

**PEMANFAATAN *FLY ASH* POFA SEBAGAI KOAGULAN
DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PENCUCIAN IKAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

Abdullah Fhadil Solin

NIM. 180702051

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN *FLY ASH* POFA SEBAGAI KOAGULAN DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PENCUCIAN IKAN

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)
dalam ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan oleh:
Abdullah Fhadil Solin
NIM. 180702051
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 08 Desember 2022
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I



Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.

NIDN. 2002028301

Pembimbing II

Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc.

NIDN. 2013128901

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Husnawati Yahya, M.Sc.

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN *FLY ASH* POFA SEBAGAI KOAGULAN DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PENCUCIAN IKAN

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam
Ilmu Teknik Lingkungan

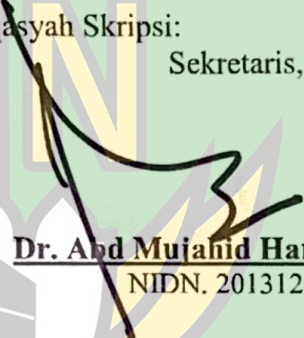
Pada Hari/Tanggal:

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:

Ketua,

Sekretaris,


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
NIDN. 2002028301


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
NIDN. 2013128901

Penguji I,

Penguji II,

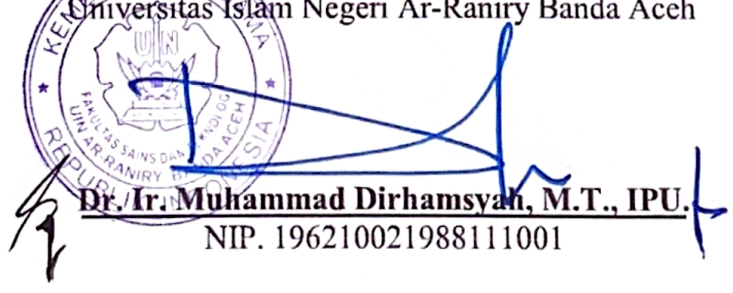

Vera Viena, M.T.
NIDN. 0123067802


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU.
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdullah Fhadil Solin
NIM : 180702051
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pemanfaatan *Fly Ash* POFA sebagai Koagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair Pencucian ikan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

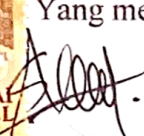
Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. **A R - R A N I R Y**

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 8 Desember 2022

Yang menyatakan




Abdullah Fhadil Solin
NIM.180702051

ABSTRAK

Nama : Abdullah Fhadil Solin
NIM : 180702051
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemanfaatan *Fly ash* POFA sebagai Koagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair Pencucian Ikan
Tanggal Sidang : 08 Desember 2022
Jumlah Halaman : 80
Pembimbing I : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
Pembimbing II : Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc.
Kata Kunci : Ekstraksi, *fly ash*, koagulan, limbah cair

Peningkatan limbah *palm oil fuel ash* (POFA) dikarenakan pertumbuhan areal perkebunan dan industri kelapa sawit. *Fly ash* mengandung Al_2O_3 sehingga dapat dimanfaatkan sebagai koagulan dengan melalui tahapan proses ekstraksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *fly ash* sebagai koagulan dalam mendegradasi polutan pada limbah cair pencucian ikan menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan variasi konsentrasi HCl 0 %, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12%, dan volume koagulan 3 ml dan 6 ml kecepatan pengadukan 180/50 rpm dengan waktu 15/3 menit. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa koagulan *fly ash* mampu mendegradasi kadar TSS sebesar 69,82% dari sebelumnya 222 mg/L menjadi 67 mg/L dan kadar COD sebesar 57,21% dari sebelumnya 437 mg/L menjadi 187 mg/L pada konsentrasi HCl 10 M dengan dosis koagulan 6 ml, penurunan nilai turbiditas sebesar 98,68% dari sebelumnya 182 NTU menjadi 2,4 NTU pada konsentrasi HCl 12% dengan dosis koagulan 3 ml dan untuk nilai pH koagulan *fly ash* mempengaruhi tingkat keasaman dari 7,4 turun hingga 2,7. Hasil analisis statistik menunjukkan penurunan pH, TSS, COD dan turbiditas dipengaruhi oleh konsentrasi HCl dengan nilai signifikansi $<0,05$ sedangkan nilai signifikansi pengaruh dosis koagulan $>0,05$ atau tidak mempengaruhi parameter penelitian pada limbah cair pencucian ikan.

ABSTRACT

Name : Abdullah Fhadil Solin
Student ID : 180702051
Departemen : Environmental Engineering
Title : Utilization of POFA fly ash as a coagulant in fish washing wastewater treatment
Defence Date : 08 Desember 2022
Number of Pages : 80
Advisor I : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
Advisor II : Dr. Abdullah Mujahid Hamdan, M.Sc.
Keyword : extraction, fly ash, coagulant, wastewater

The increase in waste palm oil fuel ash (POFA) is due to the growth of plantation areas and the palm oil industry. Fly ash contains Al_2O_3 so that it can be used as a coagulant by going through the stages of the extraction process. This study aims to determine the ability of fly ash as a coagulant in degrading pollutants in fish washing wastewater using the coagulation-flocculation method with variations in HCl concentrations of 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, and 12%, and coagulant volume 3 ml and 6 ml, with stirring speed 180/50 rpm for 15/3 minutes. The experimental results showed that fly ash coagulant was able to remove TSS levels by 69.82% from previously 222 mg/L to 67 mg/L and COD levels by 57.21% from previously 437 mg/L to 187 mg/L at a concentration of HCl 10 M with a coagulant dose of 6 ml, the turbidity value decreased by 98.68% from previously 182 NTU to 2.4 NTU at a 12% HCl concentration with a coagulant dose of 3 ml and for the fly ash coagulant pH value it affected the acidity level from 7.4 down to 2,7. The results of statistical analysis showed that the decrease in pH, TSS, COD and turbidity was affected by HCl concentration with a significance value of <0.05 , while the significance value of the coagulant dose was >0.05 or did not affect the research parameters on fish washing wastewater.

KATA PENGANTAR

نمحرم لادىحر لادىالله مسب

Syukur *Alhamdulillah*, puji syukur ke hadirat Allah Swt Sang Maha Pencipta, pemberi Rahmat kepada manusia setiap waktunya. *Sholawat* serta salam kita sampaikan kepada sang penyandang gelar *al-amin*, agung akhlaknya, kaya ilmunya, bersih murni hatinya, serta suri teladan bagi umat manusia yakni baginda Nabi Muhammad Saw.

Suatu kebanggaan dan kebahagiaan bagi penulis karena dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “Pemanfaatan *Fly Ash* POFA sebagai Koagulan dalam Pengolahan Limbah Cair Pencucian ikan”. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Arief Rahman, M.T., selaku dosen pembimbing akademik penulis dan penguji I sidang munaqasyah tugas akhir.
4. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc., selaku dosen pembimbing I tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Dr.Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing II tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Ibu Vera Viena, M.T., selaku penguji II sidang munaqasyah tugas akhir.
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah berkenan memberikan informasi dan pengetahuan selama masa perkuliahan penulis.

8. Seluruh staf Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah membantu saya dalam menyelesaikan surat-menyurat akademik dan Tugas akhir.
9. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Terimakasih kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Saruddin Solin dan Ibunda Rajmiah yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis. Terimakasih buat teman-teman *Alhamra Squad* yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan ketenangan dengan cara yang berbeda kepada penulis. Penulis berharap semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan skripsi tugas akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan baik dalam cara penulisan maupun isi tulisan didalamnya. Oleh karena itu, penulis tetap mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Banda Aceh, 08 Desember 2022

Penulis,



AR - RANIRY

Abdullah Fhadil Solin

NIM.180702051

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1 Air Limbah.....	5
2.2 <i>Palm Oil Fuel Ash (POFA)</i>	6
2.2.1 Komposisi POFA.....	7
2.2.2 <i>Fly Ash (Abu Terbang)</i>	8
2.2.3 <i>Bottom Ash (Kerak Boiler)</i>	9
2.3 Limbah Cair Pencucian Ikan.....	9
2.4 Baku Mutu Air Limbah.....	10
2.5 Pengolahan Limbah Cair Pencucian Ikan.....	12
2.5.1 Koagulasi.....	12
2.5.2 Koagulan.....	13
2.5.3 Jenis Koagulan.....	14
2.5.4 Flokulasi	15
2.6 Ekstraksi <i>Fly Ash</i>	16
2.7 Parameter Analisa	19
2.7.1 pH (Derajat Keasaman)	19
2.7.2 <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	19
2.7.3 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	19
2.7.4 Turbiditas.....	20
2.8 Metode <i>Jar Test</i>	20
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	 21
3.1 Tahapan Umum Penelitian.....	21
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel.....	22
3.3 Metode Pengambilan Sampel	23
3.3.1 Sampel Limbah Cair	23

