

LAPORAN PENELITIAN

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR
FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI-FLOKULASI**



Disusun oleh:

FARAJ MUHAMMAD RIFQI	(3335200050)
ACHMAD RIVALDI ALFALAQ	(3335200088)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA-FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Achmad Rivaldi Alfalaq

NIM : 3335200088

JURUSAN : Teknik Kimia

JUDUL : Pengolahan Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar FT Untirta
Dengan Metode Aerasi dan Koagulasi-Flokulasi

Bersedia

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas adalah benar karya saya sendiri dengan arahan dari pembimbing dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Cilegon, 17 Juni 2025



Achmad Rivaldi Alfalaq

LAPORAN PENELITIAN

PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI- FLOKULASI

Disusun oleh:

FARAJ MUHAMMAD RIFQI (3335200050)

ACHMAD RIVALDI ALFALAQ (3335200088)

Telah disetujui oleh Dewan Pembimbing dan telah dipertahankan di hadapan
Dewan Penguji pada tanggal. *04... Oktober 2024*

Dosen Pembimbing



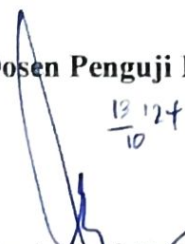
Rusdi, S.T., M.T.
NIP. 196711252005011002

Dosen Penguji I



Dr. Iqbal Syaichurrozi, S.T., M.T.
NIP. 199003202014041001

Dosen Penguji II



Wardalia, S.T., M.T.
NIP. 198406202008122002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Heri Heriyanto, S.T., M.Eng.
NIP. 197510222005011002

ABSTRAK

PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI-FLOKULASI

Oleh:

Faraj Muhammad Rifqi (3335200050)

Achmad Rivaldi Alfalaq (3335200088)

Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar FT Untirta menghasilkan air limbah dengan tingkat pH yaitu 1,35 dan kadar TDS, TSS, COD, Fe yang cukup tinggi, yaitu 4125 ppm, 3850 ppm, 2544,02 ppm, dan 738,9 ppm. Sampai saat ini air limbah Laboratorium Kimia Dasar belum ada pengolahan, sementara ditampung di jerigen, lalu diberikan kepada pihak ketiga dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif pengolahan air limbah kimia dasar, mengetahui perbandingan efektivitas koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC) dan mendapatkan jenis serta dosis optimum. Pengolahan air limbah dilakukan secara fisika dan kimia yaitu proses aerasi atau tanpa aerasi dilanjut dengan koagulasi-flokulasi. Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah tersebut, dilakukan proses pengenceran (1:4). Proses aerasi selama 30 menit tiap sampel, dilanjutkan proses koagulasi-flokulasi dengan koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan dosis 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm, dan 90 ppm. Proses pengadukan koagulasi 100 rpm dan pengadukan flokulasi 40 rpm, selanjutnya dilakukan pengendapan 30 menit. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan koagulan aluminium sulfat optimum sebesar 90 ppm dengan proses aerasi. Efisiensi penyisihan dengan proses aerasi didapat TDS 95,64 %, TSS 95,93 %, dan Fe 99,99 %. Khusus untuk efisiensi penyisihan COD yang terbaik tanpa aerasi sebesar 97,96 %. Untuk parameter pH terjadi penurunan dari 7,65 menjadi 6,74. Koagulan aluminium sulfat atau tawas dalam hal ini lebih efektif dalam menurunkan parameter air limbah laboratorium kimia dasar dibandingkan dengan PAC.

Kata Kunci : Aerasi, Air Limbah , Flokulasi, Koagulasi, Parameter Air limbah

ABSTRACT

WASTEWATER TREATMENT OF FT UNTIRTA BASIC CHEMISTRY LABORATORY USING AERATION AND COAGULATION-FLOCCULATION METHODS

By:

Faraj Muhammad Rifqi (3335200050)

Achmad Rivaldi Alfalaq (3335200088)

Wastewater from the Basic Chemistry Laboratory of FT Untirta produces wastewater with a pH level of 1.35 and fairly high levels of TDS, TSS, COD, Fe, namely 4125 ppm, 3850 ppm, 2544.02 ppm, and 738.9 ppm. Until now, the wastewater of the Basic Chemistry Laboratory has not been processed, while it is stored in jerry cans, then given to third parties and requires quite a large cost. This study aims to provide an alternative for basic chemical wastewater treatment, to determine the comparison of the effectiveness of aluminum sulfate and Poly Aluminum Chloride (PAC) coagulants and to obtain the optimum type and dosage. Wastewater treatment is carried out physically and chemically, namely the aeration or no aeration process followed by coagulation-flocculation. Before the waste water treatment process is carried out, a dilution process is carried out (1:4). The aeration process lasted 30 minutes for each sample, followed by the coagulation-flocculation process with Aluminum Sulfate and PAC coagulants at doses of 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm and 90 ppm. Coagulation stirring process at 100 rpm and flocculation stirring at 40 rpm, then settling for 30 minutes. Based on the research results, it can be concluded that the optimum use of aluminum sulfate coagulant is 90 ppm with the aeration process. The removal efficiency with the aeration process obtained TDS 95.64%, TSS 95.93%, Fe 99.99%. For the pH parameter, there was a decrease from 7.65 to 6.74. Aluminum sulfate coagulant or alum in this case is more effective in reducing basic chemical laboratory wastewater parameters compared to PAC.

Keywords: Aeration, Coagulation, Flocculation, Wastewater, Wastewater parameter

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT., karena atas ridho dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini yang berjudul “PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI-FLOKULASI”. Penulis menyadari jika selama proses pengerjaan laporan penelitian ini, banyak pihak yang telah memberi bantuan dan dukungannya, oleh karena itu, penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Keluarga yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian laporan penelitian.
2. Bapak Dr. Heri Heriyanto, S.T., M. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FT UNTIRTA.
3. Ibu Prof. Dr. Rahmayetty., S.T., M.T. selaku Koordinator Penelitian Jurusan Teknik Kimia FT UNTIRTA.
4. Bapak Rusdi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kami yang mengarahkan dan membimbing penelitian sampai selesai.
5. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu-persatu

Penyusunan tugas ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Dengan terselesaikannya laporan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Cilegon, September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah.....	5
2.2 Air Limbah	6
2.3 Metode Pengolahan Air Limbah.....	7
2.4 Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar.....	8
2.5 Standar Baku Mutu Air Limbah.....	8
2.6 Parameter Kualitas Air Limbah.....	9
2.7 Proses Pengolahan Limbah.....	12
2.7.1 Aerasi	12
2.7.2 Koagulasi.....	13
2.7.3 Flokulasi	13

2.8 Koagulan.....	14
2.8.1 Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).....	14
2.8.2 Poly Aluminium Chloride (PAC).....	15
2.9 Flokulan.....	15
2.9.1 Polimer Anionik.....	16
2.10 Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi.....	16
2.11 Spektrofotometer Uv-Vis.....	18
2.12 Jar Test.....	19

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian	21
3.1.1 Diagram Alir <i>Pre-treatment</i> Air Limbah.....	21
3.1.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Koagulan dan Flokulan.....	22
3.1.3 Diagram Alir Aerasi dan Netralisasi Air Limbah.....	22
3.1.4 Diagram Alir Proses Koagulasi-Flokulasi	23
3.1.5 Diagram Alir Analisis pH	23
3.1.6 Diagram Alir Analisis TDS	24
3.1.7 Diagram Alir Analisis TSS.....	24
3.1.8 Diagram Alir Analisis COD	25
3.1.9 Diagram Alir Analisis Fe	26
3.2 Prosedur Penelitian.....	27
3.2.1 <i>Pre-treatment</i> Air Limbah	27
3.2.2 Pembuatan Larutan Koagulan dan Flokulan.....	27
3.2.3 Aerasi dan Netralisasi Air Limbah.....	28
3.2.4 Proses Koagulasi-Flokulasi	28
3.2.5 Analisis pH	28
3.2.6 Analisis TDS	29
3.2.7 Analisis TSS.....	29
3.2.8 Analisis COD.....	30
3.2.9 Analisis Fe	30

3.3 Alat dan Bahan	30
3.3.1 Alat	30
3.3.2 Bahan.....	32
3.4 Metode Pengolahan dan Analisis Data.....	32
3.5 Variabel Penelitian.....,	33
3.5.1 Variabel Tetap.....	33
3.5.2 Variabel Bebas.....	33
3.5.3 Variabel Terikat.....	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pra Koagulasi-Flokulasi.....	34
4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH.....	39
4.3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS.....	41
4.4 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS.....	44
4.5 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD.....	46
4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe.....	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Air Limbah.....	9
Tabel 4.1 Air Limbah Sebelum Koagulasi-Flokulasi	35
Tabel 4.2 Penurunan Nilai pH	39
Tabel 4.3 Penyisihan Kadar TDS.....	42
Tabel 4.4 Penyisihan Kadar TSS.....	44
Tabel 4.5 Penyisihan Kadar COD.....	46
Tabel 4.6 Penyisihan Kadar Fe.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Spektrofotometer Uv-Vis.....	18
Gambar 2.2 <i>Jar Test</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Alir <i>Pre-treatment</i> Air Limbah.....	21
Gambar 3.2 Diagram Air Pembuatan Larutan Koagulan dan Flokulan.....	22
Gambar 3.3 Diagram Alir Aerasi dan Netralisasi Air Limbah.....	22
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Koagulasi-Flokulasi.....	23
Gambar 3.5 Diagram Alir Analisis pH.....;	23
Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis TDS.....	24
Gambar 3.7 Diagram Alir Analisis TSS.....	24
Gambar 3.8 Diagram Alir Analisis COD.....	25
Gambar 3.9 Diagram Alir Analisis Fe.....	26
Gambar 3.10 Rangkaian Alat Aerasi dan Koagulasi-Flokulasi.....	31
Gambar 4.1 Air Limbah Kimia Dasar.....	34
Gambar 4.2 a. Air Limbah Setelah Pengenceran	35
b. Air Limbah Setelah Penambahan NaOH.....	36
Gambar 4.3 Aerasi Pada Air Limbah.....	37
Gambar 4.4 Aluminium Sulfat dan PAC.....	37
Gambar 4.5 Polimer Anionik.....	38
Gambar 4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH.....	39
Gambar 4.7 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS.....	42
Gambar 4.8 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS.....	44
Gambar 4.9 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD.....	47
Gambar 4.10 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah merupakan air buangan dari berbagai aktivitas manusia. Kandungan zat dalam air limbah perlu diketahui sebagai langkah awal untuk menentukan perlakuan yang tepat terhadap air limbah tersebut. Air limbah mempunyai sifat fisik, kimia, dan biologi. Sifat fisik pada air limbah adalah kejernihan, warna, bau, temperatur, dan kandungan zat padat berefek estetika. Air limbah biasanya mengandung zat organik yang bersifat *degradable*. Air limbah yang tidak diproses dengan baik yang masih mengandung polutan dapat mengontaminasi sistem ekologi termasuk sumber daya air terbuka seperti laut, sungai dan danau, juga di wilayah udara dan tanah (Harahap dkk, 2020).

Aktivitas sehari-hari di berbagai sektor menghasilkan hasil sisa berupa air limbah yang bersumber salah satunya dari laboratorium. Jenis air limbah yang dihasilkan bisa dari berbagai laboratorium. Salah satu laboratorium yang menghasilkan volume air limbah yang banyak dan mengandung bahan kimia yang beragam adalah laboratorium kimia dasar. Limbah yang dihasilkan salah satunya tergolong jenis limbah B3. Air limbah laboratorium kimia dasar di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNTIRTA menghasilkan air limbah dengan tingkat pH yaitu 1,35 dan kadar TDS, TSS, COD, Fe terlarut yang cukup tinggi, yaitu 4125 ppm, 3850 ppm, 2544,02 ppm, dan 738,9 ppm. Sampai saat ini air limbah laboratorium kimia dasar belum ada pengolahan dari pihak universitas (Fadhila dkk, 2018).

Air limbah laboratorium kimia dasar dihasilkan dari kegiatan laboratorium terkhusus lembaga pendidikan sementara ditampung dengan jerigen, selanjutnya diserahkan kepada pihak ketiga untuk diolah dan membutuhkan biaya yang cukup

mahal. Jika air limbah laboratorium langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan, banyaknya kandungan senyawa organik dan anorganik menyebabkan kerusakan lingkungan, seperti rusaknya struktur pada tanah, keseimbangan ekosistem terganggu, dan gangguan kesehatan manusia. Diperlukan metode penanganan yang tepat karena dari jenis air limbah laboratorium apapun mempunyai karakteristik berbeda terhadap dampak yang akan ditimbulkan (Wijayanti dkk, 2024).

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, semakin banyak metode pengolahan air limbah yang bisa digunakan. Salah satu metode pengolahan air limbah yang ingin digunakan yaitu metode fisika-kimia didahului dengan aerasi dilanjutkan dengan proses koagulasi-flokulasi. Metode aerasi dan koagulasi-flokulasi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya efisien, mampu menghilangkan partikel tersuspensi, biaya operasi murah, dan proses yang sederhana. Proses aerasi bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dengan menurunkan kadar polutan berbahaya, logam berat, zat-zat organik, dll. Proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan dan flokulan dengan kelebihan masing-masing yang dapat mengikat partikel koloid sehingga mudah mengendap membentuk flok berukuran makro. Hal tersebut akan menurunkan kandungan zat pencemar yang terdapat pada air limbah (Iwuozor, 2019).

Riskawanti dkk, (2016) melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah perendaman karet rakyat dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat, PAC, dan FeCl_3 dengan dosis 2 g/L, 4 g/L, dan 8 g/L untuk menurunkan kadar COD, BOD, TDS, dan TSS. Proses pengolahan air limbah dilakukan dengan pengadukan cepat 200 rpm selama 3 menit, dilanjutkan dengan pengadukan lambat 50 rpm selama 10 menit. NaOH ditambahkan untuk menetralkan pH air limbah sebelum proses koagulasi-flokulasi. Selanjutnya, proses pengendapan sampel dilakukan selama 1 jam. Diperoleh kadar optimum untuk COD, BOD, dan TSS

berturut-turut sebesar 37,07 ppm, 14,29 ppm, dan 24 ppm sesuai standar baku mutu air limbah. Akan tetapi, kadar TDS dan warna masih belum memenuhi standar baku mutu air limbah.

Tantri dkk, (2023) juga melakukan penelitian dengan metode koagulasi-flokulasi untuk mengolah limbah penyamakan kulit menggunakan koagulan PAC. Dosis koagulan PAC, yaitu 1 %, 2%, 3 %, 4 % dan 5%, pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit, pengadukan lambat 25 rpm selama 15 menit, dan waktu pengendapan selama 15 menit. Diperoleh hasil optimum dengan dosis 5 ml koagulan PAC 5 %, pH akhir 6 dan kekeruhan 67 NTU.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan pengolahan air limbah dengan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk menurunkan parameter air limbah yang tinggi. Selain itu, penelitian yang akan dilakukan menjadi sebuah solusi untuk mengolah air limbah secara mandiri dan tidak bergantung pada pihak lain sehingga lebih meminimalisir biaya pengeluaran. Pengolahan air limbah menggunakan jasa lembaga pengolah air limbah yang bersertifikat membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga akan meningkatkan biaya pemeliharaan lingkungan bagi lembaga pendidikan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Laboratorium Kimia Dasar FT UNTIRTA menghasilkan air limbah yang terdiri dari berbagai jenis. Air limbah laboratorium yang belum melalui tahapan pengolahan dengan baik atau dibuang langsung akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan air limbah yang tepat. Metode pengolahan limbah yang digunakan adalah aerasi dan koagulasi-flokulasi dengan menggunakan beberapa parameter, seperti dosis koagulan dan flokulan, pH air limbah, aerasi dan

tanpa aerasi. Dengan menggunakan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi diharapkan dapat menurunkan kadar air limbah yang tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif pengolahan air limbah laboratorium kimia dasar, mengetahui perbandingan efektivitas koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC), dan mendapatkan jenis serta dosis optimum suatu koagulan.

1.4 Ruang Lingkup

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses pengolahan air limbah dengan aerasi dan koagulasi-flokulasi. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air limbah Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jenis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium Sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC). Lalu, jenis flokulan yang digunakan adalah polimer anionik. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Banten Jaya, Kota Serang pada temperatur dan tekanan atmosferik. Pengujian parameter COD dan Fe dilakukan di Laboratorium Pengujian Air, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK), Provinsi Banten, Kota Serang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah adalah hasil buangan dari kegiatan produksi baik sektor industri dan/atau domestik yang mana kehadirannya tidak diharapkan oleh lingkungan karena dapat membahayakan dan tidak memiliki nilai yang ekonomis. Jika ditinjau dari segi kimiawi, limbah ini tersusun atas senyawa organik dan anorganik dengan kandungan konsentrasi dan jumlah tertentu. Limbah yang timbul dari hasil buangan akan berdampak negatif bagi lingkungan sekitar terutama membahayakan kesehatan manusia sehingga perlu pengelolaan yang tepat. Jenis dan karakteristik limbah mempengaruhi tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan. Sumber limbah secara umum terbagi menjadi dua, yaitu (Hammer, 1986):

1. Hasil kegiatan manusia

Limbah hasil kegiatan manusia terdiri atas rumah tangga, rumah sakit, industri pertanian, industri manufaktur, pusat perdagangan, hotel, rekreasi, dan laboratorium.

