit
0	0,0690 ± 0,0798	0,0178 ± 0,0001	0,0185 ± 0,0004	0,0047	0,0044	0,0016
5	0,0251 ± 0,0008	0,0177 ± 0,0007	0,0181 ± 0,0002	0,0047	0,0045	0,0016
15	0,0209 ± 0,0008	0,0167 ± 0,0009	0,0149 ± 0,0007	0,0047	0,0039	0,0014
10	0,0221 ± 0,0006	0,0173 ± 0,0014	0,0168 ± 0,0001	0,0047	0,0040	0,0014
20	0,0208 ± 0,0009	0,0161 ± 0,0004	0,0127 ± 0,0007	0,0047	0,0040	0,0014
25	0,0200 ± 0,00	0,0156 ± 0,0007	0,0105 ± 0,00	0,0047	0,0040	0,0012
30	0,0202 ± 0,0001	0,0151 ± 0,00	0,0123 ± 0,0006	0,0041	0,0041	0,0010

Tabel LB. 8 Hasil Pengukuran Nitrit

PAC (mg/L)	0 mg/L			35 mg/L		
	25 menit	50 menit	70 menit	25 menit	50 menit	70 menit
0	0,068 ± 0,0005	0,051 ± 0,0030	0,058 ± 0,0012	0,093	0,091	0,087
5	0,060 ± 0,0071	0,047 ± 0,0067	0,047 ± 0,0014	0,090	0,056	0,079
10	0,049 ± 0,0057	0,036 ± 0,0057	0,037 ± 0,0064	0,085	0,041	0,060
15	0,046 ± 0,0057	0,036 ± 0,0064	0,035 ± 0,0073	0,084	0,039	0,058
20	0,044 ± 0,007	0,031 ± 0,0066	0,032 ± 0,0076	0,079	0,039	0,043
25	0,038 ± 0,0137	0,030 ± 0,0072	0,026 ± 0,0066	0,067	0,042	0,037
30	0,035 ± 0,0068	0,031 ± 0,0070	0,026 ± 0,0077	0,055	0,044	0,037

Tabel LB. 9 Hasil Pengukuran Nitrat

PAC (mg/L)	0 mg/L			35 mg/L		
	25 menit	50 menit	70 menit	25 menit	50 menit	70 menit
0	0,0101 ± 0,00062	0,0091 ± 0,0007	0,0089 ± 0,0002	0,029	0,039	0,034
5	0,0102 ± 0,00014	0,0091 ± 0,0003	0,0084 ± 0,0005	0,020	0,038	0,033
10	0,0110 ± 0,00141	0,0083 ± 0,0004	0,0083 ± 0,0004	0,021	0,038	0,031
15	0,0095 ± 0,00028	0,0082 ± 0,0002	0,0080 ± 0,0005	0,024	0,033	0,030
20	0,0089 ± 0,00008	0,0080 ± 0,0005	0,0078 ± 0,00069	0,020	0,031	0,024
25	0,0085 ± 0,0004	0,0074 ± 0,0002	0,0078 ± 0,00073	0,018	0,027	0,021
30	0,0081 ± 0,0007	0,0074 ± 0,0005	0,0078 ± 0,00078	0,017	0,023	0,022

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI



Gambar LC. 1 Proses Aerasi



(a)



(b)

Gambar LC. 2 Air Pump Aerator (a) Diffuser (b)



(a)



(b)

Gambar LC. 3 pH Meter (a) DO Meter (b)



(a)



(b)



(c)

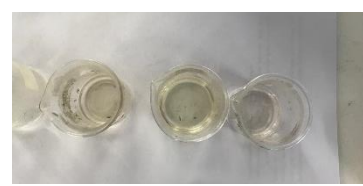
Gambar LC. 4 Pengukuran TSS (a) Pengukuran COD (b) Pengukuran Sisa Klor (c)



(a)



(b)



(c)

Gambar LC. 5 Pengukuran Amonium (a) Pengukuran Nitrit (b) Pengukuran Nitrat (c)



(a)