3.3.2 Sampel <i>fly ash</i>	24
3.4 Variabel Penelitian.....	24
3.5 Persiapan Koagulan	24
3.6 Eksperimen	27
3.6.1 Alat dan Bahan.....	27
3.6.2 Proses Koagulasi (<i>Jar Test</i>)	27
3.7 Pengujian Sampel.....	28
3.7.1 Pengujian pH.....	28
3.7.2 Pengujian TSS.....	28
3.7.3 Pengujian COD	29
3.7.4 Pengujian Turbiditas	29
3.8 Analisis Data.....	30
3.8.1 Efektivitas	30
3.8.2 Analisis Statistik.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Produk (Koagulan <i>Fly Ash</i>).....	32
4.2 Hasil Eksperimen.....	33
4.3 Pembahasan.....	34
4.3.1 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Kadar TSS	36
4.3.2 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Kadar COD.....	38
4.3.3 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Nilai Turbiditas	40
4.3.4 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Nilai pH.....	42
BAB V PENUTUP	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN A	55
LAMPIRAN B	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia POFA	8
Tabel 2.2	Baku Mutu Air Limbah Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan	11
Tabel 4.1	Nilai Parameter Awal Limbah Cair Pencucian Ikan	33
Tabel 4.2	Hasil analisis parameter pH, TSS, COD dan turbiditas limbah cair pencucian ikan, PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari.	35
Tabel 4.3	Hasil uji linearitas menggunakan SPSS	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Abu Hasil Pembakaran Pada <i>Boiler</i>	7
Gambar 2.2	<i>Fly Ash</i>	9
Gambar 2.3	<i>Bottom ash</i>	9
Gambar 2.4	Mekanisme sederhana proses <i>leaching</i>	18
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2	Peta Lokasi PT. Bangun Sempurna Lestari.....	22
Gambar 3.3	Peta Lokasi PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari	23
Gambar 3.4	Diagram Alir Persiapan Koagulan.....	25
Gambar 4.1	Proses ekstraksi menggunakan <i>Hot Plate</i>	32
Gambar 4.2	Koagulan <i>fly ash</i> yang sudah di ekstraksi.....	32
Gambar 4.3	Limbah cair pencucian ikan (a) sebelum pengujian, (b) setelah pengujian dengan menggunakan koagulan <i>fly ash</i>	34
Gambar 4.4	Flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi.....	36
Gambar 4.5	Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan kadar TSS.....	37
Gambar 4.6	Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan kadar COD	39
Gambar 4.7	Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan kadar turbiditas	41
Gambar 4.8	Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan nilai pH	44





BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan data statistik Perkebunan Unggulan Nasional Tahun 2019-2021, areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 14 juta Hektar dengan hasil produksi 37,96 juta ton, pada tahun 2018 meningkat menjadi 14,32 juta Hektar dengan hasil produksi 42,88 juta ton, pada tahun 2019 meningkat mencapai 14,46 juta Hektar dengan hasil produksi 47,12 juta ton, pada tahun 2020 kembali meningkat mencapai 14,86 juta Hektar dengan hasil produksi 48,30 juta ton, pada tahun 2021 hingga mencapai 15,01 juta Hektar dengan hasil produksi 49,71 juta ton.

Sejalan dengan meningkatnya produksi pabrik kelapa sawit (PKS) maka semakin meningkat pula limbah yang dihasilkan, limbah padat PKS dimanfaatkan sebagai bahan bakar *boiler* pada PKS, setelah mengalami pembakaran maka akan berubah menjadi arang yang kemudian arang-arang tersebut akan terbang dengan adanya udara sebagai partikel kecil yang dinamakan partikel pijar/abu layang (*fly ash*) serta yang tetap mengendap di bawah (*bottom ash*) (Sembiring, 2019). Hasil pembakaran limbah cangkang kelapa sawit menyisakan produk sampingan seperti abu layang dan abu kerak *boiler* sekitar 3-5 ton/minggu (Triawan dkk., 2017). Umumnya tandan kosong yang sudah dibakar menjadi abu akan ditumpuk pada satu tempat tanpa dilakukan pengolahan lebih lanjut. Peningkatan abu tandan kosong yang dihasilkan menjadi masalah yang dihadapi bagi industri kelapa sawit karena membutuhkan lahan pembuangan yang luas dan pengontrolan yang rutin (Yuni dkk., 2020).

Berdasarkan penelitian Safutra dkk. (2017) dijelaskan bahwa kandungan atau komposisi kimia yang terdapat pada limbah abu terbang (*fly ash*) kelapa sawit memiliki kandungan yang sama dengan bahan dasar koagulan pada umumnya, sehingga dapat diekstraksi menjadi koagulan dalam pengolahan limbah. Menurut Aida dkk. (2018) *fly ash* mengandung oksida aluminium dan oksida besi yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan koagulan, unsur oksida

dominan pada *fly ash* berupa silika (SiO_2) 50,60 %; aluminium oksida (Al_2O_3) 21,90 %; sulfur trioksida (SO_3) 12,20 % dan besi (III) oksida (Fe_2O_3) 7,76 %. Dalam proses pengolahan air, koagulan yang berbasis Al dan Fe sudah banyak digunakan dikarenakan dapat mengikat partikel-partikel koloid pada air sehingga membentuk flok (Abidin dan Leksono, 2021).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syafri dkk. (2016) dengan memanfaatkan *fly ash* menjadi koagulan dalam mengolah limbah pulp dan kertas, parameter yang diuji ialah pH, warna dan *total suspended solid* (TSS), hasil yang diperoleh setelah dilakukan penelitian adalah dosis optimum 8 gram dengan nilai TSS 20,50 mg/L dengan efisiensi penurunan kadar TSS sebesar 87,61 %, sedangkan untuk parameter warna dosis optimum yang diperoleh 10 gram dengan nilai 65 mg/L dengan efisiensi penurunan sebesar 94,49 %. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Puty (2017) diperoleh hasil pemanfaatan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) sebagai koagulan dengan komposisi koagulan yang tepat adalah sebanyak 0,5 ml koagulan *fly ash* dengan konsentrasi 4% yang dapat menjernihkan air berdasarkan parameter yang diuji yaitu pH dan turbiditas, koagulan diperoleh dengan mengekstraksi kandungan Al^{+3} yang terikat pada *fly ash* menggunakan bantuan larutan asam sulfat sehingga menjadi bahan koagulan alternatif pengganti alum/tawas untuk pengolahan air sungai Batang Ombilin.

Di waktu yang bersamaan, Indonesia sebagai negara maritim dan Aceh sebagai provinsi pesisir menghadapi masalah yang diakibatkan terjadinya peningkatan hasil industri perikanan, berdasarkan data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2022, produksi perikanan mencapai 5,89 juta ton yang terdiri dari produksi perikanan tangkap sebesar 1,90 juta ton dan perikanan budidaya sebesar 3,99 juta ton. Menurut Ibrahim dkk. (2017) peningkatan produksi perikanan di Indonesia memiliki dampak negatif dikarenakan penggunaan air pada aktivitasnya membuat peningkatan limbah cair yang dihasilkan, sehingga menimbulkan masalah terhadap lingkungan sekitarnya, limbah pencucian ikan umumnya mengandung beban organik juga darah, kulit, isi perut dan potongan-potongan kecil ikan. Limbah cair industri perikanan yang tidak diolah terlebih dahulu dan langsung dibuang ke perairan dapat menyebabkan

bau yang tidak sedap dan mengakibatkan pencemaran air dan tanah (Salamah dan Rahmanto, 2021).

Berdasarkan latar belakang, penulis ingin memanfaatkan penggunaan koagulan *fly ash* yang diaplikasikan dalam pengolahan limbah cair pencucian ikan sehingga memiliki beberapa manfaat dikarenakan dapat meminimalisir dua objek pencemaran lingkungan, yakni mengurangi penumpukan limbah padat kelapa sawit (*fly ash*) yang dapat mencemari tanah dan udara juga dapat mengurangi pencemaran air yang disebabkan oleh banyaknya jumlah volume limbah cair pencucian ikan yang masuk ke badan air.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi HCl dan dosis koagulan pada pengolahan limbah cair pencucian ikan?
2. Berapakah efektivitas penggunaan koagulan *fly ash* pada pengolahan limbah cair pencucian ikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi HCl dan dosis koagulan pada pengolahan limbah cair pencucian ikan.
2. Untuk mengetahui efektivitas penggunaan koagulan *fly ash* pada pengolahan limbah cair pencucian ikan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

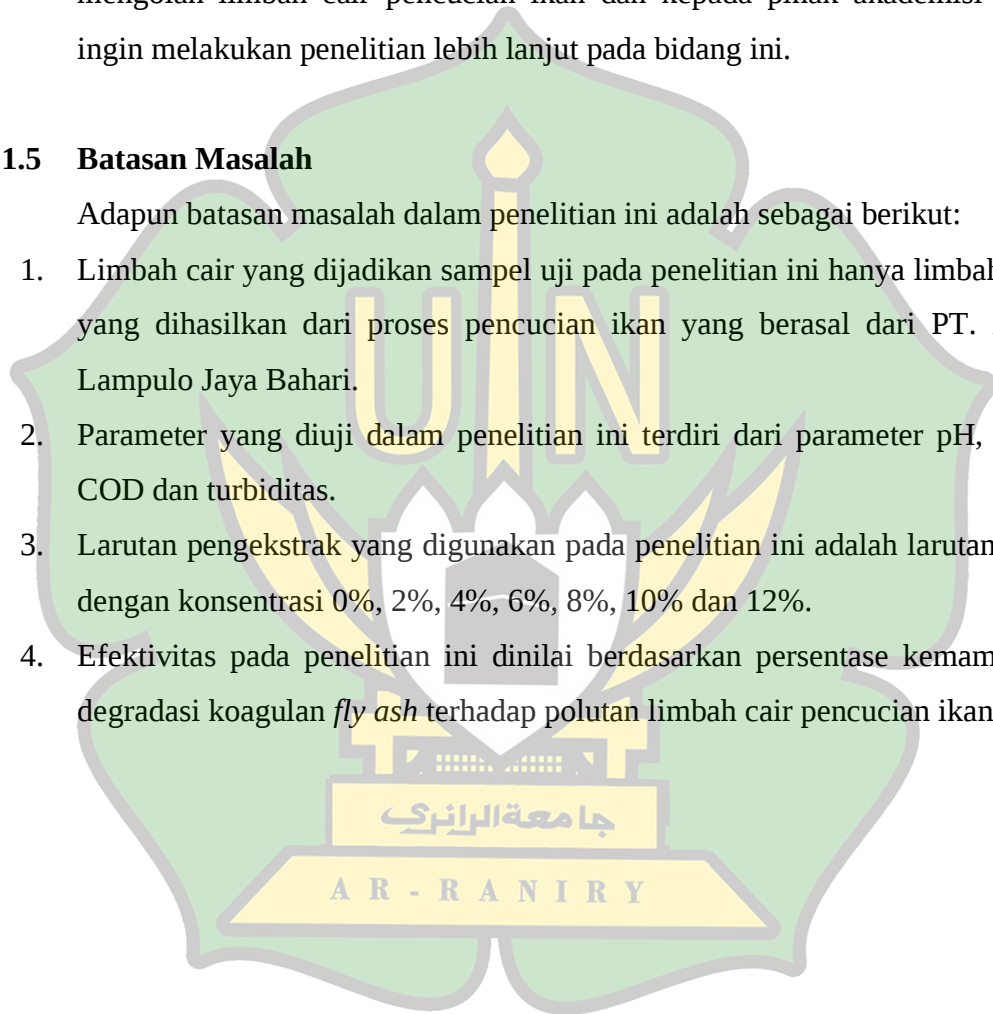
1. Menambah pengetahuan terkait solusi dalam pengurangan penumpukan limbah POFA *fly ash*.