2. Bukan hasil kegiatan manusia

- a. Kotoran hewan

- a. Klasifikasi limbah

Kegiatan yang dilakukan oleh manusia dan bukan manusia menghasilkan berbagai jenis limbah. Berikut ini merupakan klasifikasi dari berbagai jenis limbah:

1. Berdasarkan wujudnya terdiri atas limbah padat, cair, dan gas.

2. Berdasarkan tingkat ancamannya terhadap lingkungan dan manusia terdiri atas limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dan limbah bukan bahan berbahaya dan beracun (non-B3).
3. Berdasarkan materi pembentukannya terdiri atas limbah organik dan limbah anorganik.

2.2 Air Limbah

Air limbah merupakan air hasil buangan dari berbagai proses penggunaan yang mengandung bahan pencemar dan pencemarnya memiliki kandungan yang beragam. Air Limbah umumnya memiliki volume yang banyak dan kandungan polutan yang beragam, seperti minyak, alkohol, fenol, pewarna sintetis, dan logam berat. Standar kualitas air yang diharapkan biasanya memiliki karakteristik yang berbeda dan disesuaikan dengan penggunaannya, seperti air minum, air irigasi, dan/atau air proses yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri tertentu. Maka dari itu, air yang dibutuhkan harus memenuhi berbagai kriteria, seperti bebas dari polutan yang berbahaya atau setidaknya mengandung polutan yang tidak diharapkan dengan nilai ambang batas seminimal mungkin sesuai baku mutu air (Martini dkk, 2020).

Air limbah adalah air yang tersisa setelah adanya aktivitas organisme hidup. Air limbah bisa bersumber dari industri berbagai skala, domestik, pertanian, dll. Fluktuasi air limbah setiap harinya disebabkan oleh berbagai aktivitas makhluk hidup, salah satunya manusia. Air limbah harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu untuk dikurangi kandungan polutan yang berbahaya. Air limbah yang dibuang secara langsung ataupun tidak langsung ke dalam lingkungan dapat mempengaruhi kesehatan manusia, kelangsungan hidup makhluk biotik, dan kelestarian alam (Sumarwanto dan Hartati, 2018).

2.3 Metode Pengolahan Air Limbah

Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk menyisihkan kandungan polutan telah dikembangkan sampai saat ini. Berdasarkan metodenya, pengolahan air limbah terbagi menjadi 3 yaitu:

1. Pengolahan air limbah secara fisika

Umumnya sebelum adanya pengolahan lanjutan terhadap air limbah, bahan yang tersuspensi besar, mengendap, dan terapung dihilangkan lebih dahulu. Proses pengolahan limbah secara fisika terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu aerasi, penapisan, presipitasi (klarifier dan pemekatan), flotasi, filtrasi (*filter membrane*, dan *dewatering*), dan *centrifuge* (Hammer, 1986).

2. Pengolahan air limbah secara kimia

Pengolahan air limbah secara kimia bertujuan untuk menghilangkan partikel koloid yang sulit mengendap, logam berat, senyawa fosfor, dan zat organik beracun. Pengolahan dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tertentu. Pengolahan limbah secara kimia terbagi menjadi berbagai macam, yaitu netralisasi, koagulasi-flokulasi, oksidasi atau reduksi (oksidasi atau reduksi kimia, elektrolisis, dan ozonasi), adsorpsi, dan pertukaran ion (Hammer, 1986).

3. Pengolahan air limbah secara biologi

Metode pengolahan air limbah secara biologi bertujuan untuk menghilangkan kandungan senyawa organik atau anorganik dalam air limbah. Fungsi ini dapat dicapai melalui aktivitas mikroorganisme campuran yang heterofilik. Mikroorganisme mengonsumsi bahan organik untuk membentuk biomassa seluler baru dan bahan organik serta memanfaatkan energi yang dihasilkan oleh reaksi oksidasi untuk metabolisme. Pengolahan air limbah secara biologi, yaitu secara aerob (proses lumpur aktif dan pengolahan film biologi), lagoon, dan *anaerobic treatment* (pencerna aerob dan proses UASB) (Hammer, 1986).

2.4 Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar

Laboratorium merupakan tempat penunjang aktivitas praktikum dan penelitian di perguruan tinggi. Aktivitas sebagian laboratorium dapat menghasilkan air limbah yang dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan. Air limbah laboratorium bersumber dari sisa bahan-bahan kimia yang sudah tidak digunakan lagi atau telah kadaluarsa menurut tanggal produksinya, bahan kimia habis pakai, sisa sampel, sisa reagen reaksi-reaksi kimia, dan air bekas mencuci peralatan. Salah satu air limbah laboratorium yang ingin diteliti bersumber dari kegiatan praktikum kimia dasar dengan modul kesetimbangan kimia yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Teknik, UNTIRTA. Produk limbah tersebut mengandung besi (III) nitrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$), besi (III) tiosinat ($\text{Fe}(\text{SCN})_3$), ferro ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$), kalium iodide (KI), dll (Nurhayati dkk, 2018).

Air limbah laboratorium kimia dasar dengan modul kesetimbangan kimia tergolong jenis logam. Meskipun volume air limbah yang dihasilkan di laboratorium kimia dasar tidak sebanyak air limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri, namun komposisi pencemarnya sangat beragam dan mengandung beberapa unsur yang sangat berbahaya. Unsur-unsur berbahaya yang terdapat pada air limbah laboratorium kimia dasar, salah satunya logam berat, seperti timbal (Pb), besi (Fe), kromium (Cr), dan merkuri (Hg). Selain itu, terdapat kandungan TSS, TDS, amonia (NH_3), nitril (NO_2), kekeruhan, COD, BOD yang tinggi, dan tingkat pH yang rendah (Fadhila dkk, 2018).

2.5 Standar Baku Mutu Air Limbah

Organisme, zat, energi, atau komponen yang terkandung dalam air limbah tentunya membahayakan lingkungan hidup. Komponen air limbah atau air baku yang telah melalui tahapan pengolahan tentunya dikaji ulang apakah sudah sesuai ambang batas sebelum di buang atau digunakan kembali. Standar baku mutu air limbah adalah ukuran kadar zat pencemar yang dapat ditoleransi dalam air limbah sebelum dibuang ke saluran air oleh usaha dan/atau kegiatan lainnya. Berikut ini merupakan Peraturan

Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah dengan Lampiran XLVII terkait baku air limbah mutu usaha dan/atau kegiatan yang belum ditetapkan (Permen LH, 2014):

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Air Limbah

LAMPIRAN XLVII PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP REPUBLIK INDONESIA NOMOR 5 TAHUN 2014 TENTANG BAKU MUTU AIR LIMBAH			
BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN YANG BELUM MEMILIKI BAKU MUTU AIR LIMBAH YANG DITETAPKAN			
Parameter	Satuan	GOLONGAN	
		I	II
Temperatur	°C	38	40
Zat padat larut (TDS)	mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	mg/L	200	400
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0
Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
Barium (Ba)	mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
Seng (Zn)	mg/L	5	10
Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	mg/L	0,1	0,5
Krom Total (Cr)	mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	mg/L	2	3
Arsen (As)	mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,5	1
Fluorida (F)	mg/L	2	3
Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH ₃ -N)	mg/L	5	10
Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	20	30
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1	3
Total Nitrogen	mg/L	30	60
BOD ₅	mg/L	50	150
COD	mg/L	100	300
Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
Fenol	mg/L	0,5	1

Sumber: Permen LH No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII.

2.6 Parameter Kualitas Air Limbah

Terdapat beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menentukan karakteristik atau kualitas air limbah sebagai berikut:

a. Logam Fe

Air limbah mengandung zat besi terlarut berupa ion *ferro* (Fe^{2+}). Besi dalam bentuk *ferro* mudah teroksidasi menjadi bentuk *ferri* (Fe^{3+}) dengan adanya oksigen di atmosfer. Kadar zat besi yang berlebihan di lingkungan menyebabkan pencemaran air tanah dan air limbah yang mempengaruhi kelangsungan hidup organisme. Logam besi yang ada di dalam tanah diserap tanaman melalui akar. Kandungan zat besi yang tinggi di dalam tanah menyebabkan terserap ke dalam tubuh tanaman, sehingga jika dikonsumsi oleh makhluk hidup seperti manusia dapat menyebabkan keracunan (Nurhayati dkk, 2020).

b. pH (*Potential of Hydrogen*)

Potential of hydrogen (pH) adalah ukuran konsentrasi ion hidrogen ($[\text{H}^+]$) dalam air. Ion $[\text{H}^+]$ mempengaruhi sebagian besar proses kimia dan biologi. Parameter pH digunakan untuk menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan suatu zat, larutan, dan/atau senyawa. Tinggi dan/atau rendahnya pH air limbah dipengaruhi oleh banyaknya pencemar yang terdapat di dalam air limbah (Ramayanti dan Amna, 2019).

c. COD (*Chemical Oksidant Demand*)

COD (*Chemical Oksidant Demand*) mengacu pada jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi kimia bahan organik di dalam air. Kadar COD merupakan indeks yang menyatakan derajat pencemaran bahan organik. Ketika konsentrasi bahan organik dalam air limbah menurun, maka kadar COD dalam air limbah menurun dan sebaliknya. Pengukuran kadar COD dilakukan dengan metode *refluks* tertutup menggunakan metode spektrofotometri. Metode ini menggunakan oksidator yaitu kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) sebagai sumber oksigen kimia untuk memecahkan atau menguraikan bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam kondisi asam dengan suhu tinggi. Asam yang digunakan adalah asam sulfat

bersifat kuat yaitu H_2SO_4 dan larutan perak sulfat (Ag_2SO_4) yang berfungsi sebagai katalisator (Andika dkk, 2020).

d. TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid (TSS) adalah sisa seluruh padatan yang tertahan pada filter dengan ukuran partikel maksimum $2\ \mu\text{m}$ atau lebih di atas ukuran partikel koloid. Air limbah mempunyai sifat biologis yang dapat diketahui dari tingkat kontaminasi dan kandungan mikroorganisme yang terdapat di dalamnya sebelum dibuang ke sungai. Berbagai kandungan organik atau non-organik yang termasuk kadar TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri, dan jamur. Rumus untuk menghitung kadar TSS adalah sebagai berikut (Harahap dkk, 2020).

$$\text{TSS (mg/L)} = (A-B) \times 1000 / V \dots\dots\dots 2.1$$

Dengan pengertian

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

V = volume contoh (mL)

e. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh dan menentukan apakah air layak untuk digunakan. Padatan terlarut total atau *total dissolved solid* (TDS) adalah jumlah zat padat yang terlarut, baik berupa ion, senyawa, dan koloid di dalam air. TDS mengandung beberapa zat organik, anorganik, dan/atau material yang terlarut dalam sebuah larutan dengan ukuran $< 10^{-3}\ \mu\text{m}$. Sumber utama TDS dalam perairan adalah limbah hasil kegiatan pertanian, limbah rumah tangga, limbah industri, dll (Prameswara dkk, 2024).

2.7 Proses Pengolahan Air Limbah

Air limbah terlebih dahulu melewati beberapa proses pengolahan sebelum dialirkan menuju pembuangan akhir. Agar pengolahan air limbah bekerja secara optimal, diperlukan sistem pengolahan yang tepat. Pengolahan air limbah dapat menggunakan metode alami atau menggunakan bantuan peralatan. Terdapat beberapa proses pengolahan air limbah sebagai berikut:

2.7.1 Aerasi

Banyak metode yang digunakan untuk mengurangi kadar air limbah hingga seminimal mungkin, salah satunya dengan aerasi. Aerasi sering dilakukan dengan mendispersikan air dan mengkontakkannya dengan udara berupa oksigen terlarut. Aerasi digunakan untuk mengurangi kadar logam berat, zat kimia berbahaya, dan padatan terlarut yang terlalu tinggi. Selain itu, aerasi digunakan untuk memberi rasa pahit pada air, menggelapkan nasi saat dimasak, dan menambah noda coklat-hitam pada pakaian (Sutrisno, 1987).

Terdapat beberapa aplikasi pendukung aerasi disebut dengan aerator. Salah satu jenis aerator yang digunakan pada penelitian ini adalah *bubble aerator* (aerator gelembung). Terdapat dua cara yang dapat dilakukan dengan menggunakan aerator, yaitu memasukkan udara ke dalam air atau memaksa air naik bersentuhan dengan kadar oksigen. Volume oksigen yang diperlukan di dalam air hanya dengan rentang 0,3 – 0,5 m³ udara/m³ air. Volume oksigen dapat diperbesar atau diperkecil dengan menyedot udara yang terdapat pada aerator. Selama penggunaan perangkat, udara disemprotkan ke dasar penangas air tempat terjadinya ventilasi (Akhlaque, et.al. 2017).

2.7.2 Koagulasi

Koagulasi adalah destabilisasi koloid, agregasi, dan penggabungan koloid-koloid menjadi intiflok atau mikroflok yang dapat mengendap. Pengolahan koagulasi-sedimentasi dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam bak pengaduk cepat dengan penambahan zat koagulan sesuai kebutuhan. Pengadukan cepat menyebabkan terjadinya penggumpalan koloid dengan koagulan untuk membentuk flok berukuran lebih besar dan mempunyai massa yang lebih berat sehingga flok yang terbentuk dapat dipisahkan dengan pengendapan (Wartiono dan Rosyida, 2018).

Mekanisme terjadinya koagulasi didahului dengan partikel yang berbentuk koloid di dalam air limbah umumnya berbentuk flok-flok biologis. Partikel semacam ini dapat bertahan melayang-layang dalam air dengan jangka waktu yang lama. Partikel-partikel ini mempunyai muatan pada permukaannya. Semakin kecil partikelnya, maka semakin besar luas permukaannya dan besar pengaruh muatan permukaannya. Oleh karena itu, semakin stabil keadaan koloid, semakin kecil gaya tolak menolak antar partikel atau kelompok partikel. Hal ini karena partikel-partikel dengan muatan yang sama saling tolak menolak, mencegah kontak, dan agregasi antar partikel. Jika ditambahkan koagulan ke dalam air, maka gaya tolak-menolak antar partikel melemah dan partikel akan saling bertabrakan, berikatan, dan membentuk gumpalan atau flok (Wartiono dan Rosyida, 2018).

2.7.3 Flokulasi

Flokulasi merupakan ketika intiflok/mikroflok bergabung menjadi molekul yang lebih besar yang disebut flok. Proses flokulasi dilakukan dengan pengadukan lambat dan penambahan bahan kimia berupa flokulan. Pengadukan lambat 40-50 rpm akan membentuk koloid yang baik. Flok yang terbentuk harus dipisahkan dengan cara pengendapan atau pengapungan. Metode *Clarifier* dapat

digunakan jika ingin memisahkan flok dengan cara sedimentasi. Jika memasukkan gelembung udara untuk membuat flok mengapung, maka flok diambil dengan *skimmer* (Suryanti dkk, 2019).

Terdapat dua jenis flokulasi sebagai berikut:

1. Flokulasi perikinetik

Flok yang terbentuk akibat gerak termal yang dikenal dengan gerak brown. Gerakan acak partikel koloid akibat pertumbuhan molekul air menyebabkan kombinasi antar partikel yang lebih kecil dari $1 < 100$ milimikron (Sans, 1986).

2. Flokulasi ortokinetik

Proses pembentukan flok disebabkan oleh terbentuknya pergerakan medium air misalnya pada saat proses pengadukan. Secara umum kecepatan aliran fluida berbeda-beda tergantung lokasi dan waktu (Sans, 1986).

2.8 Koagulan

Koagulan terdiri dari bahan kimia dan alam yang dibutuhkan dalam pengolahan air untuk membantu mengendapkan koloid atau partikel yang sulit mengendap. Koagulan merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan pada koloid sehingga memungkinkan berikatan satu sama lain untuk membentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap. Jenis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (Asmiyarna dkk, 2021):

2.8.1 Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dikenal dengan alum atau tawas. Aluminium sulfat berupa cair dengan konsentrasi 8,3% atau batu kristal dan bubuk dengan konsentrasi 17%. Aluminium sulfat berupa bubuk atau batu kristal dapat mudah larut dalam air, tetapi larutannya menimbulkan korosi pada besi dan/atau beton

sehingga tangki yang terbuat dari bahan-bahan ini memerlukan lapisan pelindung. Terbentuknya flok pada aluminium hidroksida $\text{Al}(\text{OH})_3$ merupakan hasil reaksi koagulan yang bersifat asam dengan alkalinitas air umumnya mengandung kalsium bikarbonat dan basa tambahan, seperti *hydrate lime*, natrium hidroksida, atau natrium karbonat. Aluminium sulfat sangat bergantung pada sifat air yang diolah dan dengan rentang pH 6-8 (Wahyudin, 2022).

2.8.2 Poly Aluminium Chloride (PAC)

PAC merupakan senyawa anorganik kompleks yang mana ion hidroksil dan aluminium mengalami proses klorinasi yang berbeda sehingga membentuk rumus umum $\text{Al}_n\text{Cl}_{(3n-m)}(\text{OH})_m$ dan partikel berinti banyak. Karena tingkat polimerisasinya yang tinggi, PAC sangat cocok untuk air bersifat basa lemah yang memerlukan penghilangan warna dan waktu reaksi yang cepat. PAC mengandung Al_2O_3 sebanyak 10-12% dan basa minimal 50 %. PAC dapat bekerja dengan dosis yang rendah, memiliki kisaran pH yang luas, dan tahan terhadap suhu. PAC memiliki biaya yang rendah sehingga ekonomis dalam operasi pengolahan air, daya adsorpsi yang lebih stabil, dan dapat menghasilkan flok yang stabil walaupun dioperasikan pada suhu yang rendah (Iwuozor, 2019).