(b)

Gambar LC. 6 Pengukuran BOD(a) Pengukuran Kekeruhan (b)



Gambar LC. 7 Proses Jar Test



(a)



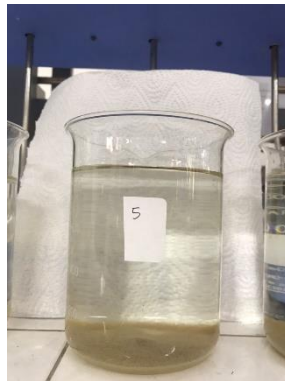
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar LC. 8 Sampel Setelah Jar Test 5 mg/L (a) 10 mg/L (b) 15 mg/L (c) 20 mg/L (d) 25 mg/L (e) 30 mg/L (f)

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN BIAYA

LD.1 Perhitungan Biaya Tanpa Proses Aerasi dan Preklorinasi

Kebutuhan PAC	: 44 mg/L
	: $44 \text{ mg/L} \times 600 \text{ L/detik}$
	: 26400 mg/detik
	: 0,0264 kg/detik
	: 2280,96 kg/hari
15%	: 342 kg/hari
Harga Satuan	: Rp. 12.500 /kg
Harga Total	: Rp. 4.275.000/hari
	: Rp. 128.250.000/bulan

LD.2 Perhitungan Biaya Penambahan Kebutuhan Unit Aerasi

Perhitungan Transfer Oksigen Unit Aerasi PDAM

Q PDAM	: 0,6 m ³ /detik
Ukuran Aerator	: P x L x h
	: 0,5 x 1,25 x 2
	: 1,25 m ³
Waktu Aerasi	: $\frac{1,25 \text{ m}^3}{0,6 \text{ m}^3/\text{detik}}$
	: 0,034 menit
	: $5,7 \times 10^{-3}$ jam
DO awal PDAM	: 7,1 mg/L
DO setelah Aerasi PDAM	: 8,1 mg/L
Kla	: $2,3 \times \frac{\text{Log}(7,1) - \text{Log}(8,1)}{0 - 0,034} \times 60$
	: 232,27 /jam

Perhitungan Transfer Oksigen pada Penelitian Laboratorium

Debit	: 10 L/4200 detik
	: 0,002381 L/detik
Waktu Aerasi	: 70 menit

$$\begin{aligned}
& : 1,167 \text{ jam} \\
\text{DO awal PDAM} & : 4,35 \text{ mg/L} \\
\text{DO setelah Aerasi PDAM} & : 7,7 \text{ mg/L} \\
\text{Kla} & : 2,3 \times \frac{\text{Log}(4,35) - \text{Log}(7,7)}{0 - 70} \times 60 \\
& : 0,48/\text{jam} \\
& : 0,00133 /\text{detik (untuk kapasitas air } 2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik)}
\end{aligned}$$

Untuk 0,6 m³/detik perhitungan transfer oksigen:

$$\frac{2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,00133/\text{detik}} = \frac{0,6 \text{ m}^3/\text{detik}}{Kla}$$

$$2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik} \times Kla = 0,00008 /\text{detik}$$

$$Kla = \frac{0,00008/\text{detik}}{2,3 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$Kla = 33,6/\text{detik}$$

$$Kla = 120960/\text{jam}$$

Untuk menambah Kla menjadi 120960/jam, dibutuhkan waktu 18 menit aerasi dengan hidrolis (cascade aerator). Perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{232,27/\text{jam}}{0,000579 \text{ jam}} = \frac{120960/\text{jam}}{t}$$

$$232,27/\text{jam} \times t = 70$$

$$t = 0,3013/\text{jam}$$

$$t = 18,08 \text{ menit}$$

Penambahan waktu tersebut perlu memperluas ukuran aerator menjadi 650,88 m³ yang awalnya hanya 1,25 m³. Namun, pilihan lain dapat dengan menambahkan aerator mekanis. Pehitungan kebutuhan aerator sebagai berikut:

$$\text{Debit aerator Lab} : 4,3 \text{ L/menit}$$

$$\text{Debit air Lab} : 0,002381 \text{ L/detik}$$

$$\text{Debit air PDAM} : 600 \text{ L/detik}$$

$$\frac{4,3 \text{ L/menit}}{0,48 /\text{jam}} : \frac{\text{Debit aerator}}{232,27 /\text{jam}}$$

$$\text{Debit aerator} : 2080,752 \text{ L/menit}$$

$$\text{Debit 1 aerator} : 250 \text{ L/menit}$$

Jumlah Aerator : 8,23 Aerator = 9 Aerator
 Harga Satuan Aerator : Rp. 1.090.000
Harga Total : Rp. 9.810.000
 Kebutuhan PAC : 25 mg/L
 : $25 \text{ mg/L} \times 600 \text{ L/detik}$
 : 1296 x mg/detik
 : 0,015 kg/detik
 : 1296 kg/hari
 15% : 194,4 kg/hari
 Harga Satuan : Rp. 12.500 /kg
Harga Total : Rp. 2.430.000/hari
 : **Rp. 72.900.000/bulan**
Harga Keseluruhan : Rp. 82.710.000/bulan

LD.3 Perhitungan Biaya Kebutuhan Unit Preklorinasi

Kebutuhan Kaporit : 35 mg/L
 : $35 \text{ mg/L} \times 600 \text{ L/detik}$
 : 21000 mg/detik
 : 0,021 kg/detik
 : 1814,4 kg/hari
 15% : 272,16 kg/hari
 Harga Satuan : Rp. 43.000 /kg
Harga Total : Rp. 11.702.880/ hari
 : **Rp. 351.086.400 /bulan**

LAMPIRAN E

Hasil Uji Statistik

E.1 Hasil Uji Statistik BOD

Variasi 1

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	3	5,5045	1,834833	0,058903
5	3	4,42	1,473333	0,139527
10	3	4,316916	1,438972	0,117209
15	3	4,106766	1,368922	0,121409
20	3	4,059221	1,353074	0,112752
25	3	3,739614	1,246538	0,147701
30	3	3,858691	1,28623	0,129167
25 menit	7	8,274358	1,182051	0,084198
50 menit	7	12,61455	1,802079	0,02106
70 menit	7	9,116798	1,3024	0,032974

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,689446	6	0,114908	9,853309	0,000473	2,99612
Columns	1,513394	2	0,756697	64,88666	3,68E-07	3,885294
Error	0,139942	12	0,011662			
Total	2,342781	20				

Variasi 2

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
5	3	3,8117	1,270567	0,05574
10	3	3,562756	1,187585	0,052117
15	3	3,343832	1,114611	0,041359
20	3	3,284774	1,094925	0,061306
25	3	3,244483	1,081494	0,089054
30	3	3,273467	1,091156	0,099108
25 menit	6	8,452322	1,40872	0,00587
50 menit	6	5,482295	0,913716	0,019254
70 menit	6	6,586395	1,097732	0,000786

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,083391	5	0,016678	3,613379	0,039781	3,325835
Columns	0,75121	2	0,375605	81,37552	6,5E-07	4,102821
Error	0,046157	10	0,004616			
Total	0,880758	17				

E.2 Hasil Uji Statistik COD

Variasi 1

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	3	50,445	16,815	1,889175
5	3	49,628	16,54267	2,729161
10	3	47,24685	15,74895	2,209743
15	3	42,598	14,19933	2,469665
20	3	39,6657	13,2219	1,284901
25	3	36,69623	12,23208	2,672227
30	3	36,708	12,236	1,527388
25 menit	7	111,0331	15,86187	4,19333
50 menit	7	100,8438	14,40626	3,784458
70 menit	7	91,11086	13,01584	3,748068

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	69,1452	6	11,5242	114,2958	7,03E-10	2,99612
Columns	28,35459	2	14,17729	140,6089	4,7E-09	3,885294
Error	1,209935	12	0,100828			
Total	98,70972	20				