2. Memberikan informasi tentang cara dan alternatif dalam mendegradasi limbah cair pencucian ikan dengan parameter pH, TSS, COD dan Turbiditas menggunakan koagulan dari *fly ash* yang mudah dan murah untuk didapatkan.
3. Memberikan rekomendasi kepada pihak pengusaha industri perikanan dalam mengolah limbah cair pencucian ikan dan kepada pihak akademisi yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut pada bidang ini.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair yang dijadikan sampel uji pada penelitian ini hanya limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian ikan yang berasal dari PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari.
2. Parameter yang diuji dalam penelitian ini terdiri dari parameter pH, TSS, COD dan turbiditas.
3. Larutan pengestrak yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan HCl dengan konsentrasi 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%.
4. Efektivitas pada penelitian ini dinilai berdasarkan persentase kemampuan degradasi koagulan *fly ash* terhadap polutan limbah cair pencucian ikan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.22 tahun 2021 air limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. Baku mutu air limbah merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dan tanah dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah merupakan sesuatu bahan berlebih yang tidak berguna, tidak memiliki nilai ekonomi dan tidak disenangi atau sesuatu bahan yang dibuang dari hasil kegiatan manusia (Munthe dkk., 2021). Air limbah dihasilkan dari berbagai sumber diantaranya limbah cair domestik, pertanian, industri dan sebagainya (Adeko dan Widada, 2018). Untuk menghindari dampak yang merugikan, maka dari itu diperlukannya pengolahan atau penanganan terhadap air limbah sebelum dibuang ke lingkungan (Wahyuni dkk., 2022).

Berdasarkan sumbernya limbah cair dikelompokkan menjadi tiga yaitu, limbah domestik (*domestic wastewater*) merupakan limbah yang berasal dari aktivitas keseharian manusia seperti kegiatan dapur rumah tangga, kamar mandi dan lainnya (Martini dkk., 2020). Limbah cair industri (*industrial wastes water*) yang dihasilkan dari hasil proses produksi, limbah ini mengandung zat yang berbahaya yang dapat menimbulkan pencemaran yang membahayakan manusia, dan makhluk hidup lainnya (Awalia dkk., 2022). Limbah cair kotapraja (*municipal wastes water*) merupakan air buangan yang dihasilkan dari restoran, perkantoran, lokasi perdagangan, hotel, tempat umum, tempat ibadah dan sebagainya. Zat yang terkandung pada air buangan ini tidak jauh beda dengan limbah domestik (Sembiring, 2019).

Menurut Amanda (2019) limbah merupakan sisa hasil kegiatan yang tidak memiliki nilai sehingga dibuang, oleh karena itu harus diolah terlebih dahulu agar tidak menimbulkan dampak negatif. Seperti faktor kesehatan, faktor kehidupan biotik dan faktor keindahan estetika. Pada limbah banyak terdapat bakteri patogen

yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia, limbah juga menjadi media dalam penularan penyakit serta dapat menyebabkan iritasi, bau dan suhu yang tinggi. Contoh penyakit yang disebabkan oleh mikrobiologi dalam air, kolera disebabkan oleh bakteri *vibrio cholerae*, tifoid disebabkan oleh kuman *salmonella thyposa*, leptospirosis disebabkan oleh bakteri *Spirochaeta*, giardiasis dapat menimbulkan diare dan disentri disebabkan oleh bakteri *entamoeba histolytica* (Munthe dkk., 2021).

Bermacam-macam kandungan zat pada limbah cair yang menyebabkan kadar oksigen terlarut dalam air menurun sehingga mengganggu kehidupan di dalam air. Tingginya temperatur limbah dapat menyebabkan kematian pada organisme air dan bakteri, yang berpengaruh terhadap penjernihan air. Kandungan limbah seperti ampas, lemak dan minyak akan menimbulkan bau, selain itu membuat wilayah sekitar licin dan juga tumpukan-tumpukan ampas tersebut mengganggu estetika lingkungan (Amanda, 2019).

2.2 **Palm Oil Fuel Ash (POFA)**

POFA merupakan produk sampingan yang berupa padatan dari hasil industri kelapa sawit. Abu limbah kelapa sawit atau disebut POFA merupakan sisa hasil pembakaran tandan kosong pada *boiler* industri kelapa sawit dengan suhu 800-1.000°C. Terdapat dua jenis abu yang dihasilkan pada industri pabrik kelapa sawit yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) (Hasibuan dkk., 2022). POFA bersumber dari hasil pembakaran limbah padat kelapa sawit dengan suhu 800-1.000°C. Limbah padat kelapa sawit yang dihasilkan seperti serat, cangkang dan tandan kosong tersebutlah yang dibakar dengan suhu tinggi pada *boiler* sehingga menghasilkan abu yang dinamakan POFA (Arifandy dkk., 2021).

Limbah POFA merupakan salah satu biomassa dalam sektor pertanian dengan jumlah yang berlimpah, dapat diperoleh dengan biaya rendah maupun tanpa biaya dikarenakan penanganan limbah POFA oleh industri kelapa sawit yang masih terbatas. Limbah POFA merupakan masalah bagi industri kelapa sawit karena membutuhkan lahan pembuangan yang luas, dan dapat menyebabkan ancaman kelestarian lingkungan dan risiko kesehatan manusia (Oktavianty, 2022).

Penanganan limbah POFA oleh pabrik minyak sawit saat ini masih terbatas, terjadinya penimbunan limbah padat PKS di lahan kosong. Hal ini sangat mungkin membahayakan lingkungan dan masyarakat sekitar jika terbawa ke perairan. Selain dampak negatif yang ditimbulkan, POFA juga mempunyai nilai positif yakni komposisi kimianya dimungkinkan dapat digunakan sebagai koagulan pada proses koagulasi (Arini dkk., 2020).



Gambar 2.1 Abu Hasil Pembakaran Pada *Boiler*
(Sumber :Agusri, 2021)

2.2.1 Komposisi POFA

Komposisi kimia pada POFA seperti Al_2O_3 (aluminium oksida) dan Fe_2O_3 (besi (III) Oksida) merupakan komposisi yang berpotensi digunakan dalam pengolahan limbah cair dikarenakan dapat mengikat partikel-partikel koloid, zat organik dan pengotor di dalam limbah cair (Safutra dkk., 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Syarif dkk. (2022) POFA memiliki komposisi kimia dominan mengandung unsur-unsur silika (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi (III) trioksida (Fe_2O_3), kalsium oksida (CaO), magnesium oksida (MgO), sulfur trioksida (SO_3), natrium (Na) dan unsur kimia lainnya. Terdapat beberapa penelitian terdahulu tentang karakterisasi POFA, perbandingan komposisi kimia POFA dari penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

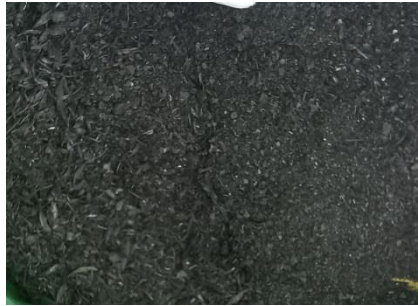
Tabel 2.1 Komposisi Kimia POFA

Referensi	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O
Tambunan, 2016	43,6	11,4	4,7	8,4	4,8	2,8	3,5
Rinanda, 2017	46,68	13,87	0,82	8,79	5,82	1,12	2,17
Sormin, 2017	40,68	16,6	3,4	6,6	5,2	0,93	2,9
Asyri, 2015	66,91	6,44	5,72	5,56	3,13	0,33	5,20
Prasetyo, 2017	45,16	15,96	0,47	1,61	9,72	-	6,57
Gultom, 2017	22	6	2,5	63	2,6	2,0	0,6
Hidayatussa'diah, 2020	64,36	4,36	3,41	7,92	4,58	0,04	5,57
Endriyani, 2012	67,4	10,0	0,0	1,5	3,0	-	-
Muhardi, 2013	64,4	4,4	3,4	7,9	4,6	0,0	5,6
Syarif, 2022	54,6	16,6	3,97	7,58	-	-	5,12

(Sumber :Syarif dkk., 2022)

2.2.2 Fly Ash (Abu Terbang)

Fly Ash atau abu terbang merupakan limbah padat utama yang dihasilkan dari pembakaran tandan kosong dan cangkang kelapa sawit pada *boiler*. Limbah *fly ash* memiliki komposisi yang ditentukan dari sifat mineral pengotor dalam tandan kelapa sawit serta proses pembakarannya. Kondisi *fly ash* yang dihasilkan dari proses pembakaran merupakan abu dengan butiran-butiran yang sangat halus dengan warna gelap dan bobot ringan dibanding dengan *bottom ash* (Abidin dan Leksono, 2021). Kandungan unsur kimia yang terdapat pada *fly ash* kelapa sawit berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Sembiring, 2019) yaitu silika (SiO₂) 63,4%, aluminium oksida (Al₂O₃) 5,5%, besi (III) Oksida (Fe₂O₃) 3,41%, kalsium oksida (CaO) 4,3%, magnesium oksida (MgO) 3,7%, kalium oksida (K₂O) 5,57%, sulfur trioksida (SO₃) 0,9%.