2.9 Flokulan

Flokulan adalah polimer organik (polielektrolit) berbentuk molekul panjang dengan gugus yang mampu mengikat partikel menjadi satu. Flokulan ditambahkan ke dalam air limbah untuk memflokulasi dan mengentalkan lumpur yang dihasilkan dari proses koagulasi. Flokulan membantu memisahkan air dan kotoran lebih cepat. Flokulan terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu polimer kationik, polimer anionik, dan poliakrilamida (polimer non-ionik). Salah satu jenis flokulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah polimer anionik (Iwuozor, 2019).

2.9.1 Polimer Anionik

Dalam koagulasi-flokulasi, garam logam kationik umumnya digunakan untuk proses flokulasi. Salah satunya polimer anionik yang digunakan sebagai inisiator flokulasi. Dalam tahapan flokulasi, polimer anionik umumnya digunakan sebagai penginisiasi flokulasi sekaligus koagulasi. Polimer anionik digunakan untuk mengurangi konsentrasi koloid, mikroorganisme, kekeruhan, logam berat, dan warna zat. Agar proses destabilisasi menjadi efektif, molekul polimer harus mengandung gugus kimia yang dapat berinteraksi dengan permukaan partikel koloid. Ketika terjadi kontak antara molekul polimer dan partikel koloid, beberapa gugus kimia dalam polimer diserap ke permukaan partikel. Kemudian, sisa molekul polimer tetap berada di dalam larutan. Ikatan terjadi ketika ada kontak antara molekul polimer yang tersisa dan partikel kedua dengan permukaan penyerap yang kosong (Chong, 2012).

2.10 Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi

Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi koagulasi-flokulasi, yaitu:

a. Dosis koagulan dan flokulan

Penambahan dosis koagulan dan flokulan yang banyak belum tentu memberikan hasil yang terbaik. Dosis koagulan dan flokulan yang dibutuhkan dalam pengolahan tidak berdasarkan pada kadar kekeruhan, tetapi harus ada uji secara laboratorium dengan menggunakan metode *jar test*. Jika kekeruhan dalam air disebabkan oleh dominasi lumpur baik halus atau kasar, maka kebutuhan dosis koagulan dan flokulan hanya sedikit. Jika kekeruhan akibat adanya koloid, maka dibutuhkan dosis yang besar (Nasriyanti, 2020).

b. Kecepatan dan waktu pengadukan

Kecepatan dan waktu pengadukan dapat mempengaruhi proses pembentukan flok. Jika kecepatan pengadukan terlalu lambat, maka pembentukan flok akan lambat. Kecepatan pengadukan yang terlalu cepat dapat menyebabkan pecahnya flok yang sudah terbentuk. Waktu pengadukan sangat berpengaruh karena berhubungan dengan waktu yang dibutuhkan *presipitat* untuk saling bertumbukan satu sama lain sehingga membentuk *flow* dengan kualitas terbaik (Asmiyarna dkk, 2021).

c. pH

pH memiliki peranan yang sangat penting dalam mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi. Umumnya koagulan dan flokulan dapat bekerja pada rentang pH tertentu. pH air limbah yang terlalu tinggi atau rendah menyebabkan koagulan bekerja secara tidak optimal. Dalam netralisasi air limbah, pengaturan pH yang tidak tepat akan menghasilkan hasil akhir yang kurang sesuai (Nasriyanti, 2020).

d. Suhu

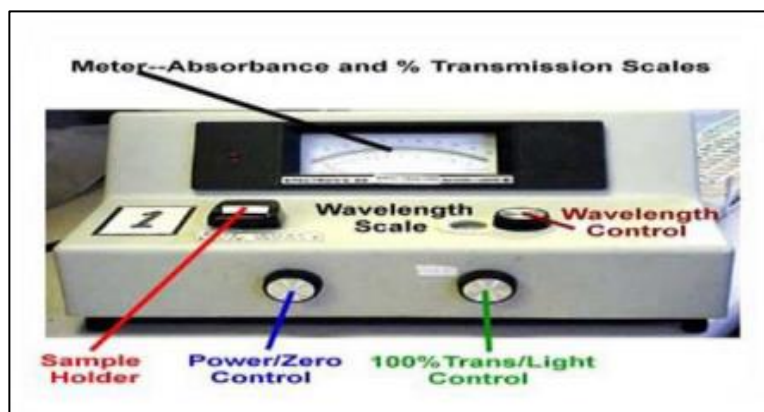
Perubahan suhu menyebabkan perubahan pada viskositas. Semakin meningkatnya suhu, maka viskositas semakin kecil. Koagulasi lebih cepat terbentuk pada suhu kamar atau suhu ruang. Pada suhu yang tinggi, flokulasi berlangsung lebih lambat dan flok yang terbentuk lebih sedikit. Selain itu, suhu tinggi dapat melarutkan kembali koagulasi yang terbentuk, sedangkan suhu rendah dapat menghambat laju penggumpalan sehingga pembentukan flok menjadi lebih lama (Nasriyanti, 2020).

e. Tingkat kekeruhan

Tingkat kekeruhan yang rendah saat proses destabilisasi akan sulit terjadi. Sebaliknya, tingkat kekeruhan air yang tinggi maka proses destabilisasi akan berlangsung cepat. Jika kondisi tersebut menggunakan dosis koagulan dan flokulan

yang rendah, maka pembentukan flok kurang efektif. Penurunan kekeruhan disebabkan oleh banyaknya flok yang terbentuk karena adanya ikatan antara koloid dan partikel koagulan yang digunakan. Penurunan kekeruhan yang signifikan terjadi karena dosis koagulan dan flokulan yang tepat (Zaimaturahmi dkk, 2023).

2.11 Spektrofotometer Uv-Vis



Gambar 2.1 Spektrofotometer UV-Vis

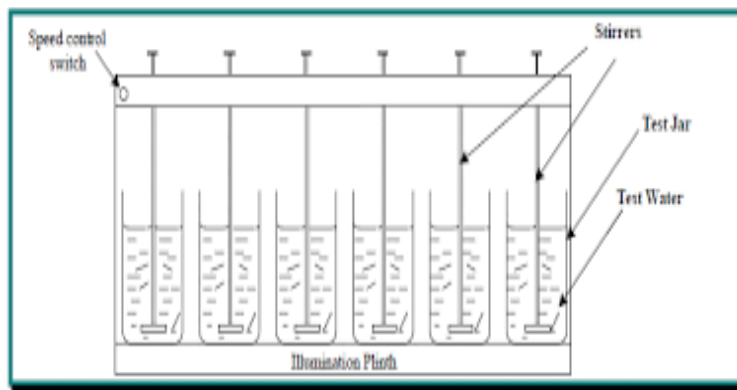
Spektrofotometri adalah metode pengukuran berdasarkan interaksi radiasi elektromagnetik dan partikel. Interaksi ini mengakibatkan penyerapan atau pelepasan energi oleh partikel yang berhubungan dengan konsentrasi zat yang dianalisis dalam larutan. Spektrofotometer UV-Vis (Ultraviolet-Visibel) adalah alat untuk mengukur transmisi, refleksi dan penyerapan suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang, melakukan pengukuran dalam rentang ultraviolet dan cahaya tampak. Spektrofotometer UV-Vis (Ultraviolet-Visibel) adalah salah satu dari banyak instrument yang digunakan untuk menganalisis senyawa (Sumarwanto dan Hartati, 2018).

Prinsip dasar spektrofotometer UV-Vis adalah didahului dengan suatu molekul menyerap radiasi UV atau sinar tampak pada tingkat panjang gelombang tertentu.

Elektron-elektron di dalam molekul tersebut mengalami transisi dari tingkat energi yang lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Terdapat tingkatan dan setiap senyawa memiliki karakteristik yang berbeda. Jika energi radiasi yang dipancarkan atom zat yang dianalisis sama dengan perbedaan tingkat energi transisi elektronnya, maka cahaya dari sumber radiasi dapat diserap oleh molekul (Sumarwanto dan Hartati, 2018).

2.12 Jar Test

Jar test digunakan untuk melakukan proses koagulasi-flokulasi salah satunya dalam skala laboratorium. Metode koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test* didahului dengan beberapa tahapan. Sampel air yang akan diolah dimasukkan ke dalam gelas beker. Setelah itu, ditambahkan koagulan dan flokulan dengan dosis berbeda ke dalam setiap gelas beker. Selanjutnya, proses pengadukan cepat dan lambat, kemudian didiamkan hingga flok mengendap (Anzar, 2018).



Gambar 2.2 Jar Test

Jar test dilengkapi dengan flokulator. Prinsip kerja flokulator terbagi menjadi 3 jenis, yaitu *pneumatic*, *mechanic*, dan *baffle*. Flokulator adalah alat yang digunakan untuk flokulasi dan pada dasarnya flokulator bertugas untuk pengadukan cepat agar tidak terdapat mikroflok yang menggumpal. Penggunaan alat *jar test* dapat

memberikan data mengenai kondisi optimum untuk parameter-parameter, antara lain dosis koagulan, pH, metode penambahan bahan kimia, kepekatan larutan kimia, waktu dan intensitas pengadukan cepat, pengadukan lambat, dan waktu penjernihan. Alat *jar test* akan mensimulasikan proses koagulasi-flokulasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi dan zat-zat organik yang dapat menyebabkan masalah kekeruhan, warna, bau, dan rasa (Anzar, 2018).

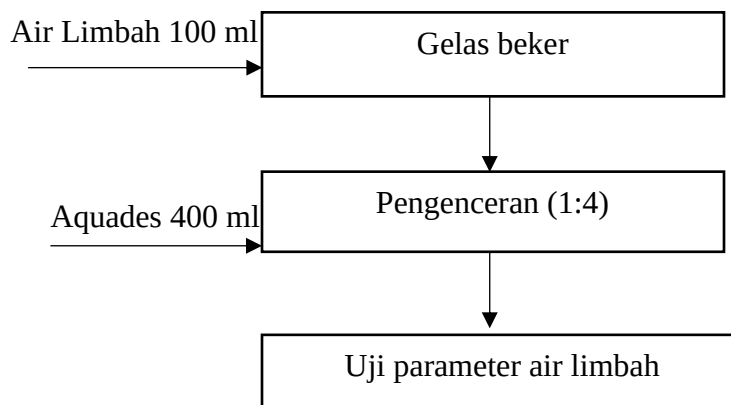
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

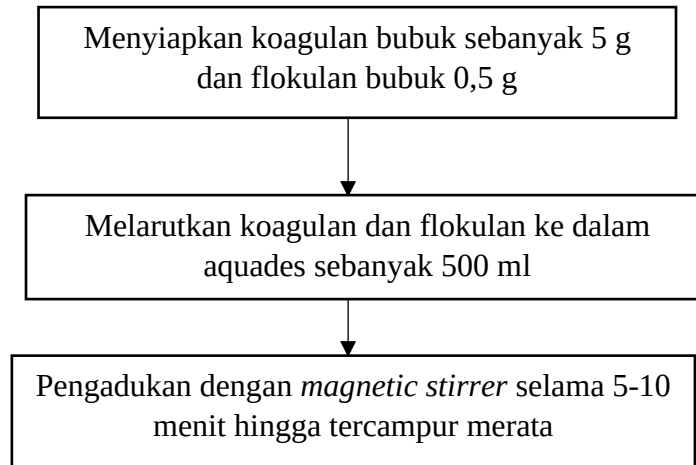
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya, Kota Serang. Penelitian didahului dengan *pre-treatment* air limbah yaitu pengenceran dengan perbandingan (1:4) dan pengujian parameter air limbah. Selanjutnya, pembuatan larutan koagulan 1% dan flokulan 0,1 %. Melakukan aerasi selama 30 menit dan tanpa aerasi, dilanjutkan dengan netralisasi air limbah. Melakukan koagulasi-flokulasi dilanjutkan dengan pengendapan sampel selama 30 menit. Melakukan pengujian parameter sampel dan mengolah data. Berikut merupakan tahapan penelitian yang digambarkan dalam diagram alir.

3.1.1 *Pre-treatment* Air Limbah



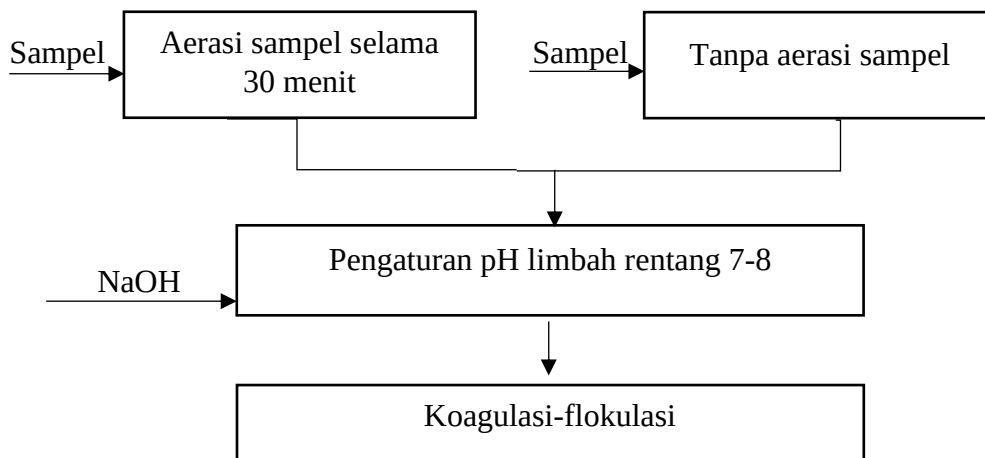
Gambar 3.1 Diagram Alir *Pre-Treatment* Air Limbah

3.1.2 Pembuatan Larutan Koagulan 1 % dan Flokulan 0,1 %



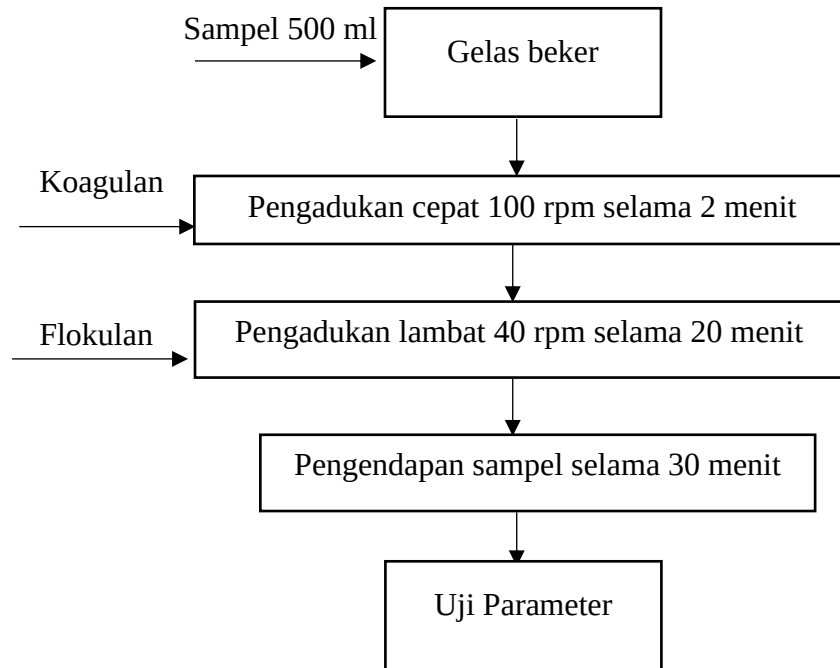
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Koagulan 1 % dan Flokulan 0,1 %

3.1.3 Aerasi dan Netralisasi Air Limbah



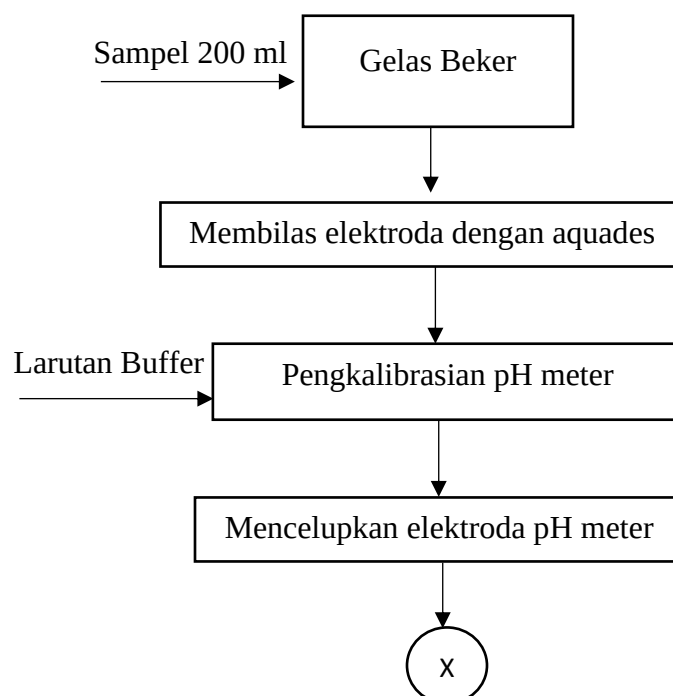
Gambar 3.3 Diagram Alir Aerasi dan Netralisasi Air Limbah