Variasi 2

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
5	3	67,22	22,40667	36,36943
10	3	60,44	20,14667	25,43773
15	3	54,71	18,23667	19,63223
20	3	51,13	17,04333	13,17843
25	3	49,93	16,64333	10,79363
30	3	49,28	16,42667	6,161433
25 menit	6	137,37	22,895	14,38095
50 menit	6	106,35	17,725	5,23875
70 menit	6	88,99	14,83167	1,707897

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	83,72743	5	16,74549	7,30907	0,003996	3,325835
Columns	200,2352	2	100,1176	43,69934	1,14E-05	4,102821
Error	22,91056	10	2,291056			
Total	306,8732	17				

E.3 Hasil Uji Statistik TSS

Variasi 1

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	3	133,5	44,5	241,75
5	3	78,5	26,16667	171,0833
10	3	69,28	23,09333	118,8361
15	3	62,185	20,72833	116,2627
20	3	56	18,66667	100,0833
25	3	45,75	15,25	54,4375
30	3	47,2	15,73333	77,16333
25 menit	7	242	34,57143	178,2024
50 menit	7	160,25	22,89286	72,45536
70 menit	7	90,165	12,88071	71,39925

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	1823,054	6	303,8423	33,36239	8,3E-07	2,99612
Columns	1649,945	2	824,9723	90,58333	5,75E-08	3,885294
Error	109,288	12	9,107331			
Total	3582,287	20				

Variasi 2

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
5	3	94,82	31,60667	202,0601
10	3	70,64	23,54667	270,7605
15	3	51,02667	17,00889	233,8802
20	3	41,16967	13,72322	147,4314
25	3	32,365	10,78833	57,96251
30	3	26,239	8,746333	13,84709
25 menit	6	183,3533	30,55889	187,5817
50 menit	6	68,018	11,33633	31,85507
70 menit	6	64,889	10,81483	70,123

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	1115,128	5	223,0255	6,704082	0,005466	3,325835
Columns	1519,213	2	759,6063	22,83354	0,000187	4,102821
Error	332,6712	10	33,26712			
Total	2967,011	17				

E.4 Hasil Uji Statistik Kekерuhan

Variasi 1

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
0	3	240,2	80,06667	265,3158
5	3	87,75	29,25	23,0025
10	3	57,95	19,31667	6,640833

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
15	3	52	17,33333	2,343333
20	3	42,65	14,21667	8,475833
25	3	20,325	6,775	10,30383
30	3	16,945	5,648333	1,286308
25 menit	7	199,83	28,54714	1000,424
50 menit	7	175,02	25,00286	617,6904
70 menit	7	142,97	20,42429	430,7676

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	11890,73	6	1981,789	59,07616	3,26E-08	2,99612
Columns	232,1809	2	116,0904	3,460599	0,065072	3,885294
Error	402,5561	12	33,54634			
Total	12525,47	20				

Variasi 2

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
5	3	38,96	12,98667	23,96253
10	3	26,01	8,67	38,9943
15	3	21,36	7,12	25,6684
20	3	19,09	6,363333	20,43703
25	3	16,64	5,546667	21,55123
30	3	11,72	3,906667	0,544533
25 menit	6	73,52	12,25333	21,39467
50 menit	6	23,96	3,993333	5,349987
70 menit	6	36,3	6,05	11,10832

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	148,8264	5	29,76529	7,360645	0,003894	3,325835
Columns	221,8776	2	110,9388	27,43401	8,71E-05	4,102821
Error	40,43842	10	4,043842			
Total	411,1425	17				

E.5 Hasil Uji Statistik Amonium

Variasi 1

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	3	0,075254	0,025085	0,000145
5	3	0,060933	0,020311	1,74E-05
10	3	0,056165	0,018722	8,62E-06
15	3	0,052552	0,017517	9,56E-06
20	3	0,049519	0,016506	1,65E-05
25	3	0,046052	0,015351	2,31E-05
30	3	0,047543	0,015848	1,6E-05
25 menit	7	0,168148	0,024021	4,66E-05
50 menit	7	0,116196	0,016599	1,14E-06
70 menit	7	0,103674	0,014811	9,68E-06