Gambar 2.2 Fly Ash

(Sumber :Dokumentasi pribadi, 2022)

2.2.3 Bottom Ash (Kerak Boiler)

Bottom ash atau abu kerak merupakan kerak *boiler* yang memiliki massa lebih berat daripada *fly ash* sehingga setelah proses pembakaran *bottom ash* akan tertampung pada *dust collector* atau di penampung tungku pembakaran dan sebagian lagi menempel pada dinding *boiler*. *Bottom ash* memiliki ciri – ciri berwarna putih keabuan dan keras serta relatif memiliki pori – pori yang banyak (Simarmata, 2017). *Bottom ash* merupakan abu yang dihasilkan dari proses pembakaran tandan kosong kelapa sawit dengan suhu 700-800°C pada dapur *boiler*. Senyawa utama yang terkandung pada abu kerak *boiler* yaitu silika (SiO_2) 29,9%, kalsium oksida (CaO) 26,9 dan aluminium oksida (Al_2O_3) 1,9% (Simarmata, 2017).



Gambar 2.3 Bottom ash

(Sumber :Telambuna, 2017)

2.3 Limbah Cair Pencucian Ikan

Limbah cair pencucian ikan merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan ikan pada industri maupun pasar tradisional. Terdapat dua tipe limbah cair industri pengolahan ikan yaitu, volume banyak dengan persentase limbah

yang rendah dan volume sedikit dengan persentase limbah yang tinggi. Jenis volume banyak persentase limbah yang rendah terdiri dari air yang digunakan untuk pembongkaran, transportasi, penanganan ikan dan air pencucian. Limbah cair industri perikanan mengandung bahan organik yang tinggi. Tingkat pencemaran limbah cair industri pengolahan perikanan sangat tergantung pada tipe proses pengolahan dan spesies ikan yang diproduksi (Afrianisa dan Ningsih, 2021).

Limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian ikan pada pasar tradisional maupun modern mengandung beban organik yang cukup tinggi yang dapat menyebabkan pembusukan sehingga memiliki dampak terhadap makhluk hidup sekitarnya (Pamungkas, 2016). Besar rendahnya kadar pencemaran limbah cair pada pasar ikan dipengaruhi oleh intensitas produksi untuk proses pencucian maupun proses perendaman, jenis pengolahan dan spesies ikan yang diolah juga mempengaruhi limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair pencucian ikan mengandung darah, kulit, isi perut ikan dan potongan-potongan kecil ikan. Limbah cair yang dihasilkan tidak dengan jumlah yang sama, pada waktu tertentu jumlah limbah cair yang dihasilkan sedikit namun pekat dan mengandung protein dan lemak, di lain waktu menghasilkan limbah yang banyak namun encer. Beban pencemar tersebut berbeda-beda tergantung jenis pengolahannya (Munthe dkk., 2021).

2.4 Baku Mutu Air Limbah

Dalam meningkatkan kelestarian lingkungan supaya tidak terjadinya pencemaran yang diakibatkan dari pembuangan limbah cair langsung ke dalam air, maka negara membentuk suatu peraturan tentang baku mutu air limbah, salah satunya dari aktivitas industri pengolahan ikan (Ofiyen dan Puryanti, 2022). Pencemaran lingkungan adalah terdapat beban pencemar, zat, energi atau komponen lain yang masuk ke dalam lingkungan dipengaruhi oleh kegiatan manusia sehingga melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan (Ofiyen dan Puryanti, 2022).

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.05 tahun 2014 baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam media air dan tanah dari suatu usaha dan/atau kegiatan. Berikut ini standar baku mutu limbah usaha dan/atau kegiatan pengolahan hasil perikanan yang melakukan satu jenis kegiatan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan

Parameter	Kegiatan Pembekuan				Kegiatan Pengalengan			
	Kadar	Beban Pencemaran (kg/ton)			Kadar	Beban Pencemaran (kg/ton)		
		Ikan	Udang	Lain - lain		Ikan	Udang	Lain - lain
pH	6-9							
TSS (mg/L)	100	1	3	1,5	100	1,5	3	2
Sulfida (ppm)	-	-	-	-	1	0,015	0,03	0,02
Ammonia (mg/L)	10	0,1	0,3	0,15	5	0,075	0,15	0,1
Klor bebas (mg/L)	1	0,01	0,03	0,015	1	0,015	0,03	0,02
BOD (mg/L)	100	1	3	1,5	75	1,125	2,25	1,5
COD (mg/L)	200	2	6	3	150	2,25	4,5	3
Minyak lemak (mg/L)	15	0,15	0,45	0,22	15	0,225	0,45	0,3
Kuantitas Air Limbah (m3/ton)		10	30	15		15	30	20

(Sumber : PERMEN LH No.05 Tahun 2014)

2.5 Pengolahan Limbah Cair Pencucian Ikan

Pengolahan limbah cair pencucian ikan dapat dilakukan dengan beberapa alternatif pengolahan, diantaranya adalah proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi atau pengendapan.

2.5.1 Koagulasi

Koagulasi adalah suatu metode yang dapat digunakan dalam proses penjernihan air. Koagulasi merupakan proses dicampurnya koagulan yang kemudian dilakukan pengadukan secara cepat untuk mendestabilisasi koloid dan solid tersuspensi yang halus serta massa inti partikel yang akan membentuk mikroflok (Syarpin dan Harianto, 2021). Koagulasi merupakan proses pengolahan secara kimia yang menggunakan penambahan bahan kimia tertentu ke dalam air/limbah cair dengan tujuan membuat gumpalan-gumpalan yang mudah mengendap (Rusydi dkk., 2017).

Proses koagulasi adalah proses adsorpsi oleh pencampuran koagulan terhadap partikel koloid maupun padatan tersuspensi dengan cara diaduk secara cepat sehingga membentuk gumpalan-gumpalan flok kecil (mikro flok) dan menyebabkan destabilisasi partikel (Zahra, 2021). Dalam proses koagulasi terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya yaitu :

a. Suhu air

Jika suhu air rendah maka dapat berpengaruh terhadap tingkat efisiensi dalam proses koagulasi. Suhu air juga dapat berpengaruh pada pH sehingga mengubah dosis koagulan yang dibutuhkan.

b. Jenis koagulan

Koagulan memiliki unsur senyawa kimia dalam pembentukan flok, dalam pemilihan jenis koagulan maka dapat di pertimbangkan dari segi ekonomis dan daya efektivitasnya dalam pembentukan flok.

c. Tingkat kekeruhan

Tingkat kekeruhan sangat berpengaruh dalam proses destabilisasi, tingkat kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan proses koagulasi berjalan dengan cepat, sedangkan jika tingkat kekeruhan rendah maka akan memperlambat proses koagulasi.

d. Dosis koagulan

Dalam proses pembentukan inti flok, dosis koagulan perlu diperhatikan jika ingin prosesnya berjalan dengan baik. Pembubuhan koagulan disesuaikan dengan dosis yang dibutuhkan dalam memperoleh inti flok.

e. Kecepatan pengadukan

Dalam proses pengadukan bertujuan untuk menghomogenkan koagulan yang dicampur ke dalam sampel percobaan, dalam proses ini sampel perlu diperhatikan, pengadukan yang terjadi harus benar-benar merata, sehingga semua koagulan tercampur hingga bereaksi terhadap partikel-partikel atau ion-ion yang berada pada sampel. Pengadukan pada proses koagulasi sangat berpengaruh jika diaduk dengan lambat maka flok terbentuk dengan lambat dan sebaliknya jika diaduk dengan cepat maka flok dapat pecah (Rahimah dkk., 2016).

2.5.2 Koagulan

Penambahan suatu zat pada proses koagulasi yang membantu proses pengendapan partikel zat tersebut merupakan koagulan (Martina dkk., 2018). Koagulan adalah bahan yang memiliki unsur senyawa kimia diperuntukkan dalam proses koagulasi atau pencampuran yang bertujuan membentuk flok. Koagulan berperan untuk destabilisasi muatan negatif partikel tersuspensi (Effendi dan Hariyadi, 2017). Umumnya koagulan digunakan pada pengolahan air untuk mengurangi kekeruhan dikarenakan adanya partikel koloid organik maupun anorganik, dapat mengurangi beban pencemar dan mengurangi rasa dan bau yang diakibatkan oleh partikel koloid (Munthe dkk., 2021).

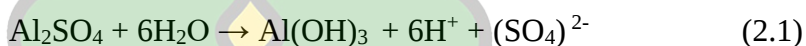
Terdapat dua jenis koagulan yaitu koagulan kimia dan koagulan alami. Koagulan kimia menggunakan bahan kimia yang umumnya mengandung logam, koagulan alami menggunakan bahan yang berasal dari sumber daya alam seperti tanaman, hewan dan mikroorganisme (Martina dkk., 2018). Koagulan kimia seperti tawas, *PAC*, *feri klorida*, *feri sulfat*, dan *polymer kation* sering digunakan dalam industri pengolahan air, meskipun cenderung sering digunakan dibandingkan dengan koagulan alami namun dalam dosis yang dapat menghasilkan endapan yang sulit ditangani (Effendi dan Hariyadi, 2017).