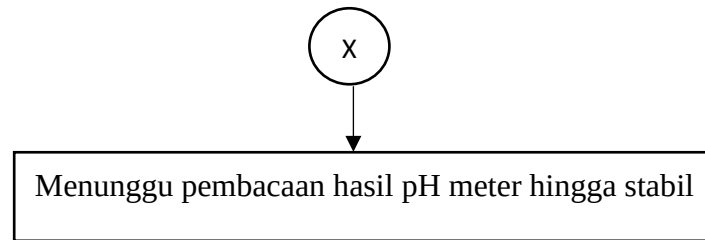
3.1.4 Proses Koagulasi-Flokulasi



Gambar 3.4 Diagram Alir Koagulasi-Flokulasi Air Limbah

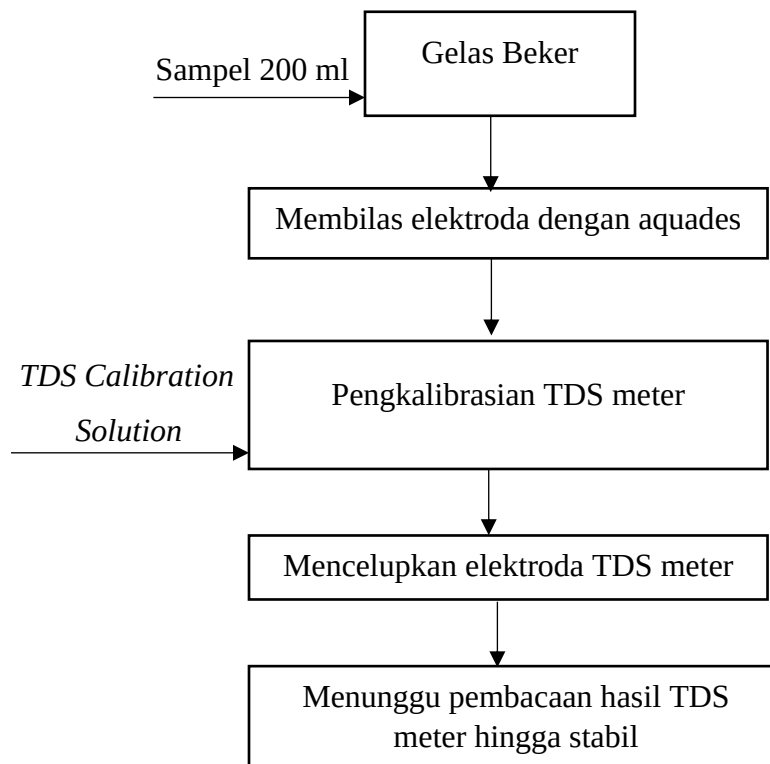
3.1.5 Analisis pH





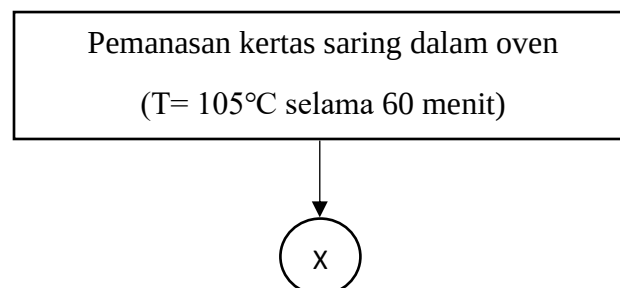
Gambar 3.5 Diagram Alir Analisis pH

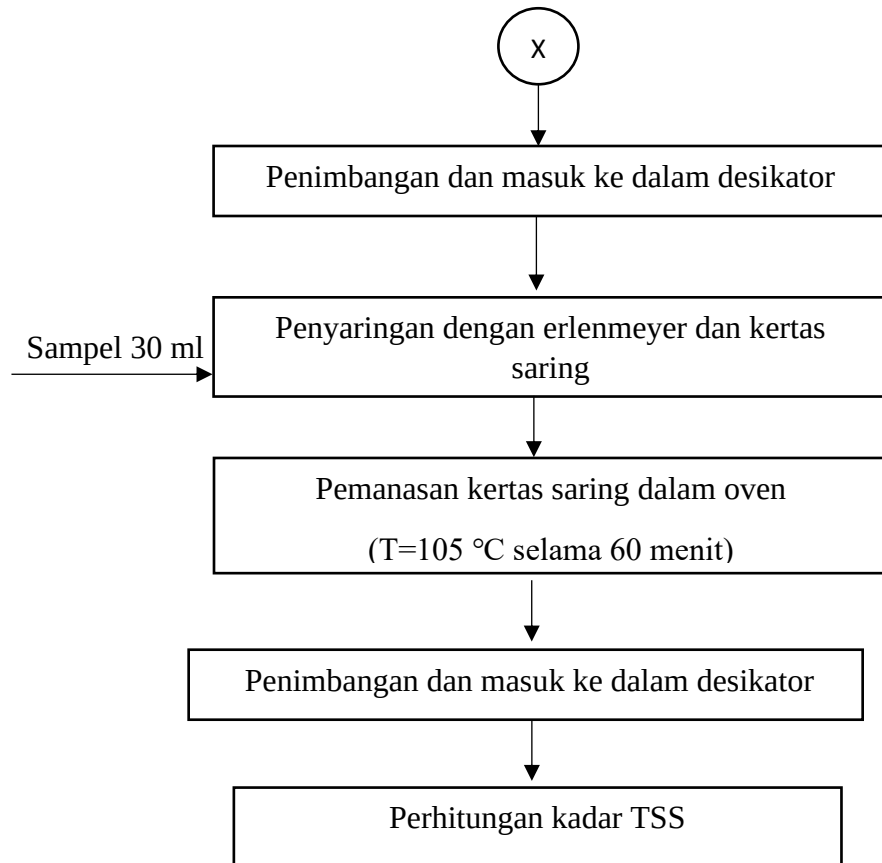
3.1.6 Analisis TDS



Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis TDS

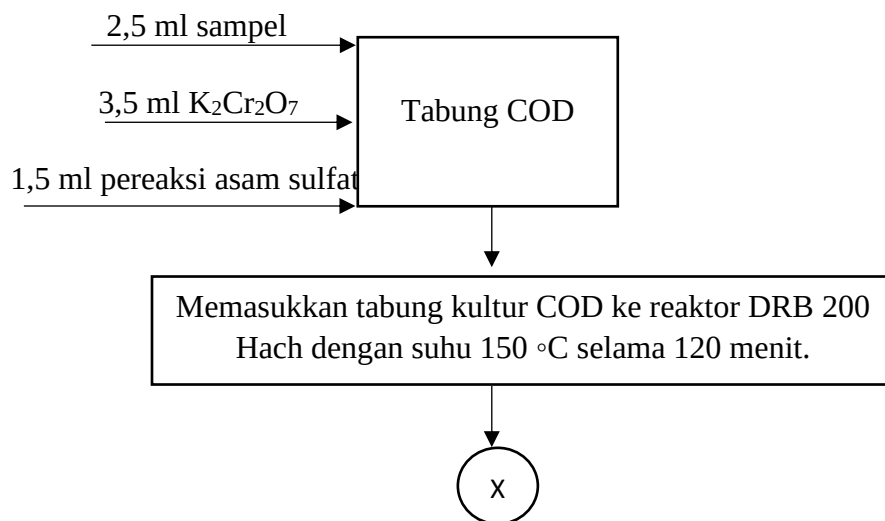
3.1.7 Analisis TSS

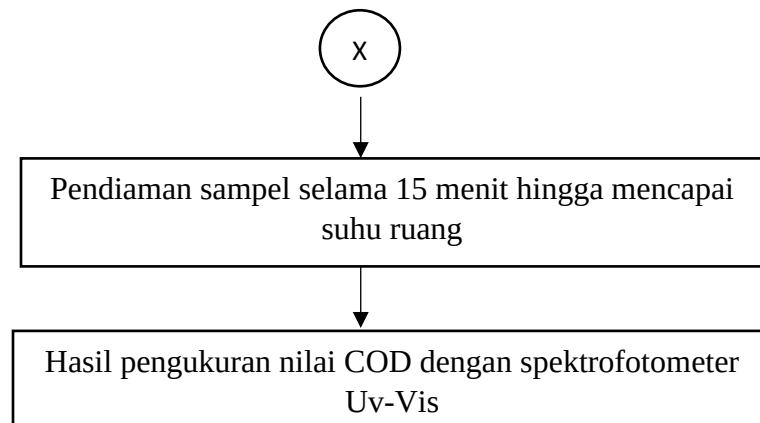




Gambar 3.7 Diagram Alir Analisis TSS

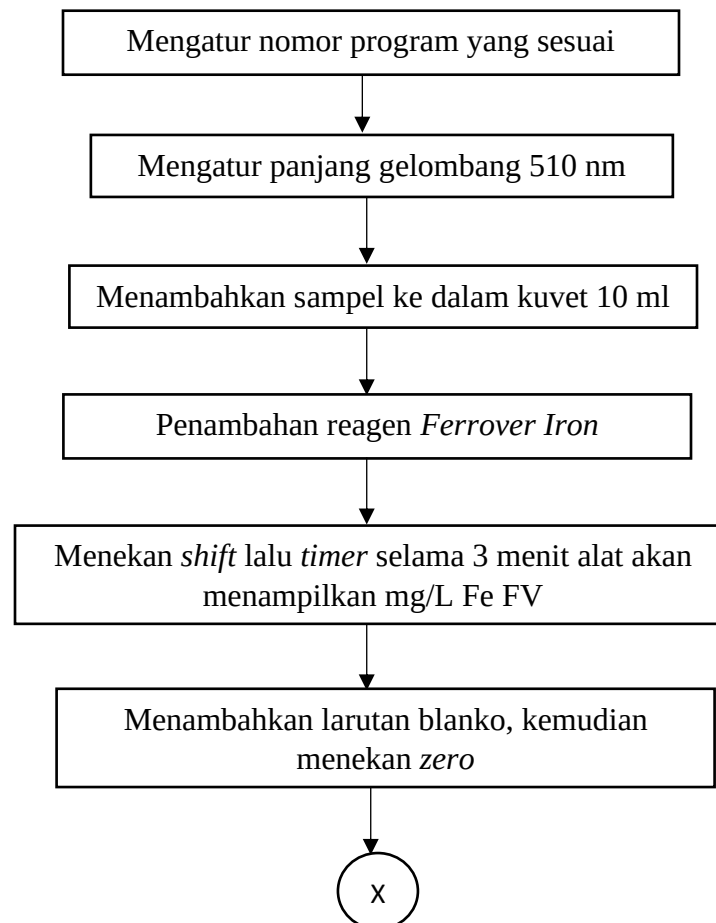
3.1.8 Analisis COD

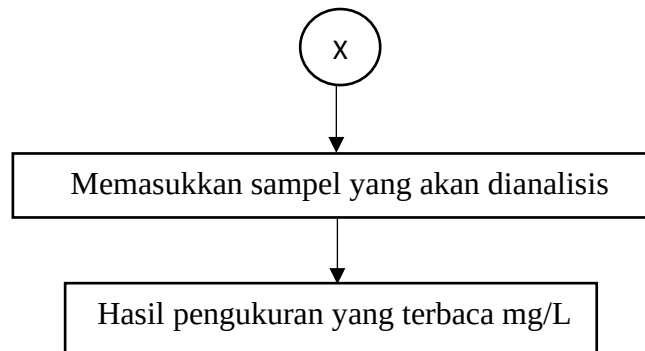




Gambar 3.8 Diagram Alir Analisis COD

3.1.9 Analisis Fe





Gambar 3.9 Diagram Alir Analisis Fe

3.2 Prosedur Penelitian

Berikut merupakan prosedur penelitian pada pengolahan air limbah laboratorium kimia dasar:

3.2.1 *Pre-treatment* Air Limbah

Proses *pre-treatment* dilakukan dengan mengencerkan air limbah laboratorium kimia dasar jenis logam dengan perbandingan (1: 4). Sebanyak 100 ml air limbah diencerkan dengan 400 ml aquades sampai diperoleh volume 500 ml air limbah. Air limbah yang telah diencerkan dilakukan uji parameter pH, TDS, TSS, COD, dan Fe.

3.2.2 Tahap Pembuatan Konsentrasi Koagulan 1 % dan Larutan Flokulan 0,1%

Menambahkan koagulan bubuk aluminium sulfat dan PAC masing-masing 5 g ke dalam 500 ml aquades. Selanjutnya, memasukkan flokulan bubuk polimer anionic sebanyak 0,5 g ke dalam 500 ml aquades. Koagulan dan flokulan yang telah ditambahkan masing-masing diaduk dengan *magnetic stirrer* bersuhu 30°C hingga tercampur sempurna selama 5 menit. Diperoleh koagulan 1 % dan flokulan 0,1 % sebanyak 500 ml.

3.2.3 Aerasi dan Netralisasi Air Limbah

Dalam tahapan ini dilakukan aerasi selama 30 menit dan tanpa aerasi setelah dilakukan pengenceran (1:4) air limbah. Setelah itu, air limbah dilakukan netralisasi pH menggunakan NaOH dengan rentang 7-8 agar koagulan bekerja secara optimal. Sampel yang telah dilakukan penambahan NaOH dilanjutkan proses koagulasi-flokulasi. Air limbah yang tidak dilakukan aerasi setelah melalui pengenceran, langsung dilakukan netralisasi pH dan koagulasi-flokulasi. Jika netralisasi pH air limbah kurang tepat, maka hasil yang diperoleh kurang akurat.

3.2.4 Proses Koagulasi-Flokulasi

Menyiapkan masing-masing gelas beker berisi sampel air limbah sebanyak 500 ml yang telah diaerasi selama 30 menit dan tanpa aerasi. Memberikan dan menamai label pada masing-masing gelas beker yang berisi sampel air limbah. Meletakkan masing-masing sampel ke alat uji dengan posisi *paddle* terendam sampel dan berjarak beberapa cm dari dinding gelas beker 1 L. Menyalakan alat *jar test* dengan menekan tombol *on*. Menambahkan koagulan PAC 1% dan aluminium sulfat 1% dengan dosis 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm dan 90 ppm, lalu mengatur kecepatan pengadukan koagulasi 100 rpm selama 2 menit. Menambahkan flokulan anionik 0,1 % dengan dosis 2 ppm, lalu menurunkan kecepatan pengadukan flokulasi menjadi 40 rpm selama 20 menit. Mendinginkan sampel selama 30 menit. Menguji parameter masing-masing sampel.

3.2.5 Analisis pH

Analisis pH dilakukan menggunakan pH meter. Menyalakan alat ukur pH meter. Membilas elektroda dengan akuades. Melakukan kalibrasi pH meter dengan larutan buffer. Setelah itu, memasukkan sampel air limbah ke dalam gelas beker sebanyak 200 mL. Mencelupkan elektroda pH meter ke dalam sampel. Menunggu

hingga hasil pembacaan yang diperlihatkan alat stabil. Mencatat nilai pH yang muncul.

3.2.6 Analisis TDS

Analisis kadar TDS dilakukan menggunakan TDS meter. Menyalakan alat ukur TDS meter. Membilas elektroda dengan aquades. Melakukan kalibrasi dengan larutan *TDS Calibration Solution*. Memasukkan elektroda TDS meter ke dalam sampel. Menunggu hingga hasil pembacaan yang diperlihatkan alat stabil. Mencatat hasil kadar TDS yang muncul.

3.2.7 Analisis TSS

a. Preparasi kertas saring

Menyiapkan kertas saring untuk diukur. Setelah itu, membentuk kertas saring seperti corong. Menyalakan oven hingga suhu 105°C. Memasukkan kertas saring dan cawan porselen ke dalam oven suhu 105°C selama 60 menit. Kemudian, mengeluarkan cawan porselen dan kertas saring dari oven dan memasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Mengeluarkan cawan porselen dan kertas saring dari desikator. Menimbang berat kertas saring. Mencatat hasil pengukuran berat kertas saring.

b. Pengukuran kertas saring dan endapan

Melakukan penyaringan dengan meletakkan kertas saring pada corong dan menuangkan sampel sebanyak 30 ml. Menuangkan 10 ml aquades pada kertas saring. Selanjutnya, memindahkan kertas saring ke cawan porselen dan memasukkan ke dalam oven bersuhu 105°C selama 60 menit. Mengeluarkan kertas saring beserta cawan yang telah di oven, kemudian memasukkan ke dalam desikator selama 15 menit. Menimbang berat kertas saring. Menghitung kadar TSS.

3.2.8 Analisis COD

Pengujian kadar COD dilakukan dengan menambahkan sampel air limbah sebanyak 2,5 ml, larutan $K_2Cr_2O_7$ 3,5 ml, dan pereaksi asam sulfat 1,5 ml (reagen Ag_2SO_4 ke dalam H_2SO_4 pekat) ke dalam tabung COD. Setelah reagen dan sampel tercampur, memanaskan sampel menggunakan COD reaktor DRB 200 HACH pada suhu $150^\circ C$ dan waktu 120 menit. Lalu, mendinginkan sampel selama 15 menit hingga mencapai suhu ruang. Selanjutnya, mengecek parameter COD menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 420 nm dan mencatat hasil yang muncul pada layar spektrofotometer UV-Vis.

3.2.9 Analisis Fe

Menyiapkan sampel yang akan diuji. Memasukkan nomor program untuk pengukuran kadar Fe yaitu 265. Mengatur panjang gelombang 510 nm. Memasukkan sampel sebanyak 10 ml ke dalam kuvet. Menambahkan reagen Fe berupa *Ferrover Iron* pada kuvet 10 ml. Menekan tombol *shift* dan *timer* selama 3 menit. Setelah 3 menit, alat akan berbunyi dan menampilkan mg/L Fe FV. Memasukkan larutan blanko berupa aquades, kemudian menekan *zero*. Memasukkan sampel yang akan dianalisis dan hasil yang terbaca mg/L.