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,000206	6	3,43E-05	2,962839	0,051688	2,99612
Columns	0,000334	2	0,000167	14,42838	0,000642	3,885294
Error	0,000139	12	1,16E-05			
Total	0,000679	20				

Variasi 2

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
5	3	0,01078	0,003593	2,99E-06
10	3	0,010118	0,003373	3,06E-06
15	3	0,009978	0,003326	2,99E-06
20	3	0,010079	0,00336	3,08E-06
25	3	0,009925	0,003308	3,43E-06
30	3	0,009202	0,003067	3,11E-06
25 menit	6	0,027572	0,004595	5,9E-08
50 menit	6	0,024534	0,004089	3,78E-08
70 menit	6	0,007976	0,001329	3,77E-08

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	4,23E-07	5	8,47E-08	3,393827	0,047328	3,325835
Columns	3,71E-05	2	1,85E-05	743,1064	1,33E-11	4,102821
Error	2,49E-07	10	2,49E-08			
Total	3,77E-05	17				

E.6 Hasil Uji Statistik Nitrit

Variasi 1

Anova: Two-Factor Without Replication

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
0	3	0,176235	0,058745	7E-05
5	3	0,154025	0,051342	5,91E-05
10	3	0,121255	0,040418	4,91E-05
15	3	0,11708	0,039027	3,81E-05
20	3	0,107106	0,035702	5,37E-05
25	3	0,094174	0,031391	4,01E-05
30	3	0,091538	0,030513	1,91E-05
25 menit	7	0,339609	0,048516	0,000136
50 menit	7	0,260518	0,037217	7,09E-05
70 menit	7	0,261286	0,037327	0,000133

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Rows	0,001969	6	0,000328	57,75356	3,71E-08	2,99612
Columns	0,00059	2	0,000295	51,90961	1,24E-06	3,885294
Error	6,82E-05	12	5,68E-06			
Total	0,002628	20				

Variasi 2

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
5	3	0,225245	0,075082	0,0003
10	3	0,186221	0,062074	0,000488
15	3	0,180259	0,060086	0,000511
20	3	0,161208	0,053736	0,000485
25	3	0,146611	0,04887	0,000266
30	3	0,13563	0,04521	8,33E-05
25 menit	6	0,460583	0,076764	0,000173
50 menit	6	0,26117	0,043528	4,21E-05
70 menit	6	0,313422	0,052237	0,000271

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,001729	5	0,000346	4,918851	0,015675	3,325835
Columns	0,003564	2	0,001782	25,34529	0,000121	4,102821
Error	0,000703	10	7,03E-05			
Total	0,005996	17				

E.7 Hasil Uji Statistik Nitrat

Variasi 1

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
0	3	0,0281	0,009367	4,13E-07
5	3	0,027686	0,009229	8,03E-07
10	3	0,027602	0,009201	2,37E-06
15	3	0,025649	0,00855	6,26E-07
20	3	0,024677	0,008226	3,45E-07
25	3	0,023725	0,007908	3,23E-07
30	3	0,023327	0,007776	1,27E-07
25 menit	7	0,066285	0,009469	1,03E-06
50 menit	7	0,057549	0,008221	4,79E-07
70 menit	7	0,056932	0,008133	1,81E-07

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	7,93E-06	6	1,32E-06	7,243377	0,001908	2,99612
Columns	7,82E-06	2	3,91E-06	21,41936	0,00011	3,885294
Error	2,19E-06	12	1,82E-07			
Total	1,79E-05	20				

Variasi 2

Anova: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
5	3	0,091541	0,030514	8,94E-05
10	3	0,09012	0,03004	7,3E-05
15	3	0,086361	0,028787	2,12E-05
20	3	0,074891	0,024964	3,5E-05
25	3	0,065949	0,021983	2,24E-05
30	3	0,061561	0,02052	1,16E-05
25 menit	6	0,118623	0,019771	6,35E-06
50 menit	6	0,190121	0,031687	3,76E-05
70 menit	6	0,161678	0,026946	2,57E-05