2.5.3 Jenis Koagulan

Dalam pengolahan air minum dan limbah cair terdapat berbagai jenis koagulan yang digunakan, diantaranya adalah:

1. Aluminium Sulfat (Tawas)

Koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air adalah aluminium sulfat dikarenakan harganya yang murah dan mudah untuk didapat. Reaksi yang terjadi karena penambahan koagulan aluminium sulfat pada air menghasilkan aluminium hidroksida, berikut reaksinya:



Berdasarkan jurnal Mayasari dkk. (2019) terdapat keunggulan dan kekurangan dari koagulan aluminium sulfat adalah biaya yang murah sehingga banyak digunakan pada pengolahan air, flok yang dihasilkan stabil dan efektif, cocok digunakan untuk air baku dengan kekeruhan yang tinggi serta baik dikombinasikan dengan koagulan pembantu dan tidak menyebabkan pengotoran yang serius pada dinding bak. Kekurangan dari jenis koagulan ini adalah jika pemakaian dosis koagulan tidak tepat maka akan menyebabkan kekeruhan yang tinggi, rentang pH antara 4,5 – 8 dan sering menyebabkan penyumbatan pada pipa karena pengkristalan Al_2O_3 pada temperatur yang rendah dan konsentrasi yang tinggi.

2. Poly Aluminium Chloride (PAC)

Terdapat dua jenis PAC di pasaran, yaitu PAC cair dengan densitas 1,2 g/ml dan kadar Al_2O_3 sekitar 10% serta PAC bubuk dengan densitas 0,85 g/ml dan kadar Al_2O_3 sekitar 30%. PAC dapat diperoleh secara komersial dengan mereaksikan aluminium dengan asam klorida. Terdapat beberapa jenis aluminium yang dapat digunakan diantaranya; logam aluminium (*scrap*), aluminium klorida, aluminium sulfat, dan kombinasi dari beberapa bahan tersebut. Pada beberapa kondisi dalam proses pengolahan air, PAC lebih disukai karena muatannya lebih tinggi sehingga lebih efektif untuk mengkoagulasi zat tersuspensi dan mendestabilkan material tersuspensi (Husaini dkk., 2016).

Berdasarkan jurnal Mayasari dkk., (2019) terdapat keunggulan dan kekurangan dari koagulan PAC, keunggulan jenis koagulan PAC adalah memiliki

korosifitas yang rendah, aman dan mudah dalam penyimpanan, tingkat pH yang lebih luas, mengandung suatu polimer yang dapat mengurangi atau tidak perlu menggunakan koagulan pembantu, cepat dalam membentuk flok, mengandung suatu polimer khusus sehingga flok yang dihasilkan lebih padat. kekurangan jenis koagulan PAC adalah efektivitas yang lebih panjang sehingga perlu dilakukan pemantauan agar menghemat biaya dan perlu pemakaian optimal dosis PAC.

2.5.4 Flokulasi

Proses penggumpalan partikel-partikel yang muatannya tidak stabil yang kemudian saling membentuk partikel-partikel dengan ukuran yang lebih besar yang disebut makro flok merupakan proses flokulasi (Rusydi dkk., 2017). Flokulasi adalah proses pengolahan air dengan mengadakan kontak di antara partikel-partikel koloid yang sudah mengalami destabilisasi sehingga partikel-partikel kecil yang saling bertabrakan akan menghasilkan partikel koloid yang lebih besar, hal ini bertujuan untuk memudahkan proses pengendapan dengan pengadukan lambat (Zahra, 2021).

Flokulasi dilakukan dengan pengadukan lambat terhadap larutan yang sudah di koagulasi atau sudah terdapat mikroflok yang kemudian akan menghasilkan makroflok atau partikel-partikel yang besar dengan begitu akan mengendap lebih cepat (Lolo dan Pambudi, 2020). Menurut Rahimah dkk. (2016), terdapat dua jenis proses flokulasi yaitu:

a. Flokulasi perikinetik

Flokulasi ini merupakan proses terbentuknya flok yang dipengaruhi adanya gerak thermal (panas) atau dikenal dengan gerak *Brown*. Partikel-partikel koloid pada air akan bergerak secara acak dikarenakan adanya tumbukan partikel air yang mengakibatkan pembentukan antar partikel yang sangat kecil $1 < 100$ milimikron.

b. Flokulasi orthokinetik

Flokulasi ini merupakan proses pembentukan flok yang diakibatkan adanya gerak media (air) seperti pengadukan. Kecepatan aliran cairan akan berubah terhadap waktu dan tempat yang mengakibatkan perbedaan kecepatan aliran

sehingga menimbulkan kontak atau tumbukan antara partikel-partikel sehingga menghasilkan flok.

2.6 Ekstraksi *Fly Ash*

Proses ekstraksi merupakan pemisahan senyawa kimia dengan menarik suatu zat dari suatu sampel dengan menggunakan pelarut tertentu, ekstraksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi padat-cair. Ekstraksi padat-cair atau *leaching* merupakan proses difusi pelarut ke pori-pori padatan atau dinding sel, pada ekstraksi ini prinsip pemisahan didasarkan pada kemampuan daya larut analit dalam pelarut tertentu (Putri, 2021). Ekstraksi padat-cair (*leaching*) adalah proses pemisahan zat padat yang terlarut dari campurannya dengan pelarut yang tidak saling larut. Pemisahan umumnya melibatkan pemutusan yang selektif, dengan atau tanpa difusi (Aida dkk., 2018).

Ekstraksi padat-cair merupakan metode pemisahan campuran atas perbedaan kelarutan suatu zat terlarut (*solute*) dalam pelarut, atau proses menarik bagian zat yang aktif dari suatu padatan atau campuran dengan menggunakan pelarut yang dapat larut sepenuhnya atau sebagian dengan padatan atau cairan, *leaching* juga dapat dikatakan sebagai proses peluruhan bagian yang mudah terlarut (*solute*) dari suatu padatan dengan menggunakan pelarut tertentu pada temperatur dan proses tertentu sehingga mengakibatkan perpindahan massa *solute* dari fase padat ke fase cair yang dikatakan proses *desorpsi irreversibel* (Achmad dan Sugiarto, 2020).

Menurut Leba (2017) ekstraksi dilakukan dengan beberapa tahapan dan proses, adapun beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi pada proses ekstraksi yaitu, temperatur yang akan mempengaruhi laju reaksi, ukuran partikel dengan semakin kecil ukuran partikel maka dapat lebih mudah mengekstraksi dan juga ukuran partikel yang sama akan memiliki waktu ekstraksi yang sama, jenis pelarut harus sesuai dengan zat yang ingin diekstraksi, perbandingan berat bahan dengan volume pelarut mempengaruhi proses ekstraksi dikarenakan tegangan permukaan dari butir-butir bahan dan proses keluarnya zat terlarut padatan,

pengadukan (agitasi) akan mempengaruhi transfer material dari padatan ke larutan untuk mencegah terjadinya sedimentasi.

Ekstraksi fase padat disebut juga sorbent ekstraksi adalah proses ekstraksi yang melibatkan fasa padat dan fasa cair. Kelebihan ekstraksi padat-cair adalah tidak membutuhkan banyak pelarut, proses ekstraksi cepat, membutuhkan alat gelas yang minim sehingga lebih murah dan potensi untuk terkontaminasi akan semakin kecil, presisi dan akurasi yang lebih baik, evaporasi pelarut yang minim untuk analisis, telah terotomatisasi dengan baik (Hanura, 2022). Menurut Leba (2017) ekstraksi dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan metode yang digunakan, yaitu :

1) Maserasi

Proses ekstraksi yang sederhana dengan cara merendam 3-5 hari sampel pada suhu kamar menggunakan pelarut yang sesuai, sesekali diaduk untuk mempercepat proses pelarutan analit.

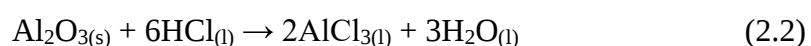
2) Perkolasi

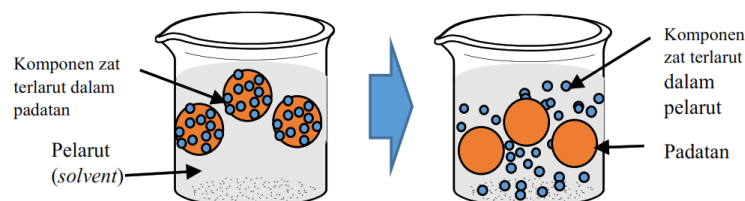
Salah satu jenis ekstraksi yang prosesnya dilakukan dengan mengalirkan pelarut secara perlahan pada sampel dalam suatu perkolator. Pelarut diteteskan secara terus menerus secara perlahan hingga analit terekstraksi sempurna, sampai pelarut yang digunakan tidak berwarna.

3) Sokletasi

Merupakan proses ekstraksi yang menggunakan alat soklet, dengan cara kerja pelarut dan sampel diletakkan pada tempat terpisah, kemudian ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut sedikit demi sedikit. Jika ekstraksi sudah selesai maka pelarut dapat diuapkan sehingga akan diperoleh ekstrak, jenis pelarut yang biasa digunakan adalah pelarut yang mudah menguap atau yang dengan titik didih yang rendah.

Kandungan aluminium oksida (Al_2O_3) yang terkandung pada *fly ash* dapat dijadikan koagulan dengan cara diekstraksi menggunakan larutan asam yaitu, HCl , H_2SO_4 dan HNO_3 yang akan menghasilkan larutan aluminium klorida. Berikut reaksi antara aluminium dengan asam klorida (Mirwan dkk., 2017).





Gambar 2.4 Mekanisme sederhana proses *leaching*
(Sumber :Wijaya dan Djiuardi, 2015)

Pemilihan jenis larutan asam yang digunakan pada proses ekstraksi juga menentukan jenis koagulan yang akan diperoleh seperti, pemilihan larutan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai pelarut ketika direaksikan dengan aluminium oksida (Al_2O_3) maka koagulan yang diperoleh adalah larutan aluminium sulfat atau sejenis koagulan tawas (Caroles, 2019). Salah satu jenis koagulan yang umum digunakan adalah PAC, dalam proses ekstraksi ini senyawa aluminium oksida (Al_2O_3) yang terdapat pada *fly ash* akan dilarutkan kedalam larutan asam untuk memperoleh larutan yang mengandung aluminium klorida atau sejenis koagulan PAC (Husaini dkk., 2018).