3.3 Alat dan Bahan

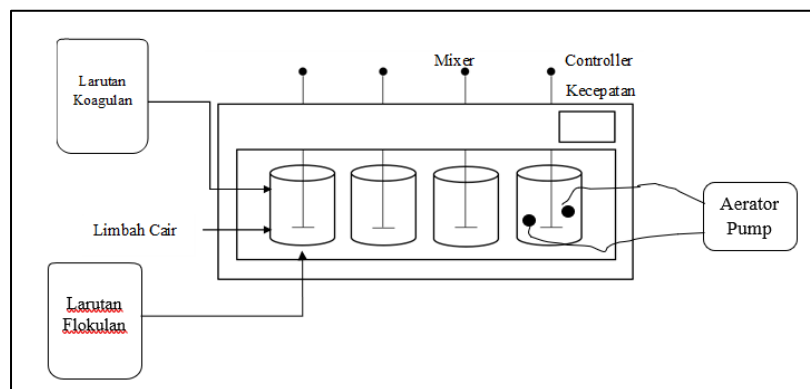
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah.

- | | |
|--------------------|--------|
| a. Aerator | 1 Buah |
| b. Batang Pengaduk | 2 Buah |
| c. Cawan Porselen | 4 Buah |

d. Corong Kaca	4 Buah
e. Desikator	1 Buah
f. Erlenmeyer 500 ml	4 Buah
g. Gelas Beker 200 ml	1 Buah
h. Gelas Beker 500 ml	2 Buah
i. Gelas Beker 1000 ml	4 Buah
j. Gelas Ukur 10 ml	2 Buah
k. <i>Jar test</i>	1 Buah
l. Jerigen	1 Buah
m. Kertas Saring	1 Buah (100 pcs)
n. <i>Magnetic Stirrer</i>	1 Buah
o. Penjepit	2 Buah
p. Pipet tetes	2 Buah
q. pH meter	1 Buah
r. <i>Reactor DRB</i>	1 Buah
s. Spatula	2 Buah
t. Spektrofotometer Uv-Vis	1 Buah
u. Tabung Kultur	6 Buah
v. TDS Meter	1 Buah
w. Timbangan Analitik	1 Buah



Gambar 3.10 Rangkaian Alat Aerasi dan Koagulasi-Flokulasi

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar FT Untirta 20 L
- b. Ag_2SO_4
- c. Aluminum Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) 500 g
- d. Aquades Murni
- e. Buffer pH
- f. H_2SO_4
- g. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
- h. Kertas label
- i. NaOH Cair 100 %
- j. Polimer Anionik 500 g
- k. Poly Aluminium Chloride (PAC) 500 g
- l. Reagen Besi *Ferover*
- m. *TDS Calibration Solution*

3.4 Metode Pengolahan dan Analisis Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengolahan air limbah laboratorium kimia dasar melalui proses aerasi dengan *aerator pump* dilanjutkan koagulasi-flokulasi menggunakan *jar test*. Setelah sampel diendapkan selama 30 menit, dilakukan uji parameter air limbah. Analisis parameter air limbah menggunakan pH meter untuk mengukur pH, desikator dan oven untuk mengukur TSS, dan TDS meter untuk mengukur TDS. Khusus untuk parameter COD dan Fe menggunakan spektrofotometer Uv-Vis.

3.5 Variabel Penelitian

Terdapat beberapa variabel penelitian yang digunakan, yaitu variabel tetap, variabel bebas, dan variabel terikat.

3.5.1 Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah volume air limbah 500 ml, pengadukan cepat 100 rpm selama 2 menit, pengadukan lambat 40 rpm selama 20 menit, dan waktu pengendapan selama 30 menit.

3.5.2 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah koagulan PAC 1 % dan aluminium sulfat $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 1 % dosis 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm dan 90 ppm, flokulan polimer anionik 0,1 % dosis 2 ppm, aerasi selama 30 menit, dan tanpa aerasi.

3.5.3 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah parameter pH, TDS, TSS, COD, dan Fe.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pra Koagulasi-Flokulasi

Penelitian ini dilakukan pengujian parameter awal air limbah untuk mengetahui keadaan awal air limbah Laboratorium Kimia Dasar FT UNTIRTA jenis logam dengan modul kesetimbangan kimia. Parameter yang diuji adalah pH, TDS, TSS, COD, dan Fe yang terkandung di dalam air limbah sebelum dilakukan pengolahan dengan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi. Secara fisik, air limbah memiliki aroma yang menyengat dan warna limbah yang berwarna coklat pekat, seperti pada gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Air Limbah Awal Kimia Dasar

Parameter pH, TDS, TSS, COD, dan Fe yang terkandung dalam air limbah sebelum koagulasi-flokulasi seperti pada tabel 4.1 berikut.

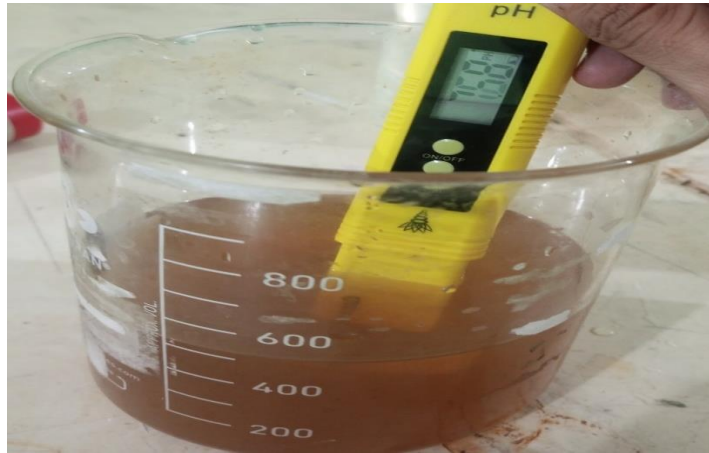
Tabel 4.1 Air Limbah Sebelum Koagulasi-Flokulasi

Analisis awal	pH	TSS (ppm)	COD (ppm)	TDS (ppm)	Fe (ppm)
Air Limbah Awal Kimia Dasar (logam berat)	1,35	3850	2544,02	4125	738,9
Air Limbah Setelah Pengenceran	2,24	1353,33	1047,12	3170	277,35
Air Limbah Setelah Pengenceran dan Aerasi	2,72	866,5	1000,6	2460	0,094

Sampel yang diuji bersumber dari laboratorium kimia dasar dengan modul kesetimbangan kimia yang mengandung besi (III) nitrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$), besi (III) tiosinat ($\text{Fe}(\text{SCN})_3$), ferro ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$), kalium iodida (KI), dll. Air limbah tersebut dicampur hingga kandungannya tercampur merata, kemudian ditampung di dalam jerigen dan diperoleh volume yang cukup banyak untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Air limbah yang akan diteliti belum melalui proses pengolahan baik secara kimia, fisika, atau biologi sehingga kandungannya masih sangat tinggi. Air limbah dilakukan proses *pre-treatment* dengan pengenceran (1:4). Karena nilai pH air limbah masih 2,24, perlu dinetralisasi menggunakan NaOH rentang 7-8 agar koagulan bekerja secara optimal.



(a)

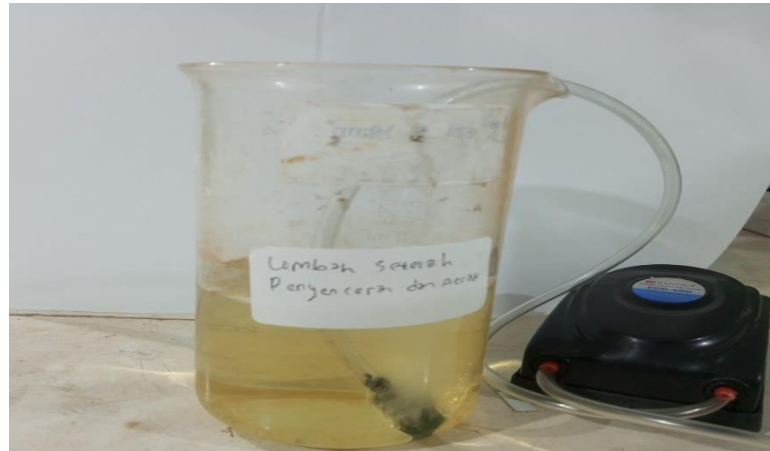


(b)

Gambar 4.2 (a) Air Limbah Setelah Pengenceran, **(b)** Air Limbah Setelah Penambahan NaOH

Pengenceran dapat mempengaruhi hasil pengolahan air limbah. Pengenceran memiliki prinsip menurunnya rasio suatu zat terlarut di dalam larutan akibat penambahan pelarut. Secara teknis, pengenceran berarti menambahkan pelarut ke dalam larutan pekat yang berkonsentrasi tinggi dan mencampurkannya hingga merata untuk mendapatkan volume akhir yang besar. Pengenceran bertujuan untuk mengurangi konsentrasi parameter air limbah yang sangat tinggi, seperti TDS, TSS, COD, dan Fe. Jika tidak dilakukan pengenceran terlebih dahulu, konsentrasi parameter yang tinggi tidak turun secara signifikan (Raimon, 2011).

Selain pengenceran, penambahan NaOH juga dapat meningkatkan nilai pH air limbah. NaOH merupakan senyawa yang bersifat basa, memiliki kelarutan yang baik terhadap air, mudah mengendapkan logam berat, dll. Pengendapan logam berat pada air limbah sangat dipengaruhi oleh pH. Penambahan basa kuat pada air limbah dapat mengubah logam yang mudah larut menjadi sukar larut. Logam berat yang mengendap membentuk logam hidroksida (Nurhayati dkk, 2020).



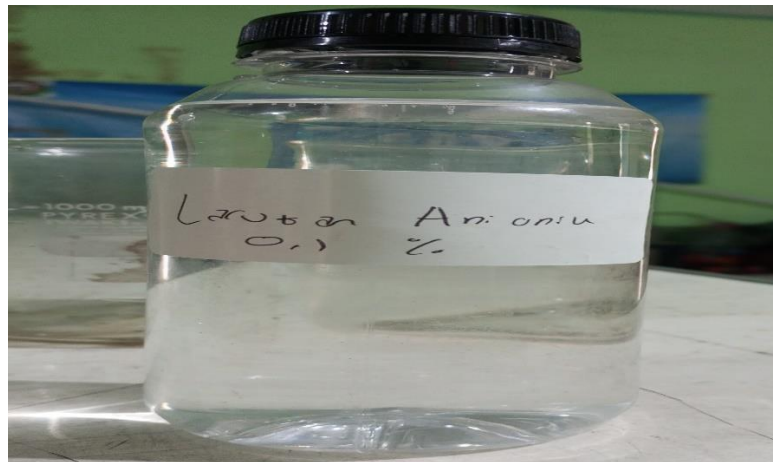
Gambar 4.3 Aerasi Air Limbah

Aerasi adalah proses melarutkan oksigen ke dalam air. Efektivitas dari aerasi tergantung dari luas permukaan air yang berkontak secara langsung dengan udara. Aerasi digunakan untuk mengoksidasi logam berat seperti besi dan mangan yang terkandung dalam air, kandungan bahan organik, zat warna, kekeruhan, dan mereduksi amonia melalui proses nitrifikasi. Ion logam yang terkandung seperti besi dan mangan akan mengalami oksidasi membentuk endapan sehingga dapat dihilangkan dengan filtrasi dan sedimentasi (Komala dan Aziz, 2019).



Gambar 4.4 PAC dan Aluminium Sulfat

Pemilihan flokulan 0,1 % dan koagulan 1 % dalam penelitian ini untuk memastikan pencampuran yang baik dan efisiensi dalam mengurangi polutan yang terdapat dalam air limbah. Konsentrasi koagulan 1 % berarti 5 g bubuk aluminium sulfat dan PAC dilarutkan ke dalam 500 ml air, sementara flokulan 0,1 % berarti 500 mg bubuk polimer anionik dilarutkan ke dalam 500 ml. Pemilihan konsentrasi berdasarkan pada kebutuhan untuk menurunkan kadar polutan yang tinggi dalam air limbah terutama untuk parameter TDS, TSS, COD, dan Fe. Penambahan dosis koagulan dan flokulan sesuai kebutuhan agar proses koagulasi-flokulasi dapat berjalan dengan baik (Sabilina dkk, 2018).



Gambar 4.5 Polimer Anionik

Penelitian yang dilakukan menggunakan koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC), sedangkan flokulan yang digunakan adalah polimer anionik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nur dan Ningsih (2020) dalam mengolah limbah industri farmasi, penelitian tersebut menggunakan flokulan polimer kationik dan anionik. Diperoleh hasil yang optimum pada olahan limbah dengan flokulan polimer anionik. Penggunaan flokulan polimer anionik lebih mengikat flok yang terkandung dan membuat air yang terdapat di dalam limbah lebih jernih daripada flokulan polimer kationik.

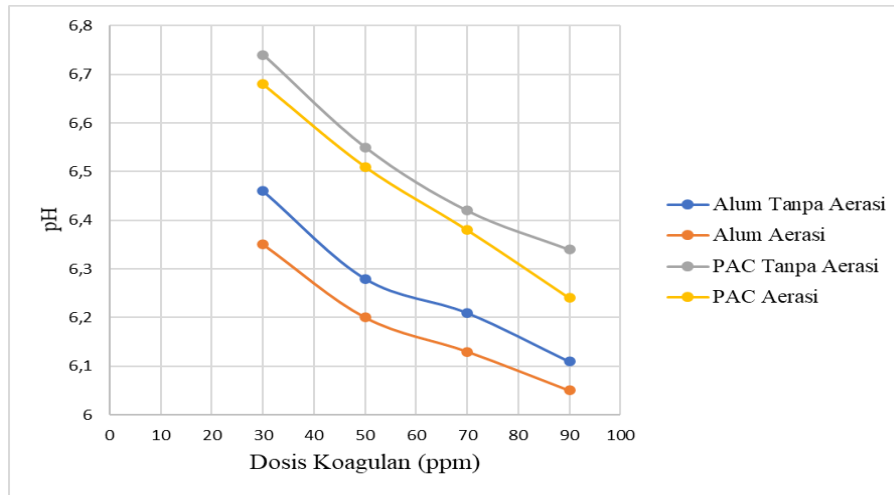
4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH

pH air limbah yang rendah (bersifat asam) dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Penggunaan bahan kimia yang bersifat asam, seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3), asam klorida (HCl), dll. Beberapa reaksi kimia dalam laboratorium menghasilkan produk samping berupa asam, misalnya reaksi oksidasi atau reduksi menghasilkan ion H^+ yang meningkatkan keasaman air. Air limbah juga mengandung bahan organik yang mengalami dekomposisi mikroba yang menghasilkan senyawa asam larut dalam air dan membentuk ion karbonat. Selain itu, terdapat kandungan besi (Fe) dalam pipa atau peralatan laboratorium menyebabkan korosi yang dapat menghasilkan ion logam dan produk samping bersifat asam sehingga menurunkan pH air limbah (Wijayanti dkk, 2024). Maka dari itu, perlu dilakukan netralisasi pH awal air limbah yang asam 2,24 menjadi rentang 7-8 untuk mengoptimalkan proses koagulasi-flokulasi.

Tabel 4.2 Penurunan Nilai pH

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	pH	6,46	6,28	6,21	6,11
	Aerasi 30 menit		6,35	6,2	6,13	6,05
PAC	Tanpa Aerasi		6,74	6,55	6,42	6,34
	Aerasi 30 menit		6,68	6,51	6,38	6,24

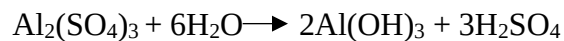
Setelah diperoleh data penurunan nilai pH, dapat diplot grafik dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.

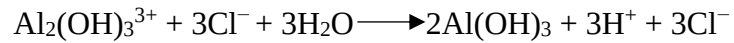
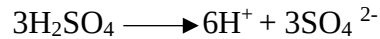


Gambar 4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH

Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa pH air limbah semakin menurun dengan banyaknya penambahan dosis koagulan PAC dan aluminium sulfat tanpa aerasi dan dengan aerasi. Penambahan koagulan aluminium sulfat terjadi penurunan yang lebih tinggi daripada koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dengan aerasi dan tanpa aerasi. Hal tersebut dikarenakan penambahan dosis koagulan pada air limbah menunjukkan adanya perubahan warna dan kekeruhan. Selain itu, aerasi dapat meningkatkan pH air limbah karena menyisihkan gas terlarut CO_2 di dalam air. Maka dari itu, pH air limbah tidak turun drastis setelah dilakukan koagulasi-flokulasi (Komala dan Aziz, 2019).

Nilai pH hasil koagulasi-flokulasi mengalami penurunan disebabkan penambahan koagulan sehingga menjadi lebih asam. Hal ini sesuai pernyataan Zakaria dkk, (2021) bahwa penambahan koagulan menyebabkan terjadinya reaksi antara air dengan struktur kimia koagulan. Hal tersebut menyebabkan adanya molekul air yang terpecah menjadi ion OH^- dan H^+ . Kandungan ion H^+ tersebut dapat menurunkan pH air limbah. Reaksi yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut:





Menurut Susilo dan Finela, (2022) pH air limbah semakin menurun sebanding dengan banyaknya dosis koagulan aluminium sulfat yang ditambahkan. Sebaliknya, pemberian dosis aluminium sulfat yang sedikit menyebabkan semakin kecil penurunan pH air limbah. Hal tersebut bahwa aluminium sulfat tergolong garam kapur yang tidak memiliki ion H^+ dan tidak dapat menurunkan pH air limbah secara langsung. Senyawa tersebut perlu ditambahkan ke dalam air untuk membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Asam sulfat tersebut menyebabkan pH pada air limbah turun dengan pelepasan ion H^+ yang terdapat di reaksinya. Reaksi hidrolisis aluminium sulfat melepaskan ion H^+ sebanyak 6.