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	0,000275	5	5,5E-05	7,478238	0,003673	3,325835
Columns	0,000432	2	0,000216	29,38817	6,5E-05	4,102821
Error	7,35E-05	10	7,35E-06			
Total	0,00078	17				

LAMPIRAN F
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia
Nomor 22 Tahun 2021
Tentang
Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup



LAMPIRAN VI
 PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR 22 TAHUN 2021
 TENTANG
 PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
 PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU AIR NASIONAL

I. BAKU MUTU AIR SUNGAI DAN SEJENISNYA

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	

7. Kebutuhan . . .

SK No 097089 A



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl^-)	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H_2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN^-)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	

27. Kobalt . . .

SK No 065355 A



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33.	Kromium heksavalen (Cr-VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
36.	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
37.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
38.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39.	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
40.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
43.	Lindane	µg/L	56	-	-	-	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
45.	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
46.	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
47.	Total Coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
48.	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
49.	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

II. BAKU . . .

SK No 065357 A

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Denpasar, 5 September 2000, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Negeri 3 Denpasar (2006 – 2012), SMP Negeri 9 Denpasar (2012 – 2015), dan SMA Negeri 7 Denpasar (2015 – 2018). Setelah lulus dari SMA di tahun 2018, penulis diterima di Departemen Teknik Lingkungan FTSPK – ITS dan terdaftar dengan NRP 03211840000110.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif pada berbagai organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2020 penulis berkesempatan menjadi Ketua Divisi Sosial Masyarakat HMTL-ITS dan Sekretaris Umum 1 Tim Pembina Kerohanian Hindu ITS. Selain itu, penulis aktif mengikuti beberapa kepanitiaan, dan pelatihan diluar Departemen Teknik Lingkungan. Penulis juga memperluas pengalaman di dunia profesional dengan bergabung menjadi pekerja kontrak di PT Wasteforchange Alam Indonesia sebagai waste management research surveyor pada tahun 2021 sampai 2022 dan Kerja Praktik di PT. Kilang Pertamina Balikpapan pada divisi Engineering Process OSBL pada tahun 2021. Untuk diskusi lebih lanjut, penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik suluhparameswari83004@gmail.com.



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

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

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

Hari, tanggal : Senin, 11 Juli 2022
Pukul : 13.30-14.45 WIB
Lokasi : TL 106
Judul : Pengaruh Proses Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi

Nilai TOEFL 480

Nama : Suluh Parameswari Hayuning Manah
NRP. : 03211840000110
Topik : Penelitian

Tanda Tangan

Suluh Parameswari

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Perbaiki penulisan & kesalahan ketik .!
2.	Metode penelitian (Bab 3) dilengkapi.
3.	Bambar grafik direvisi dengan menyamakan skala
4.	Perhitungan biaya ?

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

Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
 Periode: Genap 2021/2022

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

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
 Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
 Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 11 Juli 2022
 Pukul : 13.30-14.45 WIB
 Lokasi : TL 106
 Judul : Pengaruh Proses Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi

Nama : Suluh Parameswari Hayuning Manah
 NRP. : 03211840000110
 Topik : Penelitian

LAKUKAN EDITING
 DGN BAIK!

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Perbaiki semua salah tih. Nama suryana (restit, rustrak) & TIDAK DGN KAPITAL lihat aja di tengah halaman. TOTAL SOLIDS bukan total solid.
2	Pada pendahuluan di (+) alasan kenapa penelitian dilakukan pd. air baku PDAM Sby.
3	kataman harus mengikuti cara penulisan buku; gram → g!
4	Apakah yg dimaksud dgn. TOTAL NITROGEN? & diukur apa?
5	Bab II jangan dicampur dgn metode pengukuran BOD, COD, NO ₂ dst. Tulis di Bab II definisi ms ² parameter + sumber pencemarannya + basic dari pengukurannya (gravimetri, spektrofotometri) Dg. spektro → terbentuk warna. Warna dari apa?
6	Contohkan buku mutu jordan Trig. Pustaka < " produksi".
7	Gambar desain titik sampling melingkupi gb. 3.2.
8	Yg di (+) kan udara atau O ₂ ? (hal 16) Maksud tebal ya dgn O ₂ !
9	Bandingkan pada setiap kurva removal ms ² parameter Ef. Pengukuran antara aerasi & preklorinasi. Smanakan skalanya!