Oksida aluminium dapat larut dalam larutan asam, menggunakan pelarut asam merupakan pilihan yang tepat dalam mengekstraksi aluminium, penggunaan larutan asam (HCl) dalam mengekstraksi kandungan senyawa Al_2O_3 pada *fly ash* dikarenakan senyawa dominan pada *fly ash* seperti SiO_2 tidak dapat larut pada larutan HCl , larutan asam HCl juga merupakan asam kuat yang akan terionisasi secara sempurna di dalam larutan (Yudhistia dkk., 2018).

Berdasarkan penelitian Aida dkk., (2018) sebelum dilakukan proses ekstraksi pada *fly ash* terdapat beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk memperoleh hasil koagulan yang maksimal yaitu, dilakukan proses penurunan kadar air pada *fly ash* dan proses kalsinasi. Dalam proses ekstraksi padat-cair dibutuhkan larutan pelarut, untuk memperoleh larutan HCl 37% dengan variasi konsentrasi maka akan dilakukan proses pengenceran dengan menggunakan rumus molaritas, yaitu:

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \quad (2.3)$$

$$M1 \times V1 = M2 \times V2 \quad (2.4)$$

dengan M1 adalah konsentrasi awal sebelum pengenceran, M2 adalah konsentrasi larutan setelah pengenceran, V1 adalah volume larutan 1 dan V2 adalah volume larutan 2.

2.7 Parameter Analisa

Pada penelitian ini ada empat parameter yang akan di analisa yaitu pH, *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Turbiditas (kekeruhan).

2.7.1 pH (Derajat Keasaman)

Derajat keasaman adalah ukuran dalam menentukan sifat asam atau basa perairan, baik itu air bersih maupun limbah cair. Nilai pH menunjukkan tinggi rendahnya ion hidrogen dalam air. Perubahan nilai pH suatu air sangat berpengaruh pada proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup didalamnya. Perairan dengan nilai pH=7 berarti kondisi air bersifat netral, pH<7 kondisi air bersifat asam, dan pH>7 kondisi air bersifat basa. Analisa pH dilakukan dengan menggunakan pH meter (Pamungkas, 2016).

2.7.2 *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah jumlah berat dalam satuan mg/liter kering lumpur yang ada di dalam limbah setelah dilakukan penyaringan. Berdasarkan sifat fisik kualitas air didasarkan pada jumlah kandungan TSS pada dasarnya partikel-partikel yang terdapat di dalam air akan menyebabkan air menjadi keruh sehingga perlunya menangani kekeruhan air yang terjadi (Rosarina dan Laksanawati, 2018).

2.7.3 *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi zat-zat organik yang terdapat pada sampel air, pengoksidasi K₂, Cr₂, O₇ digunakan sebagai sumber oksigen. Pengukuran COD diperoleh dari hasil

titrasi hingga terjadinya perubahan warna dari kuning oranye atau biru kehijauan menjadi merah kecoklatan (Putra dan Yulis, 2019).

2.7.4 Turbiditas

Turbiditas atau kekeruhan merupakan bahan-bahan yang terdapat dalam perairan yang mempengaruhi kualitas air, seperti plankton, jasad renik, lumpur serta pasir. Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut dan menghambat sinar matahari untuk masuk ke dalam perairan. Tingkat kekeruhan disebabkan oleh materi yang tersuspensi, terlarut, serta partikel-partikel lainnya. Satuan dari nilai kekeruhan adalah *Nefelometri Turbidity Unit* (NTU) (Suhendar dkk., 2020).

2.8 Metode Jar Test

Jar test merupakan suatu metode yang digunakan untuk pengujian atau mengetahui kemampuan dari suatu koagulan dan menentukan dosis optimum pada proses penjernihan air dan air limbah. Metode *jar test* mensimulasikan proses koagulasi-flokulasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi serta zat organik yang dapat menyebabkan masalah kekeruhan, bau dan rasa. (Husaini dkk., 2018). *Jar test* merupakan suatu percobaan skala laboratorium yang dimanfaatkan pada proses pengolahan air bersih (Oktaviasari dan Mashuri, 2016).

Metode *jar test* dapat mendapatkan data mengenai kondisi optimum parameter-parameter, seperti persentase zat kimia yang digunakan, tingkat keasaman, persentase dan cara penambahan bahan kimia yang akan digunakan, kemampuan aktivator untuk larut dan kemampuan penjernihan (Reza, 2021). Terdapat pula beberapa variabel yang harus diperhatikan dalam prosedur penggunaan metode *jar test* sehingga mendapatkan hasil-hasil yang baik, seperti temperatur *gelas beaker*, warna dan kekeruhan, metode pengeluaran contoh air dan peralatan percobaan dan prosedur percobaan (Lolo dan Pambudi, 2020).

BAB III

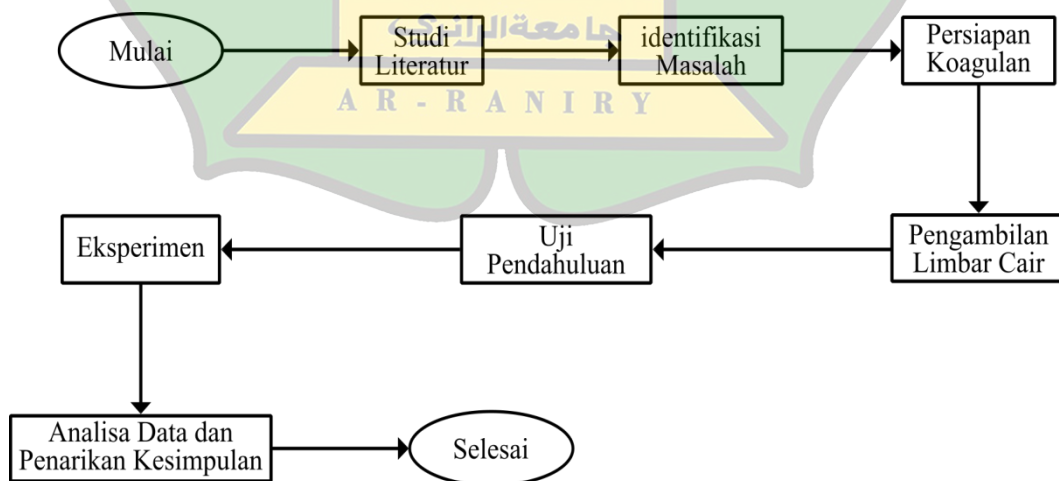
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

- 1) Tahapan studi literatur yang dilakukan untuk mengetahui informasi terkait tahapan penelitian yang akan dilakukan, sumber literatur yang digunakan pada penelitian ini adalah buku, jurnal dan skripsi terdahulu.
- 2) Tahapan identifikasi masalah untuk memahami masalah yang akan diteliti.
- 3) Tahap persiapan, ekstraksi *fly ash* menjadi koagulan cair.
- 4) Tahap pengambilan sampel limbah cair pencucian ikan yang akan digunakan.
- 5) Tahap uji pendahuluan sampel limbah cair pencucian ikan yang meliputi pengujian pH, TSS, COD dan turbiditas.
- 6) Tahap uji koagulasi-flokulasi limbah cair pencucian ikan menggunakan koagulan *fly ash* yang telah disiapkan.
- 7) Tahap analisa data dan penarikan kesimpulan untuk menjawab rumusan masalah yang telah diidentifikasi.

Urutan tahapan umum penelitian yang disajikan dalam bentuk bagan alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.

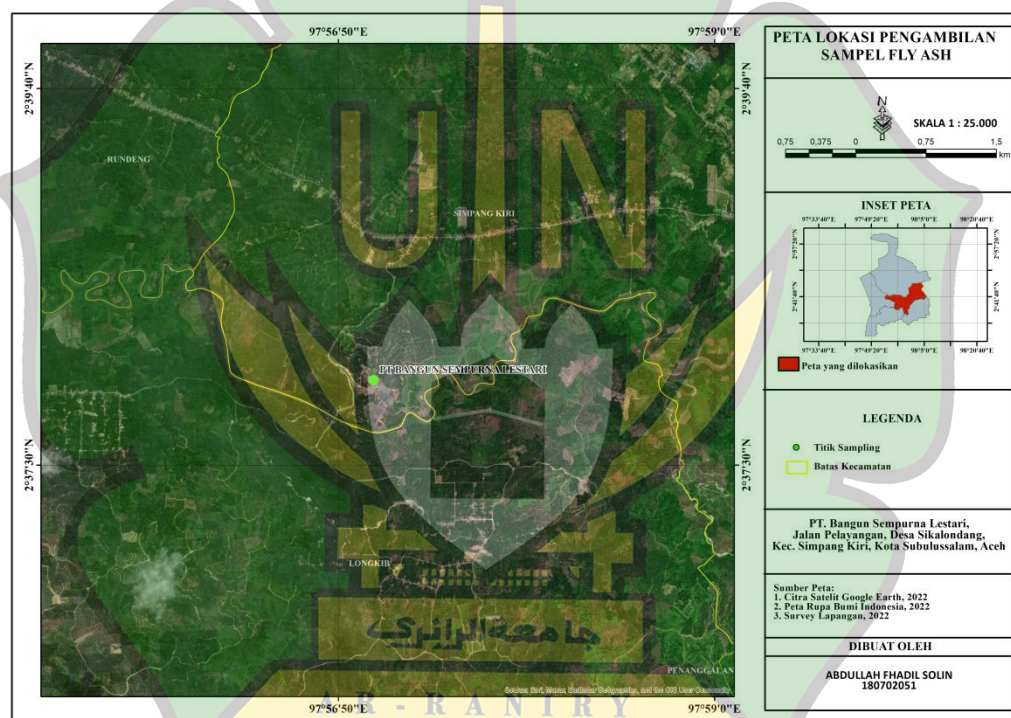


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel pada penelitian ini adalah:

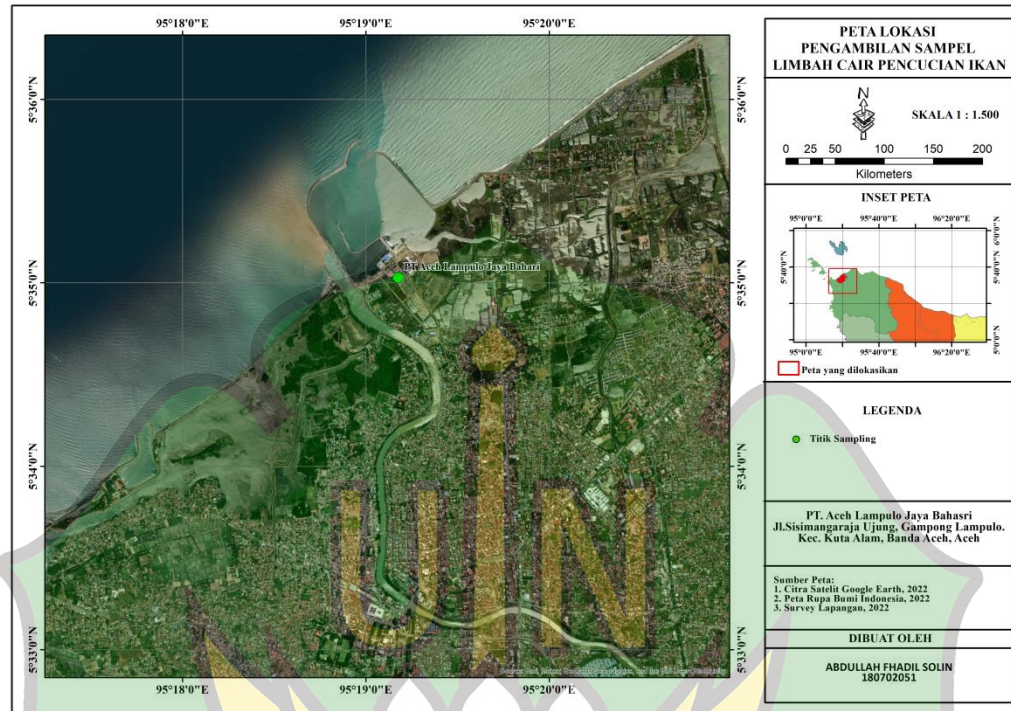
- 1) Sampel *fly ash* yang diperoleh dari pabrik kelapa sawit PT. Bangun Sempurna Lestari yang terletak di Desa Sikalondang, Kota Subulussalam. Pemilihan lokasi ini dikarenakan pada penelitian sebelumnya sampel *fly ash* dari lokasi tersebut sudah pernah dimanfaatkan sebagai adsorben. Karena sudah pernah dijadikan sebagai bahan penelitian tentunya akan mempermudah penulis dalam proses pengambilan sampel. Dapat dilihat lokasi pengambilan sampel *fly ash* pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Peta Lokasi PT. Bangun Sempurna Lestari

- 2) Limbah cair pencucian ikan diperoleh dari PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari, yang berlokasi pada Jalan Sisimangaraja Ujung No.16 Gampong Lampulo, Banda Aceh. Limbah pencucian ikan pada PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari merupakan hasil dari pencucian dan pembekuan ikan. Pada penelitian ini penulis mengambil sampel uji yang berasal dari industri perikanan yaitu merupakan limbah cair pencucian ikan yang kemudian akan diuji

menggunakan koagulan berbahan *fly ash* pabrik kelapa sawit. Dapat dilihat lokasi pengambilan sampel limbah cair pencucian ikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Peta Lokasi PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari

3.3 Metode Pengambilan Sampel

3.3.1 Sampel Limbah Cair

Metode pengambilan sampel merujuk pada SNI 6989.59:2008 yang dilakukan dengan menggunakan teknik *grab sampling* atau sesaat. Pengambilan sampel dilakukan pada saluran *outlet*, dengan tahapan sebagai berikut:

- 1) Sampel limbah cair pencucian ikan diambil langsung dari pipa outlet pencucian ikan yang tidak tercampur oleh limbah cair domestik lainnya pada PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari. Waktu yang dilakukan pada pagi hari antara pukul 06.00 sampai 10.00 WIB. Pemilihan waktu tersebut dikarenakan intensitas aktivitas mulai dari jam kerja.
- 2) Pengambilan sampel dilakukan dengan gayung bertangkai lalu dituangkan ke dalam wadah dengan ketentuan berdasarkan (SNI 6989.59.2008) berikut:
 - a. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat
 - b. Mudah dicuci dari bekas sebelumnya

- c. Mudah dan nyaman untuk dibawa
- d. Mudah dipisahkan ke dalam botol penampung tanpa ada bahan sisa tersuspensi di dalamnya.
- e. Kapasitas tergantung dari tujuan penelitian.

3.3.2 Sampel *fly ash*

Pengambilan sampel dilakukan pada tumpukan *fly ash* dengan prosedur teknis merujuk pada SNI 19-0428-1998 sebagai berikut:

- 1) Sampel *fly ash* diambil langsung pada tumpukan *fly ash* yang terdapat pada corong *boiler*, sampel diambil secara acak dengan masing-masing beratnya kira-kira sama.
- 2) Pengambilan sampel dilakukan menggunakan sekop atau gerobak dorong lalu akan dimasukkan pada wadah karung *polyethylene* atau plastik.

3.4 Variabel Penelitian

- 1) Variabel bebas

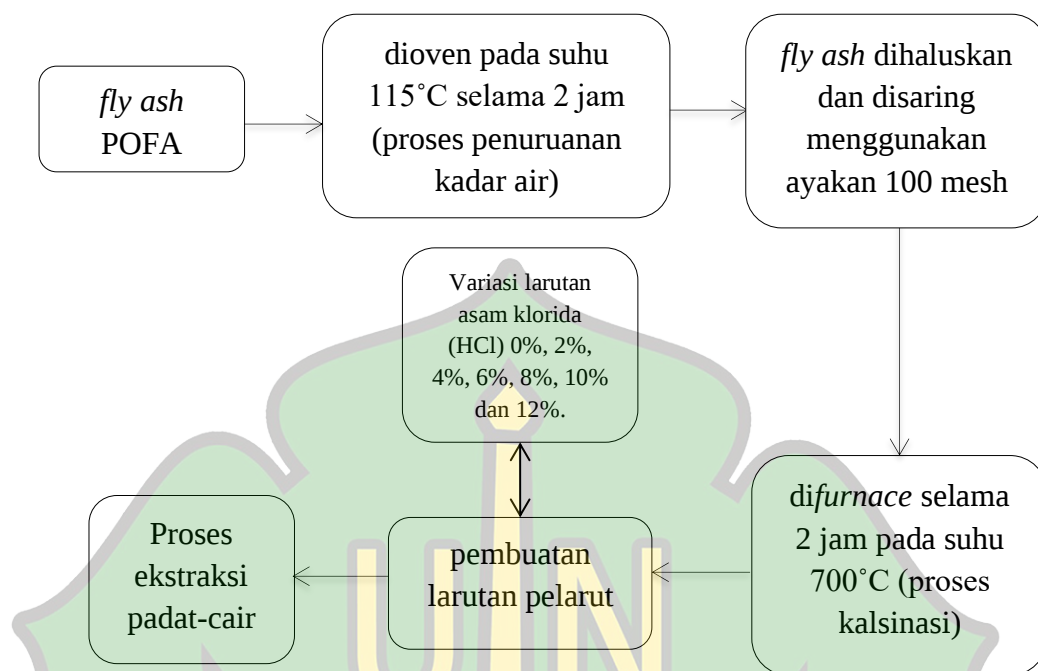
Variabel bebas merupakan variabel yang dapat dimanipulasi agar memperoleh perubahan yang ingin diamati dan variabel tersebut akan mempengaruhi perubahan. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah konsentrasi HCl yang digunakan pada proses pembuatan koagulan dan variasi dosis koagulan.

- 2) Variabel terikat

Variabel terikat adalah bagian yang akan diamati dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yakni limbah cair pencucian ikan dan konsentrasi penurunan kadar pH, TSS, COD dan turbiditas.

3.5 Persiapan Koagulan

Sebelum melakukan eksperimen dipersiapkan terlebih dahulu koagulan yang berbahan dari *fly ash*. Dalam proses pembuatan koagulan ini merujuk pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Fitri (2013), meliputi tahapan seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Alir Persiapan Koagulan

Prosedur ekstraksi *fly ash* merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Fitri (2013), meliputi tahapan sebagai berikut:

a. Pembuatan Larutan HCl

Larutan HCl yang akan diencerkan memiliki konsentrasi 37%, dengan mencari nilai Molaritas (M) dari larutan HCl 37%, setelah itu dilakukan pengenceran dengan variasi konsentrasi larutan 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%. Molaritas HCl 37% dinyatakan (M1), adapun contoh perhitungan yaitu:

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \\
 &= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}} \\
 &= 12,06 \text{ M}
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

Langkah selanjutnya, mencari nilai Molaritas HCl 2% yang diencerkan (M2) dengan rumus:

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(2\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 0,65 \text{ M}$$

Perhitungan pembuatan larutan HCl yang diencerkan menggunakan rumus pengenceran Molaritas, yaitu:

Dengan diketahui, $M_1 = 12,06 \text{ M}$, $M_2 = 0,65 \text{ M}$, $V_2 = 100 \text{ ml}$, $V_1 = \dots?$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2 \quad (3.2)$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0,65 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{65}{12.06}$$

$$= 5,38 \text{ ml}$$

Maka untuk Pembuatan larutan HCl 2% dilakukan dengan mengencerkan 5,38 ml HCl 37% dalam labu ukur 100 ml dengan aquades hingga tanda batas. Digunakan rumus yang sama untuk pengenceran HCl dengan konsentrasi 0%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12%, sehingga untuk pembuatan larutan 0%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% dilakukan dengan mengencerkan 0 ml; 10,77 ml; 16,16 ml; 21,55 ml; 27,03 ml dan 32,42 ml larutan HCl 37% dalam labu ukur 100 ml dengan aquades hingga tanda batas. Menurut Yudhistia dkk. (2018), penggunaan variasi HCl dilakukan untuk mengetahui konsentrasi maksimal pelarut untuk mengekstraksi padatan Al_2O_3 yang terdapat pada *fly ash* dalam kondisi maksimum.

b. Penurunan Kadar Air.