Selain itu, menurut Nur dan Ningsih (2020) reaksi hidrolisis Poly Aluminium Chloride (PAC) melepaskan ion H^+ sebanyak 3. Ion ini menyebabkan pH air menjadi lebih asam dari sebelumnya. Selain ion H^+ , kandungan basa yang terdapat pada koagulan PAC menambahkan gugus hidroksil sehingga nilai pH tidak terlalu turun drastis daripada koagulan Aluminium Sulfat. Dari pernyataan tersebut baik dengan aerasi dan tanpa aerasi, pH air limbah setelah penambahan koagulan aluminium sulfat lebih asam dibandingkan dengan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC).

Pengolahan air limbah dengan aerasi dan tanpa aerasi untuk parameter pH sudah memenuhi baku mutu air limbah sesuai Permen-LH-No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII yaitu 6 – 9. Diperoleh pH air limbah setelah pengolahan dengan rentang keseleruhan 6,05 – 6,74.

4.3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS

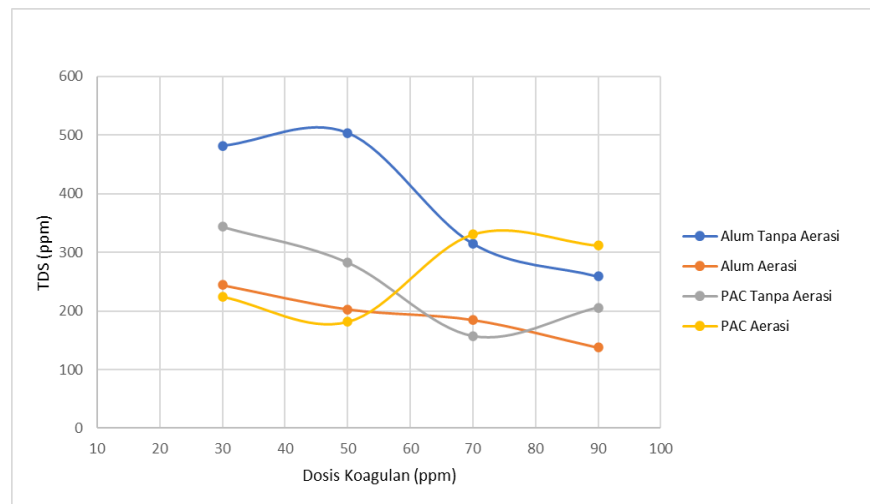
Tingginya kadar TDS dalam air limbah dapat disebabkan oleh beberapa faktor. pH air limbah menjadi salah satu penyebab tingginya kadar TDS. Ion-ion logam yang larut dalam air pada pH rendah menyebabkan kadar TDS menjadi tinggi. Limbah

laboratorium yang mempunyai karakteristik bahan kimia yang tinggi memiliki pengaruh terhadap perubahan pH (Nurhayati dkk, 2018). Hasil penyaringan cairan yang diperoleh (filtrat) dari tiap variasi diukur menggunakan TDS meter. Pengaruh dosis koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi terhadap penyisihan kadar TDS ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Penyisihan Kadar TDS

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	TDS	482	504	315	259
	Aerasi 30 menit		244	203	185	141
PAC	Tanpa Aerasi		344	283	157	206
	Aerasi 30 menit		225	182	331	312

Setelah diperoleh data penyisihan kadar TDS, dapat diplot grafik kedua koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.



Gambar 4.7 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS

Berdasarkan grafik tersebut, diperoleh pengaruh dosis koagulan terhadap penyisihan kadar TDS tanpa aerasi dan dengan aerasi. Semakin tinggi dosis koagulan, maka kadar TDS cenderung semakin menurun. Menurut Zakaria dkk, (2021) penambahan koagulan merupakan adanya pelepasan kation untuk menetralkan muatan negatif koloid yang terdapat di dalam air sehingga terjadi gaya Van Der Waals atau tarik menarik-menarik yang mengakibatkan partikel koloid terflokulasi. Penambahan dosis yang berlebihan pada koagulan PAC dan aluminium sulfat menyebabkan terjadinya pelepasan kation berlebih daripada yang dibutuhkan koloid di dalam air bermuatan anion untuk saling berikatan membentuk flok. Akibatnya, penyerapan kation berlebih oleh partikel koloid sehingga koloid memiliki muatan positif dan terjadi gaya tolak-menolak yang mengakibatkan deflokulasi ditandai dengan meningkatnya kadar TDS.

Berdasarkan hasil penyisihan kadar TDS, diperoleh dosis optimum penggunaan koagulan PAC dan aluminium sulfat. Koagulan aluminium sulfat 90 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 91,82 % dan koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 95,64 %. Selanjutnya, koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 95,04 % dan koagulan PAC 50 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TDS 94,25 %. Penambahan koagulan aluminium sulfat dengan aerasi menunjukkan efisiensi penyisihan kadar TDS lebih tinggi dibandingkan dengan koagulan PAC. Maka dari itu, penyisihan kadar TDS paling optimum menggunakan koagulan aluminium sulfat.

Hasil analisis kadar TDS dengan koagulan PAC dan aluminium sulfat sudah mengalami penyisihan yang tinggi sehingga memenuhi standar baku mutu Permen LH No.5 Tahun 2014 Lampiran XLVII tentang baku mutu air limbah usaha dan/atau kegiatan yang belum ditetapkan. Standar baku mutu kadar TDS yang diperbolehkan yaitu golongan I rentang 0-2000 ppm.

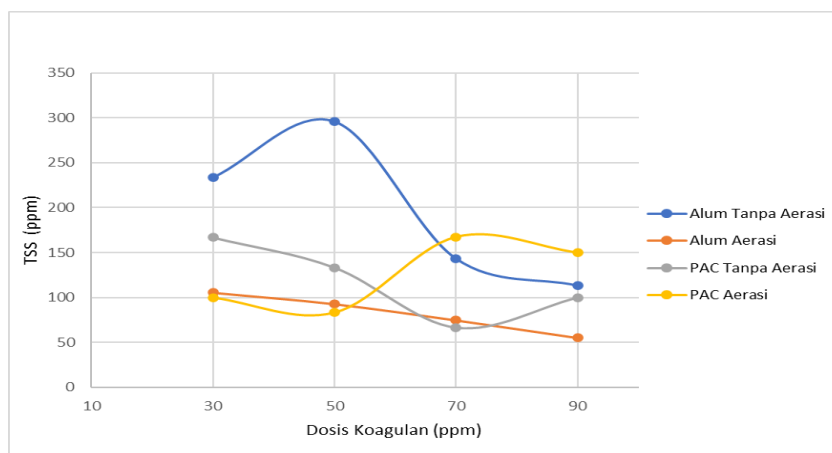
4.4 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik. Dampak buruk yang ditimbulkan dari bahan organik yang tersuspensi di dalam air menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme *producer*. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya penetrasi matahari ke dalam badan air sehingga kekeruhan air meningkat (Riskawanti dkk, 2016). Penyisihan kadar TSS setelah dilakukan koagulasi-flokulasi dapat dilihat seperti tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Penyisihan Kadar TSS

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	TSS	233,33	295,66	143,33	113,33
	Aerasi 30 menit		105,53	92,78	74,66	55
PAC	Tanpa Aerasi		166,66	133,33	66,66	100
	Aerasi 30 menit		99,98	83,33	167,33	150

Setelah diperoleh data penyisihan kadar TSS, dapat diplot grafik dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.



Gambar 4.8 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS

Berdasarkan grafik tersebut, kadar TSS cenderung mengalami penurunan dengan penambahan kedua koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi. Penambahan dosis koagulan menyebabkan partikel koloid saling berikatan membentuk flok dengan jumlah yang banyak. Flok yang mengendap setelah koagulasi-flokulasi menandakan kadar TSS menurun. Kadar TSS yang kembali meningkat setelah koagulasi-flokulasi disebabkan dosis yang diberikan berlebihan sehingga gaya elektrostatis atau tarik-menarik antara koloid yang bergabung menjadi flok berukuran sangat besar dan menyebabkan ikatan rusak. Hal tersebut mengakibatkan partikel koloid mengalami restabilisasi sehingga kadar TSS kembali meningkat (Tantri dkk, 2022).

Berdasarkan hasil analisis kadar TSS, diperoleh dosis optimum koagulan aluminium sulfat dan PAC. Koagulan aluminium sulfat 90 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 91,62 % dan koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 95,93 %. Koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 95,07 % dan koagulan PAC 50 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar TSS 93,84 %. Penyisihan kadar TSS paling optimum adalah menggunakan koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi dan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi. Maka dari itu, koagulan aluminium sulfat mampu menurunkan kadar TSS sampai terkecil.

Koagulan aluminium sulfat lebih efektif daripada PAC hal ini sesuai penelitian Zaimaturahmi dkk, (2023) bahwa aluminium sulfat dikenal sebagai koagulator yang memiliki kemampuan dalam menjernihkan air dengan proses penggumpalan dan dapat mengendapkan partikel yang melayang atau tersuspensi. Selain itu, aluminium sulfat disebut sebagai koagulan yang mampu mengentalkan kotoran sehingga air hasil koagulasi-flokulasi menjadi jernih. Penggunaan kedua koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi mampu menurunkan kadar TSS sampai terkecil. Terdapat 2 hasil kadar TSS yang belum memenuhi standar baku mutu air limbah Permen LH No.5 Tahun 2014 golongan I yaitu 233,33 ppm dan 295,66 ppm.

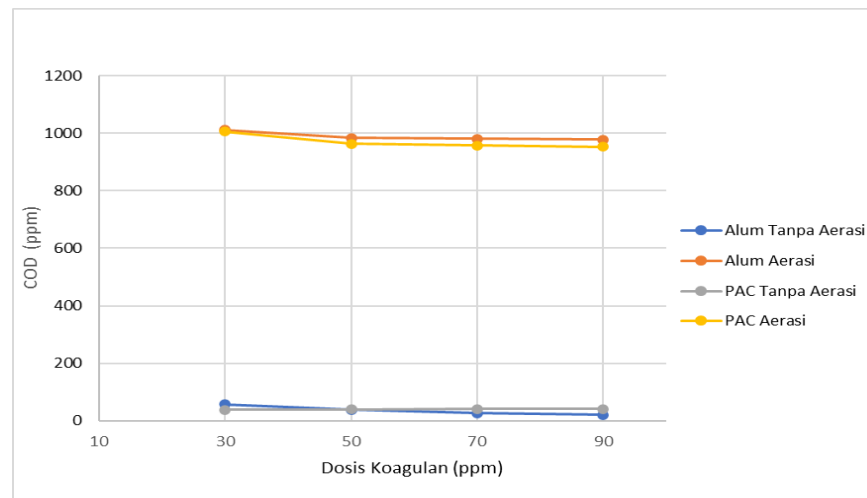
4.5 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD

Berdasarkan hasil pengujian air limbah awal, diperoleh kadar COD yang melewati baku mutu sebesar 2544,2 ppm. Kadar COD yang tinggi disebabkan tingginya kandungan bahan organik, penggunaan bahan kimia yang tidak mudah mengurai secara biologis, dan logam berat di dalam air limbah yang dapat mempengaruhi kemampuan oksidasi dalam pengolahan air limbah. Kadar COD yang tinggi menyebabkan oksigen yang terkandung di dalam air semakin berkurang. Penyisihan kadar COD dapat membuat kualitas air menjadi lebih baik (Andika dkk, 2020). Penelitian yang dilakukan menggunakan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi dengan koagulan PAC dan aluminium sulfat. Penyisihan kadar COD dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Penyisihan Kadar COD

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	COD	57,19	38,76	27,4	21,34
	Aerasi 30 menit		1011,2	984	980,6	978
PAC	Tanpa Aerasi		37,92	39,38	40,89	41,8
	Aerasi 30 menit		1005,4	962,7	956,75	953,2

Setelah diperoleh data penyisihan kadar COD, dapat diplot grafik dari kedua jenis koagulan dengan aerasi dan tanpa aerasi sebagai berikut.



Gambar 4.9 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD

Berdasarkan grafik tersebut, dapat dilihat pengaruh penambahan dosis koagulan terhadap penyisihan kadar COD tanpa aerasi dan dengan aerasi. Semakin besar dosis koagulan yang ditambahkan, maka semakin kecil kadar COD. Penyisihan kandungan bahan-bahan organik air limbah mengakibatkan turunnya konsentrasi COD. Partikel yang bersifat organik memiliki muatan anion dan banyaknya koagulan-flokulan yang ditambahkan akan membentuk mikroflokk hingga akhirnya berikatan membentuk partikel yang berukuran lebih besar (Sabilina dkk, 2019).

Berdasarkan hasil tersebut, penurunan kadar COD yang optimum dengan menggunakan koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi. Hal tersebut kurang sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bahwa aerasi menggunakan koagulan PAC dan aluminium sulfat seharusnya menurunkan kadar COD sampai terkecil. Hal tersebut disebabkan oksigen yang dilarutkan ke dalam air dapat menguraikan bahan organik yang terkandung di dalam air limbah. Selain itu, aerasi juga memanfaatkan bakteri aerob untuk menurunkan kadar COD air limbah. Bakteri aerob adalah bakteri yang memanfaatkan oksigen bebas untuk menguraikan bahan organik. Bakteri aerob dapat bekerja secara optimal dengan adanya ketersediaan oksigen yang cukup selama proses metabolisme dan bermanfaat untuk menurunkan

kadar zat organik pada air limbah. Oksigen juga berperan untuk membantu proses oksidasi kimia dan menghilangkan bau berlebihan. Kadar COD yang masih tinggi setelah proses aerasi disebabkan adanya faktor pengenceran dan netralisasi yang kurang akurat sehingga bakteri kurang bekerja secara optimal pada pH tersebut (Vitricia dkk, 2022).

Berdasarkan hasil penyisihan kadar COD, diperoleh dosis optimum koagulan aluminium sulfat dan Poli Aluminium Chloride (PAC). Koagulan aluminium sulfat 90 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar COD 97,96 % dan koagulan PAC 70 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan COD 96,37 %. Dosis koagulan tersebut optimum karena mampu menurunkan kadar COD paling tinggi. Koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi lebih efektif daripada PAC dalam menurunkan kadar COD air limbah. Walaupun kadar COD setelah aerasi masih sangat besar, variasi tanpa aerasi masih sesuai baku mutu. Oleh karena itu, perlu diperhatikan proses perlakuan awal air limbah sebelum ke proses koagulasi-flokulasi agar kadar COD setelah pengolahan sesuai yang diharapkan.

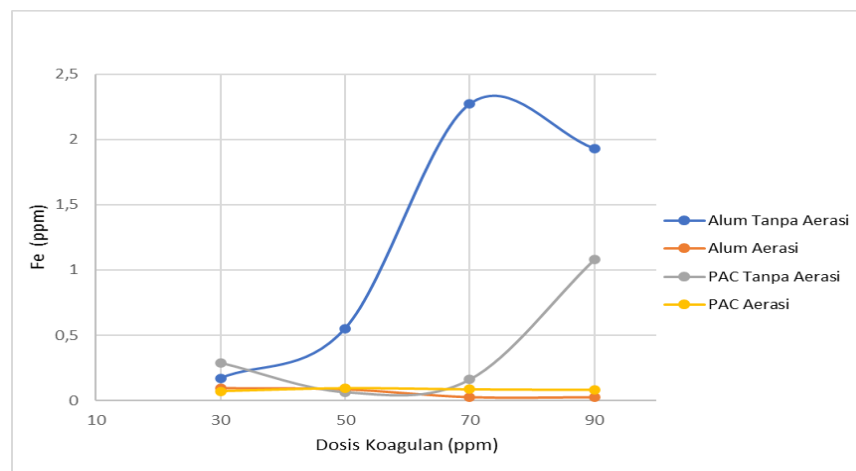
4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe

Kadar Fe yang tinggi pada air limbah disebabkan oleh beberapa faktor. Penggunaan bahan kimia mengandung ion Fe yang digunakan sebagai reagen untuk uji sampel, seperti besi (III) nitrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$), besi (III) tiosinat ($\text{Fe}(\text{SCN})_3$), ferro ammonium sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$), dll. Selain itu, terdapat bakteri seperti *Crenothrix* dan *Gallionella* yang menggunakan Fe^{2+} sebagai sumber energi, kemudian mengendapkan Fe^{3+} di lingkungan, berkontribusi pada tingginya kadar besi di perairan dan pada pH air limbah yang rendah (asam). Hal tersebut menyebabkan kadar Fe lebih mudah larut dan menjadi lebih tinggi di perairan. Dengan dilakukannya metode aerasi dan koagulasi-flokulasi, dapat menurunkan kadar Fe sampai terkecil. Penyisihan kadar Fe dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Penyisihan Kadar Fe

Jenis Koagulan	Kondisi Limbah	Parameter Analisis	Dosis Koagulan (ppm)			
			30	50	70	90
Aluminium Sulfat	Tanpa Aerasi	Fe	0,17	0,55	2,27	1,93
	Aerasi 30 menit		0,093	0,084	0,025	0,024
PAC	Tanpa Aerasi		0,29	0,064	0,16	1,08
	Aerasi 30 menit		0,072	0,096	0,086	0,082

Berdasarkan hasil penyisihan kadar Fe, penggunaan koagulan aluminium sulfat lebih efektif dalam menurunkan kadar logam Fe dengan aerasi dan tanpa aerasi. Selain itu, efektivitas aerasi lebih tinggi dalam menurunkan kadar Fe pada kedua koagulan. Aerasi dapat menurunkan kadar Fe di dalam air. Aerasi bekerja dengan cara mengoksidasi ion Fe^{2+} (ferro) menjadi Fe^{3+} (ferri). Besi dalam bentuk Fe^{2+} bersifat larut dalam air, namun setelah dioksidasi menjadi Fe^{3+} , besi tersebut akan membentuk senyawa Fe_2O_3 (oksida besi) yang dapat mengendap. Endapan ini kemudian dapat dipisahkan dari air melalui filtrasi atau sedimentasi (Komala dan Aziz, 2019).