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
 Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
 Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
 Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing.

10 jangan Suruhin Capital pada Daftar Pustaka! lihat Statisticy.

Dosen Penguji : Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc

Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D

(Handwritten signatures)



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Genap 2021/2022

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 11 Juli 2022

Pukul : 13.30-14.45 WIB

Lokasi : TL 106

Judul : Pengaruh Proses Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi

Nama : Suluh Parameswari Hayuning Manah

NRP. : 03211840000110

Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Penulisan lihat di buku laporan TA.
2.	Lampiran sudah dirujuk ?
3.	Lampiran → input SPSS. Hand running → one way two way.
4.	Abstrak ditambahkan di akhir alinea.
5.	Dab iii → SPSS yg digunakan
6.	Dakar tnp yg baik aerasi tnp pre-klorinasi ?

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana

Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji

Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

Harmin Sulistiyaning Titah, ST., MT., PhD.

()

Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D

()



UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Genap 2021/2022

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 11 Juli 2022

Pukul : 13.30-14.45 WIB

Lokasi : TL 106

Judul : Pengaruh Proses Aerasi dan Pre-klorinasi Terhadap Kinerja Koagulasi dan Flokulasi

Nama : Suluh Parameswari Hayuning Manah

NRP. : 03211840000110

Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Penulisan abstrak diperhatikan
2.	Penulisan paragraf diperbaiki
3.	Variabel penelitian dependen independen dll diperbaiki/ dicek.
4.	Kesimpulan dari penelitian diperbaiki
5.	Harga - harga dicek kembali

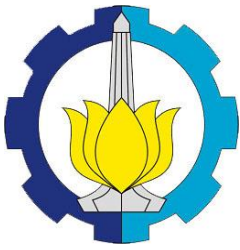
Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji : I D A A Warmadewanthi, ST, MT, Ph.D

(Alama)

Dosen Pembimbing : Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D

(Arseto)



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : SULUH PARAMESWARI HAYUNING MANAH
NRP : 0321184000110
Judul : *PENGARUH PROSES AERASI DAN PRE-KLORINASI TERHADAP KINERJA KOAGULASI FLOKULASI*

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	11 Februari 2022	Pembahasan mengenai revisi proposal	
2	7 Maret 2022	Pembahasan mengenai persiapan pengerjaan penelitian TA.	
3	13 Maret 2022	Pembahasan mengenai hasil penelitian pendahuluan TA.	
4	1 April 2022	Pembahasan mengenai hasil penelitian data variasi.	
5	19 April 2022	Update informasi mengenai kemajuan laporan TA.	
6	22 April 2022	Pembahasan mengenai rencana jadwal penelitian hingga libur lebaran.	
7	9 Mei 2022	Pembahasan mengenai laporan untuk sidang kemajuan.	
8	12 Mei 2022	Update informasi mengenai kemajuan laporan TA.	
9	13 Mei 2022	Diskusi mengenai pengolahan data dan penulisan laporan.	
10	14 Mei 2022	Pembahasan terakhir sebelum sidang kemajuan	
11	20 Mei 2022	Diskusi setelah sidang kemajuan mengenai revisi laporan kemajuan	
12	26 Mei 2022	Pembahasan hasil data penelitian untuk melanjutkan penelitian	
13	13 Juni 2022	Pembahasan data dan laporan setelah pengulangan penelitian	
14	21 Juni 2022	Pembahasan data dan laporan akhir	

Surabaya, 24 Juni 2022
Dosen Pembimbing

Arseto Yekti Bagastyo, S.T., M.T., M.Phil., Ph.D.
NIP. 19820804 200501 1 001