**Gambar 4.10** Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe

Berdasarkan grafik tersebut, kadar Fe cenderung mengalami penurunan setelah koagulasi-flokulasi dengan penambahan kedua koagulan dengan aerasi dan cenderung meningkat tanpa aerasi. Semakin banyaknya dosis koagulan dan flokulan yang ditambahkan, maka semakin tinggi penyisihan kadar Fe. Kadar Fe yang kembali meningkat setelah ditambahkan koagulan disebabkan pemberian dosis berlebih yang akan berubah menjadi pengotor di dalam air limbah. Dosis koagulan yang berlebihan mengakibatkan ion kation berlebih tersuspensi yang menyebabkan kembalinya muatan (restabilisasi) oleh partikel koloid. Hal tersebut adanya adsorpsi *counter* ion atau ion lawan yang merupakan kation. Ketika terlalu banyak *counter* ion yang terserap oleh partikel koloid, muatan akan menjadi positif dan partikel-partikel saling tolak-menolak. Hal tersebut akan mencegah gaya Van Der Waals bekerja. Selain itu, hasil yang diperoleh dengan penambahan dosis koagulan rendah menghasilkan flok berukuran kecil yang mengakibatkan partikel koloid sedikit terjerat. Hal tersebut menurunkan efisiensi mekanisme *sweep flocculation* (Wulan dkk, 2010).

Berdasarkan hasil penyisihan kadar Fe, diperoleh dosis optimum koagulan aluminium sulfat dan Poli Aluminium Chloride (PAC). Koagulan aluminium sulfat 30 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,93 % dan koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,99 %. Penambahan koagulan PAC 50 ppm tanpa aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,976 % dan koagulan PAC 30 ppm dengan aerasi diperoleh efisiensi penyisihan kadar Fe 99,974 %. Penggunaan koagulan PAC dan aluminium sulfat dengan aerasi optimum dalam menurunkan kadar Fe. Akan tetapi, penggunaan koagulan aluminium sulfat dengan aerasi dan tanpa aerasi lebih optimum dalam menurunkan kadar Fe lebih.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Penambahan koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC) baik tanpa aerasi dan dengan aerasi mampu menurunkan parameter TDS, TSS, COD, Fe dan menaikkan pH air limbah.
2. Berdasarkan hasil penelitian, koagulan aluminium sulfat lebih efektif daripada PAC dalam menurunkan parameter air limbah laboratorium kimia dasar.
3. Efisiensi penyisihan tertinggi dari masing-masing parameter sebagai berikut:
 - a. pH terjadi penurunan 7,65 menjadi 6,74 dengan koagulan PAC 30 ppm tanpa aerasi.
 - b. TDS 95,64 %, koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi.
 - c. TSS 95,93 % , koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi.
 - d. COD 97,96 %, koagulan aluminium sulfat 90 ppm tanpa aerasi.
 - e. Fe 99,99 %, koagulan aluminium sulfat 90 ppm dengan aerasi.

5.2 Saran

Berikut adalah saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Menambah variasi-variasi baru (kecepatan dan waktu pengadukan, dll) guna untuk mendapatkan hasil olahan air limbah yang lebih baik.
2. Mencoba menggunakan koagulan dan flokulan bahan kimia jenis lain untuk mendapatkan biaya penggunaan yang lebih ekonomis.

3. Mencoba menggunakan basa jenis lain untuk mempercepat netralisasi air limbah dan pengenceran dengan perbandingan yang lebih rendah.
4. Mengukur pH air limbah setelah aerasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhlaque, S. ae. al. (2017). *Wastewater Treatment by Aeration Method*. International Journal of Creative Research Thoughts. Everest College of Engineering and Technology, Aurangabad, India, 5(4), 869-874.
- Andhika, B., Wahyuningsih, P., dan Fajri, R. 2020. *Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Bahan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan*. Jurnal Sains Dan Terapan, 2(1),14-22.
- Anzar, E., 2018. *Pengolahan Limbah Cair Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Alat Jarrest Untuk Penurunan Kadar Logam Fe Pada Laboratorium Pengendalian Pencemaran*. Jurnal Teknologi dan Manajemen Pengelolaan Laboratorium.1(1).23-27.
- Asmiyarna, L., Daud, S., dan Darmayanti, L. 2021. *Pengaruh Dosis Koagulan Belimbing Wuluh Serta Pengaruh pH Dalam Menyisihkan Warna dan Zat Organik pada Air Gambut*. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik.8(1):1-5.
- Chong, M. (2012). *Direct flocculation process for wastewater treatment*". In: Sharma, S.K.; Sanghi, Rashmi," *Advances in Water Treatment and Pollution Prevention*", 1st Ed., Springer Netherlands, Dordrecht, 2012.
- Fadhila, Y. R., Ihsan, dan Sahara. 2018. *Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Dengan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi, Filtrasi, Dan Pengikatan Logam Dengan Asam Jawa*. Jurnal Fisika dan Terapannya. 1(5):72-81.
- Hammer. (1986). *Water and Wastewater Technology*. John Wiley and Sons. New York.

- Harahap, M. R., Amanda, L. D., dan Matondang, A. H. 2020. *Analisis Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS*. Ar-Raniry Chemistry Journal. 2(2): 79-83.
- Iwuozor, K. O. (2019). *Prospects and challenges of using coagulation-flocculation method in the treatment of effluents*. Advanced Journal of Chemistry-Section A, 2(2): 105-127.
- Komala, R., dan Aziz, S. 2019. *Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik*. Jurnal Redoks, 4(2):7-16.
- Martini, Sri., Yuliwati, E., dan Kharismadewi, D. 2020. *Pembuatan Teknologi Limbah Cair Industri*. Jurnal Distilasi. 5(2): 26-33.
- Nasriyanti, D. (2020). *Aktivitas Koagulasi Ekstrak NaCl Biji Lamtoro (Leucaena leucocephala) dan Biji Turi (Sesbania grandiflora) dalam Pengolahan Air Sungai Selokan Mataram*. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
- Nur, M. F. M. R., dan Ningsih, E. 2020, September. *Kombinasi Koagulan dan Flokulan dalam Pengolahan Air Limbah Industri Farmasi*. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. 1(1): 339-344.
- Nurhayati, I., Vigiani, S., dan Majid, D. 2020. *Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), COD, Dan BOD Limbah Cair Laboratorium Dengan Pengenceran, Koagulasi Dan Adsorpsi*. Jurnal Ilmu Lingkungan. 14(1): 74-87.
- Nurhayati, I., Sugito, dan Pertiwi, A. 2018. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Adsorpsi Dan Pre-treatment Netralisasi Dan Koagulasi*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. 10(2): 125-138.

Permen LH-5-2014 *tentang-Baku-Mutu-Air-Limbah.pdf*.

Prameswara, M. I., dan Sa'diyah, K. 2024. *Pengaruh Rasio Penambahan Aluminium Sulfat Pada Pengolahan Limbah Cair Pusat Perbelanjaan Secara Koagulasi-Flokulasi*. DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi, 10(1): 219-232.

Raimon, R. 2011. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium Terpadu dengan Sistem Kontinyu*. Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 22(2): 18-27.

Ramayanti, D., dan Amna, U. 2019. *Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (Potential Hydrogen) Limbah Cair Di PT.Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe*. Jurnal Kimia Sains dan Terapan. 1(1): 16-21.

Riskawanti, dkk. 2016. *Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Metode Koagulasi Dan Flokulasi Menggunakan Aluminium Sulfat, Ferri Klorida, Dan Poli Aluminium Klorida (PAC)*. Biopropal Industri, 7(1): 17-25.

Sabilina, P. E., Setiawan, A., dan Afiuddin, A. E. (2018). *Studi Penggunaan Dosis Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride) dan Flokulan Polymer Anionic Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. In Conference Proceeding on Waste Treatment Technology, 1(1): 183-188.

Sank, R. K. (1986). *Water Treatment Plant Design for The Practising Engineer*. Ann Arbor Science Publisher, Inc. Michigan.

Sumarwanto, P., dan Hartati, Y. 2018. *Penanganan Air Limbah Cucian Alat Gelas Laboratorium Dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Pereaksi Biru Metilen*. Indonesia Laboratory of Journal. 1(1):11-15.

Suryanti, Tri. dkk. 2019. *Penurunan Kadar TSS dan COD Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Gabungan Koagulasi Dan Adsorbsi*. Seminar Sains dan Teknologi Terapan VII. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 113-118.

- Susilo, N. A., dan Finela, A. 2022. *Pengaruh Penambahan HCl Dan Alum Sebagai pH Adjuster Terhadap Proses Koagulasi Dan Parameter Biologis Pada Pengolahan Air Limbah Industri Kertas* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sains Bandung), 5(2): 8-13.
- Sutrisno, dan Suciati. 1987. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Penerbit Rineka Cipta Karya, Jakarta.
- Tantri, N. B., Juhana, S., dan Yuliatmo, R. 2023. *Optimasi Dosis Poli Alumunium Clorida (Pac) Untuk Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit Pada Proses Koagulasi flokulasi*. Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit, 22(1): 16-16.
- Vitricia, V. (2022). *Efektivitas Metode Aerasi Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Air Limbah Rps Laundry Kota Malang* (Doctoral dissertation, ITN MALANG).1-8.
- Wahyudin, H. K. 2022. *Optimalisasi Dosis Aluminium Sulfat dalam Metode Jar Test pada IPA di PDAM Tirta Prabujaya Kota Prabumulih*. Jurnal Kolaboratif Sains, 5(12): 834-838.
- Wartiono, T., dan Rosyida, A. 2018. *Pemilihan tawas, ferri khlorida dan ferro sulfat sebagai zat koagulan yang paling efektif dalam pengolahan limbah cair tekstil*. Jurnal Teknika ATW, 6(1).
- Wijayanti, M. S. dkk. 2024. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan AOPs Secara Terintegrasi*. Jurnal Ilmu Lingkungan.22(1): 142-149.
- Wulan, P. P., Dianursanti, M. G., dan Nugroho, W. A. 2010. *Optimasi Penggunaan Koagulan pada Pengolahan Air Limbah Batubara*. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* ISSN (Vol. 1693, p. 4393).

Zakaria, A. dkk. 2021. *Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Alumunium Chloride dengan metode Jar Test*. Warta Akab, 45(2): 98-104.

Zaimaturahmi, N. dkk. 2023. *Kombinasi Koagulan Tawas dan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk Penurunan Warna pada Air Limbah Batik*. Buletin Keslingmas, 42(4), 196-201.

LAMPIRAN A

DATA PENELITIAN

A.1 Data Uji Parameter Air Limbah Awal Laboratorium Kimia Dasar

Analisis awal	pH	TSS (ppm)	COD (ppm)	TDS (ppm)	Fe (ppm)
Air Limbah Awal Kimia Dasar (logam berat)	1,35	3850	2544,02	4125	738,9
Air Limbah Setelah Pengenceran	2,24	1353,33	1047,12	3170	277,35
Air Limbah Setelah Pengenceran dan Aerasi	2,72	866,5	1000,6	2460	0,094

A.2 Hasil Analisis Parameter Air Limbah dengan Koagulan Aluminium Sulfat

Kondisi Limbah	Dosis Koagulan (ppm)	Flokulan Anionik (ppm)	pH awal	TSS (ppm)	Parameter TDS (ppm)	COD (ppm)	Kadar Fe(ppm)	pH Akhir
Tanpa Aerasi	30	2	7,84	233,33	482	57,19	0,17	6,46
	50		7,76	295,66	504	38,76	0,55	6,28
	70		7,55	143,33	315	27,4	2,27	6,21
	90		7,58	113,33	259	21,34	1,93	6,11
Aerasi 30 menit	30		7,16	105,53	244	1011,2	0,093	6,35
	50		7,21	92,78	203	984	0,084	6,2
	70		7,14	74,66	185	980,6	0,025	6,13
	90		7,03	55	138	978	0,024	6,05

A.3 Hasil Analisis Parameter Air Limbah dengan Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)

Kondisi Limbah	Dosis Koagulan (ppm)	Flokulan Anionik (ppm)	Parameter					
			pH awal	TSS (ppm)	TDS (ppm)	COD (ppm)	Kadar Fe (ppm)	pH Akhir
Tanpa Aerasi	30	2	7,65	166,66	344	37,92	0,29	6,74
	50		7,54	133,33	283	39,38	0,064	6,55
	70		7,37	66,66	157	40,89	0,16	6,42
	90		7,2	100	206	41,8	1,08	6,34
Aerasi 30 menit	30		7,48	99,98	225	1005,4	0,072	6,68
	50		7,51	83,33	182	962,7	0,096	6,51
	70		7,65	167,33	331	956,75	0,086	6,38
	90		7,61	150	312	953,2	0,082	6,24

A.4 Hasil Analisis Efisiensi Penyisihan Parameter Air Limbah dengan Koagulan Aluminium Sulfat

Kondisi Limbah	Dosis Koagulan (ppm)	Flokulan Anionik (ppm)	Parameter				
			TSS(%)	TDS (%)	COD (%)	Kadar Fe(%)	pH Akhir (%)
Tanpa Aerasi	30	2	82,75882453	84,79495268	94,53835282	99,93870561	21,3622291
	50		78,15314816	84,10094637	96,29841852	99,80169461	23,56687898
	70		89,40908721	90,06309148	97,38329895	99,18153957	21,57809984
	90		91,62584144	91,829653	97,96202918	99,30412836	24,0589198
Aerasi 30 menit	30		92,20219754	92,30283912	3,430361372	99,96646836	12,75590551
	50		93,14431809	93,59621451	6,027962411	99,96971336	16,29032258
	70		94,48323764	94,16403785	6,352662541	99,99098612	16,47634584
	90		95,93595058	95,6466877	6,60096264	99,99134667	16,19834711

A.5 Hasil Analisis Efisiensi Penyisihan Air Limbah dengan Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)

	Dosis Koagulan	Flokulan Anionik			Parameter		
Kondisi Limbah	(ppm)	(ppm)	TSS (%)	TDS (%)	COD (%)	Kadar Fe(%)	pH Akhir(%)
	30		87,68519134	89,14826498	96,37863855	99,89543898	13,50148368
	50		90,14800529	91,07255521	96,2392085	99,97692446	15,11450382
Tanpa Aerasi	70		95,0743721	95,04731861	96,09500344	99,94231116	14,79750779
	90		92,61081924	93,50157729	96,0080984	99,61060032	13,56466877
		2					
	30		92,61229707	92,9022082	3,984261594	99,97404002	11,9760479
Aerasi 30 menit	50		93,84259567	94,25867508	8,062113225	99,9653867	15,3609831
	70		87,63568383	89,55835962	8,630338452	99,96899225	19,90595611
	90		88,91622886	90,15772871	8,969363588	99,97043447	21,95512821

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN

B.1 Perhitungan Dosis Koagulan dan Flokulan

1. Membuat larutan koagulan aluminium sulfat 1 % dan PAC 1 %

Konsentrasi koagulan = 1 %

Volume labu ukur = 500 ml

$$1 \% = \frac{x}{500 \text{ ml}} \times 100 \%$$

$$x = 5 \text{ g}$$

Maka jumlah yang diperlukan koagulan PAC dan aluminium sulfat masing-masing adalah 5 g

2. Membuat larutan polimer anionik 0,1 %

Konsentrasi Flokulan = 0,1 %

Volume Labu Ukur

$$0,1 \% = \frac{x}{500 \text{ ml}} \times 100 \%$$

$$x = 0,5 \text{ g}$$

Maka jumlah yang diperlukan flokulan polimer anionik adalah 0,5 g

3. Menghitung dosis koagulan aluminium sulfat 1% dan PAC 1 %

ppm = *part per million* (mg/L)

$$ppm = \frac{\text{mg zat terlarut}}{\text{Volume larutan (L)}} \times 100 \%$$

$$1 \% = \frac{1}{100} \times 100 \%$$

$$1 \text{ ppm} = \frac{1}{1000000} \times 100 \%$$

$$1 \text{ ppm} = 0,0001 \%$$

$$x \% = \frac{x \text{ ppm}}{10000}$$

$$\text{ppm} = 10000 \times 1\% = 10000 \text{ ppm}$$

a. Dosis 30 ppm

Diketahui:

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$\text{ppm}_1 = 30 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_2 = 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_1 \times \text{ppm}_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$$

$$500 \text{ ml} \times 30 \text{ ppm} = V_2 \times 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_2 = 1,5 \text{ ml}$$

b. Dosis 50 ppm

Diketahui:

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$\text{ppm}_1 = 50 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_2 = 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_1 \times \text{ppm}_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$$

$$500 \text{ ml} \times 50 \text{ ppm} = V_2 \times 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_2 = 2,5 \text{ ml}$$

c. Dosis 70 ppm

Diketahui:

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$\text{ppm}_1 = 70 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_2 = 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_1 \times \text{ppm}_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$$

$$500 \text{ ml} \times 70 \text{ ppm} = V_2 \times 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_2 = 3,5 \text{ ml}$$

d. Dosis 90 ppm

Diketahui:

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$\text{ppm}_1 = 90 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_2 = 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_1 \times \text{ppm}_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$$

$$500 \text{ ml} \times 90 \text{ ppm} = V_2 \times 10.000 \text{ ppm}$$

$$V_2 = 4,5 \text{ ml}$$

1. Menghitung dosis flokulan polimer anionik 0,1 %

$$V_1 = 500 \text{ ml}$$

$$\text{ppm}_1 = 2 \text{ ppm}$$

$$\text{ppm}_2 = 1000 \text{ ppm}$$

$$V_1 \times \text{ppm}_1 = V_2 \times \text{ppm}_2$$

$$500 \text{ ml} \times 2 \text{ ppm} = V_2 \times 1000 \text{ ppm}$$

$$V_2 = 1 \text{ ml}$$

B.2 Perhitungan Kadar TSS

Contoh perhitungan kadar TSS sebagai berikut

- Tawas 1 % dosis 30 ppm tanpa aerasi
 - Berat kertas saring tanpa endapan (B)= 755 mg
 - Berat kertas saring dengan endapan (A)= 762 mg
 - Volume sampel = 30 ml
 - Volume aquades = 10 ml

$$\text{TSS (mg/L)} = (A - B) \times \frac{1000}{V \text{ (ml)}}$$

A = berat kertas saring + residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

V = volume contoh (mL)

TSS = 233,3 ppm

B.3 Contoh Perhitungan Efisiensi Penyisihan Parameter

a. Perhitungan efisiensi penyisihan pH

- Menggunakan data koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi dosis 30 ppm
- Nilai pH setelah pengenceran = 7,65
- Nilai pH setelah koagulasi-flokulasi = 6,46

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Nilai pH Awal} - \text{Nilai pH Setelah Koagulasi-Flokulasi}}{\text{Nilai pH Awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{7,65 - 6,46}{6,46} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 21,36 \%$$

b. Perhitungan efisiensi penyisihan kadar TDS

- Menggunakan data koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi dosis 30 ppm
- Kadar TDS setelah pengenceran = 3170 ppm
- Kadar TDS setelah koagulasi-flokulasi = 482 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Kadar TDS Awal} - \text{Kadar TDS Setelah Koagulasi-Flokulasi}}{\text{Kadar TDS Awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{3170 \text{ ppm} - 482 \text{ ppm}}{3170 \text{ ppm}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 84,79 \%$$

c. Perhitungan efisiensi penyisihan kadar TSS

- Menggunakan data koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi dosis 30 ppm
- Kadar TSS setelah pengenceran = 1353,33 ppm
- Kadar TSS setelah koagulasi-flokulasi = 233,33 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Kadar TSS Awal} - \text{Kadar TSS Setelah Koagulasi-Flokulasi}}{\text{Kadar TSS Awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{1533,33 \text{ ppm} - 233,33 \text{ ppm}}{1533,33 \text{ ppm}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 82,75 \%$$

d. Perhitungan efisiensi penyisihan kadar COD

- Menggunakan data koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi dosis 30 ppm
- Kadar COD setelah Pengenceran) = 1047,12 ppm
- Kadar COD setelah koagulasi-flokulasi = 57,19 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Kadar COD Awal} - \text{Kadar COD Setelah Koagulasi-Flokulasi}}{\text{Kadar COD Awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{1047,12 \text{ ppm} - 57,19 \text{ ppm}}{1047,12 \text{ ppm}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 94,53 \%$$

e. Perhitungan efisiensi penyisihan kadar Fe

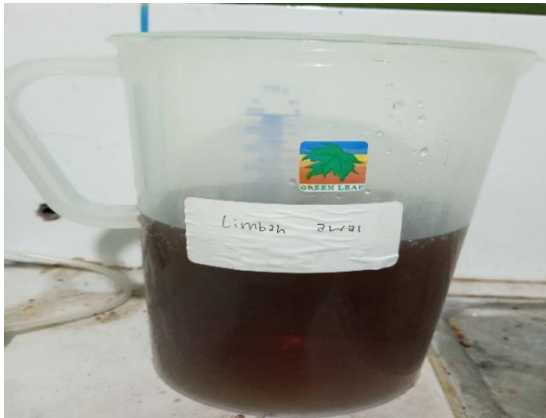
- Menggunakan data koagulan aluminium sulfat tanpa aerasi dosis 30 ppm
- Kadar Fe setelah pengenceran = 277,35 ppm
- Kadar Fe setelah koagulasi-flokulasi = 0,17 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{\text{Kadar Fe Awal} - \text{Kadar Fe Setelah Koagulasi-Flokulasi}}{\text{Kadar Fe Awal}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{277,35 \text{ ppm} - 0,17 \text{ ppm}}{277,35 \text{ ppm}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ Penyisihan} = 99,93 \%$$

LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENELITIAN



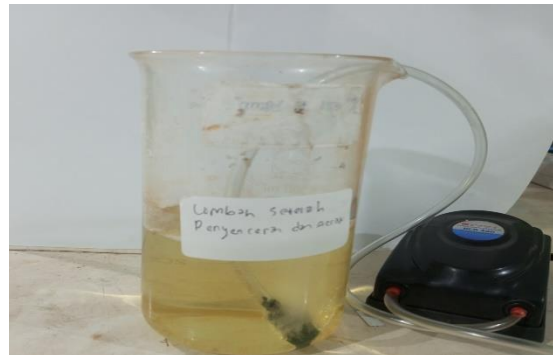
Gambar C.1 Air Limbah Awal



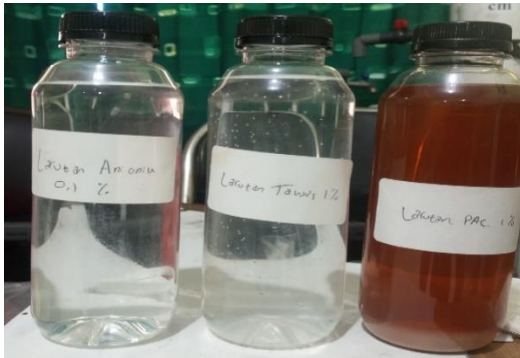
Gambar C.2 Air Limbah Setelah Pengenceran(1:4)



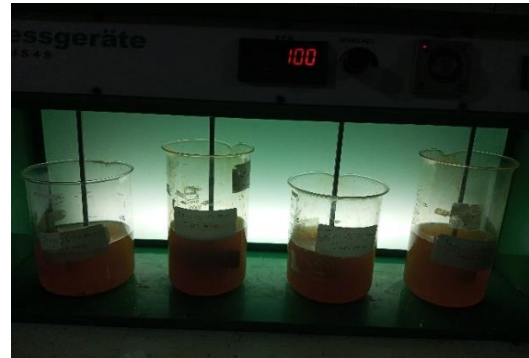
Gambar C.3 Air Limbah Setelah
Penambahan NaOH



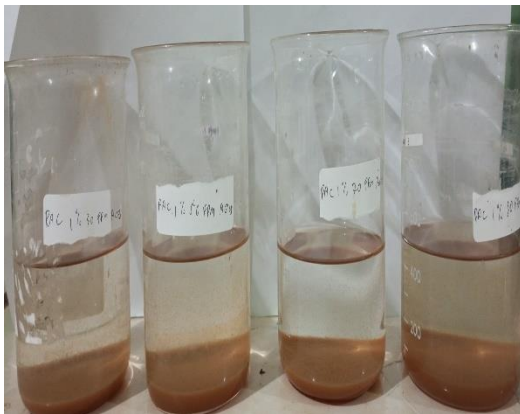
Gambar C.4 Aerasi Selama 30 Menit



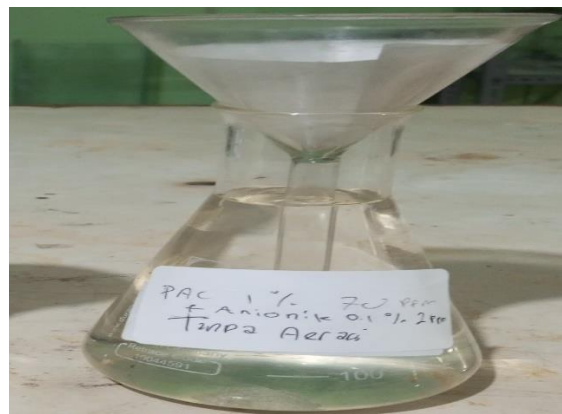
Gambar C.5 Pembuatan Larutan Koagulan Flokulan



Gambar C.6 Koagulasi-Flokulasi



Gambar C.7 Pengendapan Sampel



Gambar C.8 Penyaringan Sampel



Gambar C.9 Pengujian Parameter pH



Gambar C.10 Pengujian Parameter TDS



Gambar C.11 Pengujian Parameter TSS



Gambar C.12 Pengujian Parameter COD



Gambar C.13 Pengujian Parameter Fe



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.00047

No Sampel : 047/AL/R/DLHK/II/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : Air Limbah (Limbah Awal Kimia Dasar Logam)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 29 Februari 2024
Tanggal Pengujian : 29 Februari - 21 Maret
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Fisika				
1	Kekeruhan	mg/L	0,51	SNI 06-6989.25-2005	
	Kimia				
2	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	2544,02	SNI 6989.2:2019	
3	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	738,9	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: D isi apabila ada permintaan Pelanggan

*) : Parameter Akreditasi

**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal

+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 21 Maret 2024
Kepala Seksi Teknis
Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



PEMERINTAH PROVINSI BANTEN
UNIT PELAKSANA TEKNIS DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
Jl. Syech Nawawi Al-Bantani Palima-Serang, Telp. (0254) 267093 Fax. (0254) 267094

No Dok : F-PK/7.8-1
Terbit/ Tanggal : 3/ 10-05-2023
Revisi/ Tanggal : 0/-

✓ KAN
Komite Akreditasi Nasional
LP-1231-IDN

SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.00048

No Sampel : 048/AL/R/DLHK/II/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : Air Limbah (Limbah Setelah Pengenceran (1:1))
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 29 Februari 2024
Tanggal Pengujian : 29 Februari - 21 Maret
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Fisika				
1	Kekeruhan	mg/L	1,24	SNI 06-6989.25-2005	
	Kimia				
2	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	1047,12	SNI 6989.2:2019	
3	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	277,35	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: D isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
(**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
(+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 29 Maret 2024
Kepala Seksi Teknis



Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000156

No Sampel : IS6/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : 'Limbah setelah Pengenceran dan Aerasi
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	1000,6	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,094	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Diisi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
***) : Jika hasil pengujian nol (0)/negatif(-)/non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
+) : Pengujian in-situ
#) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Seksi Teknis,

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.00080

No Sampel : 080/AL/R/DLHK/IV/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : 'PAC 1% 30 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 22 April 2024
Tanggal Pengujian : 22 April - 03 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	37,92	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,29	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 23 April 2024
Kepala Seksi Teknis



Triana Setiawan, ST, MM
NIP. 19750604200112 5 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.00081

No Sampel : 081/AL/R/DLHK/IV/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : 'PAC 1% 50 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 22 April 2024
Tanggal Pengujian : 22 April - 03 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	39,38	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,064	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D diisi apabila ada permintaan Pelanggan

*) : Parameter Akreditasi

**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal

+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji



Triana Satriawati, ST, MM
NIP. 19750604190112 2.002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.00082

No Sampel : 082/AL/R/DLHK/IV/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : 'PAC 1% 70 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 22 April 2024
Tanggal Pengujian : 22 April - 03 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	40,89	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,16	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D diisi apabila ada permintaan Pelanggan

*) : Parameter Akreditasi

**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal

+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji



Triana Satriawati, ST, MM
NIP. 197506012001122002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.00083

No Sampel : 083/AL/R/DLHK/IV/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : 'PAC 1% 90 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 22 April 2024
Tanggal Pengujian : 22 April - 03 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	41,8	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	1,08	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D iisi apabila ada permintaan Pelanggan

*) : Parameter Akreditasi

**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal

+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 03 Mei 2024
Kepala Seksi Teknis

[Signature]

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 197506012001122 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000109

No Sampel : 109/AL/R/DLHK/V/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : Tawas 1% 30 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 14 Mei 2024
Tanggal Pengujian : 14 - 30 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
Kimia					
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia (COD)*	mg/L	57,19	SNI 6989.2:2019	
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,17	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D isi apabila ada permintaan Pelanggan

*) : Parameter Akreditasi

**): Diukur oleh Laboratorium Eksternal

+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji



Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 197506012004122002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000110

No Sampel : I10/AL/R/DLHK/V/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : Tawas 1% 50 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 14 Mei 2024
Tanggal Pengujian : 14 - 30 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia (COD)*	mg/L	38,76	SNI 6989.2:2019	
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,55	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji





SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000III

No Sampel : III/AL/R/DLHK/V/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : Tawas 1% 70 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 14 Mei 2024
Tanggal Pengujian : 14 - 30 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia (COD)*	mg/L	27,4	SNI 6989.2:2019	
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	2,27	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D diisi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji



Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 197506012001122002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000112

No Sampel : I12/AL/R/DLHK/V/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : Tawas 1% 90 PPM (Tanpa aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 14 Mei 2024
Tanggal Pengujian : 14 - 30 Mei 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia (COD)*	mg/L	21,34	SNI 6989.2:2019	
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	1,93	SNI 6989.84:2019	-

Kolom Ket: D isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
+) : Pengujian in-situ

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 30 Mei 2024
Kepala Seksi Teknis,

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 197506012001122002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000157

No Sampel : 157/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : PAC 1% 30 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	1005,4	SNI 6989.2-2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,072	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Di isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
***) : Jika hasil pengujian nol (0)/negatif(-)/non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
+) : Pengujian in-situ
#) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Seksi Teknis,


Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000158

No Sampel : 158/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : PAC 1% 50 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	962,7	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,096	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Di isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
**) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
***) : Jika hasil pengujian nol (0) /negatif (-) non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
+) : Pengujian in-situ
#) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Seksi Teknis,

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000159

No Sampel : 159/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : PAC 1% 70 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	956,75	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,086	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Diisi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
- **) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
- ***) : Jika hasil pengujian nol (0)/negatif (-)/non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
- +) : Pengujian in-situ
- #) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Seksi Teknis,

Triana Safaswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000160

No Sampel : 160/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : PAC 1% 90 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	953,2	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,082	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Di isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
- **) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
- ***) : Jika hasil pengujian nol (0)/negatif(-)/non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
- +) : Pengujian in-situ
- #) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Seksi Teknis,

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



PEMERINTAH PROVINSI BANTEN
UNIT PELAKSANA TEKNIS DAERAH
LABORATORIUM LINGKUNGAN
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
Jl. Syech Nawawi Al-Bantani Palima-Serang, Telp. (0254) 267093 Fax. (0254) 267094

No Dok : F-PK/7.8-1
Terbit/ Tanggal : 3/ 10-05-2023
Revisi/ Tanggal : 0/-



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000161

No Sampel : 161/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : TAWAS 1% 30 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	1011,2	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,093	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Di isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
- **) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
- ***) : Jika hasil pengujian nol (0)/negatif (-)non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
- >) : Pengujian in-situ
- #) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji





SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000182

No Sampel : 182/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : TAWAS 1% 50 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	984	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,084	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Di isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
- **) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
- ***) : Jika hasil pengujian nol (0)/negatif (-)/non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
-) : Pengujian in-situ
- #) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Sekel Teknis,

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000163

No Sampel : 163/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : TAWAS 1% 70 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	980,6	SNI 6989.2:2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,025	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Di isi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
- **) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
- ***): Jika hasil pengujian nol (0)/negatif(-)/non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
- +): Pengujian in-situ
- #) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan: Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Seksi Teknis,

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002



SERTIFIKAT HASIL PENGUJIAN

No: LAB/DLHK/2024/Ret.000164

No Sampel : IB4/AL/R/DLHK/VI/2024
Pemilik Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Alamat Pemilik : Jl. Gugus Depan No.124 Kec. Rawalumbu Kota Bekasi
Jenis Sampel : TAWAS 1% 90 PPM (aerasi)
Lokasi Pengambilan Sampel : -
Titik Koordinat : -
Kondisi Sampel : Botol HDPE, Volume 1 Liter, 1 Botol
Tanggal Terima : 24 Juni 2024
Tanggal Pengujian : 24 - 08 Juli 2024
Pengambil Sampel : Achmad Rivaldi Al-Falaq
Metode Pengambilan Sampel : -

Hasil Pengujian

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL UJI	METODE	KET
	Kimia				
1	Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)*	mg/L	978	SNI 6989.2-2019	-
2	Besi (Fe) Terlarut *	mg/L	0,024	SNI 6989.84:2019	

Kolom Ket: Diisi apabila ada permintaan Pelanggan

- *) : Parameter Akreditasi
- **) : Diukur oleh Laboratorium Eksternal
- ***): Jika hasil pengujian nol (0)/negatif(-)/non detection (ND) maka hasil ditulis <LOQ atau <Nilai Baku Mutu
- +): Pengujian in-situ
- #) : Sesuai Permintaan Pelanggan

Catatan Data yang tercantum pada Laporan ini hanya berlaku untuk contoh yang diuji

Serang, 08 Juli 2024
Kepala Seksi Teknis,

Triana Saraswati, ST, MM
NIP. 19750601200112 2 002