Fly ash dicuci dahulu menggunakan *aquades* dan dilanjutkan dengan memasukkan ke dalam oven dengan suhu 115°C selama 2 jam, proses ini untuk melepaskan ikatan kimia dari air dalam kristal. Abu yang sudah kering kemudian dilakukan penghalusan dengan mortar dan pengayakan dengan *screen* hingga lolos ukuran 100 mesh proses ini dilakukan karena untuk memperkecil ukuran partikel dari abu terbang yang bertujuan mempermudah proses reaksi yang terjadi antara aluminium oksida dalam asam dengan asam klorida semakin cepat pula.

c. Proses Kalsinasi

Proses ini dilakukan dengan memanaskan abu *fly ash* yang lolos *screen* 100 mesh ke dalam *furnace* pada suhu 700°C selama 2 jam. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan mineral yang terdapat pada abu terbang serta pengotor-pengotor organik yang terkandung didalamnya.

d. Proses Ekstraksi Padat-cair

Proses ekstraksi dilakukan dengan melarutkan 20 gram sampel abu terbang yang telah di kalsinasi ke dalam larutan asam klorida (HCl) 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% dan 12% sebanyak 100 ml. Dilakukan pengadukan dengan menggunakan *hot plate* selama 1 jam. Setelah itu, dilakukan penyaringan untuk memisahkan bahan-bahan yang terlarut dan tersuspensi menggunakan kertas saring *whatman 41*. Diperoleh hasil 7 jenis koagulan, yaitu koagulan 0%, koagulan 2%, koagulan 4%, koagulan 6%, koagulan 8%, koagulan 10% dan koagulan 12%.

3.6 Eksperimen

3.6.1 Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah *Furnace*, Ayakan (*screen*) ukuran 100 mesh, Mortar, *Erlenmeyer*, Pengaduk magnet, Pipet volume, Labu ukur, *Beaker glass*, Gelas ukur, Corong, Neraca analitik, *Oven*, pH meter, COD meter dan *Jar Test*. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel air limbah pencucian ikan 10 liter, sampel *fly ash* 1 kg, HCl 37%, *Aquades* dan Kertas Whatman 41.

3.6.2 Proses Koagulasi (*Jar Test*)

Proses koagulasi menggunakan *jar test* merujuk pada SNI-19-6449:2000 dan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Aida dkk., (2018), dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Dimasukkan contoh uji limbah cair pencucian ikan ke dalam *beaker glass* 500 ml.
2. Dilakukan pengadukan dengan mengatur kecepatan 180 rpm selama 3 menit.

3. Diambil koagulan 2% sebanyak 3 ml dan 6 ml dengan menggunakan pipet volume, kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
4. Kurangi kecepatan sampai pada kecepatan 50 rpm untuk menjaga keseragaman partikel flok yang terlarut melalui pengadukan lambat selama 15 menit.
5. Didiamkan selama 15 menit untuk pengendapan, kemudian diukur parameter uji (pH, TSS, COD dan Turbiditas) pada masing-masing *beaker glass*.
6. Dilakukan pengujian yang sama untuk larutan abu 0%, larutan abu 4%, larutan abu 6%, larutan abu 8% dan larutan abu 10%, larutan abu 12%.

3.7 Pengujian Sampel

3.7.1 Pengujian pH

Pengujian pH merujuk pada SNI-6989.11:2019, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Sampel air limbah dikocok dengan homogen.
2. Sampel dimasukkan ke dalam gelas *beaker pyrex* sebanyak 100 ml.
3. Dilepaskan tutup elektroda pH meter, dan dibilas elektroda dengan air *aquades* lalu keringkan menggunakan tisu.
4. pH meter dinyalakan, dicelupkan ujung elektroda pH meter ke dalam gelas *beaker pyrex* yang berisikan sampel.
5. Ditunggu pembacaan pH meter hingga stabil.
6. Dicatat hasil nilai pengukuran yang keluar pada tampilan alat pH meter.

3.7.2 Pengujian TSS

Pengujian TSS merujuk pada SNI-6989.03:2019, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Dilakukan penyaringan menggunakan alat vakum, dibasahi kertas saring dengan sedikit air suling.
2. Diaduk sampel hingga homogen kemudian gunakan pipet volume untuk mengambil sampel sebanyak 100 ml.

3. Dipindahkan kertas saring dengan hati-hati dari peralatan penyaring ke desikator, gunakan aluminium sebagai penyangga. Diamkan selama beberapa menit.
4. Dikeringkan di dalam oven selama 1 jam pada suhu 105°C, kemudian dinginkan media di dalam desikator dan ditimbang.
5. Dihitung kadar TSS dan dicatat.

Perhitungan untuk mengukur TSS menurut SNI-6989.3:2019, adalah sebagai berikut:

$$TSS = \frac{(A-B) \times 1000}{V} \quad (3.3)$$

dengan A adalah berat penyaring awal (mg), B adalah berat penyaring residu kering (mg), V adalah volume contoh uji dan 1000 adalah konversi mililiter ke liter.

3.7.3 Pengujian COD

Pengujian COD merujuk pada SNI-6989.73:2009, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pipet volume contoh uji sebanyak 2,5 ml, dan ditambahkan 1,5 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ kemudian ditambahkan 3,5 ml larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung.
2. Ditutup tabung dan dikocok perlahan sampai homogen.
3. Tabung diletakkan pada pemanas dengan suhu 150 °C, lakukan *digestion* selama 2 jam.
4. Dinginkan sampel yang sudah di *refluks* perlahan-lahan sampai suhu stabil. Sese kali sampel dibuka untuk mencegah tekanan gas berlebihan.
5. Kemudian dimasukkan kedalam COD meter, tekan “start” hingga alat selesai membaca hasil, setelah itu dicatat hasil angka pengukuran yang terbaca pada alat.

3.7.4 Pengujian Turbiditas

Pengujian turbiditas merujuk pada SNI 06-6989.25-2005, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Dibilas kuvet dengan air aquades.
2. Dimasukkan sampel limbah cair ke dalam kuvet sampai batas garis.

3. Dilap sisa-sisa air pada kuvet sampai dipastikan bagian luar kuvet kering dan meletakkan kuvet di alat turbidimeter.
4. Ditekan tombol “power” pada alat turbidimeter, setelah itu tekan tombol zero pada alat.
5. Selanjutnya tekan tombol “test/call” pada alat, dicatat hasil angka pengukuran yang terbaca oleh alat.
6. Alat dimatikan, setelah itu keluarkan kuvet dan dibilas dengan aquades.

3.8 Analisis Data

3.8.1 Efektivitas

Pada tahap ini, analisa data yang dilakukan adalah untuk mengetahui efektivitas atau persen penurunan beban pencemar setiap parameter dari limbah cair pencucian ikan, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(x-y)}{x} \times 100\% \quad (3.4)$$

dengan x adalah kadar awal dan y adalah kadar hasil proses koagulasi-flokulasi.

3.8.2 Analisis Statistik

Analisis statistik digunakan untuk mengetahui pengaruh dari variabel bebas terhadap penurunan atau penyisihan beban pencemar dari setiap parameter pada limbah cair pencucian ikan, analisis dilakukan menggunakan *software* SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*). SPSS merupakan *software* yang digunakan untuk pengolahan dan menganalisis data yang memiliki kemampuan analisis statistik serta manajemen data dengan lingkungan grafis, SPSS sering digunakan oleh peneliti dari berbagai disiplin ilmu (Aryani dan Gustian, 2020).

Uji analisis statistik digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan secara linear antara variabel terikat terhadap variabel bebas yang hendak diuji. Data akan diolah dengan analisis regresi linear berganda sehingga dapat melihat hasil pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap suatu variabel terikat. Dari metode ini akan menyimpulkan ada atau tidaknya pengaruh dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat dan menunjukkan berapa persen

pengaruh yang diberikan variabel bebas terhadap variabel terikat (Aryani dan Gustian, 2020).

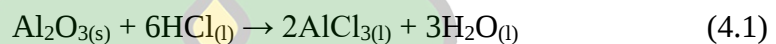


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Produk (Koagulan *Fly Ash*)

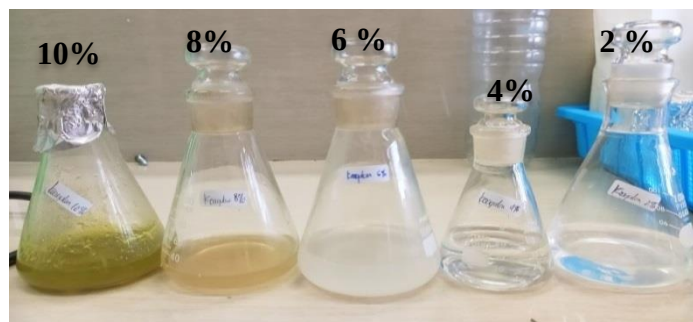
Hasil produk pemanfaatan limbah abu terbang (*fly ash*) pabrik kelapa sawit melalui tahapan ekstraksi kandungan Al_2O_3 merupakan koagulan yang berbentuk cair seperti *gel*, bersifat asam apabila bereaksi dengan air. Koagulan yang dihasilkan merupakan larutan aluminium klorida (AlCl_3), reaksi yang terjadi ialah:



Reaksi yang terjadi antara aluminium (alumina) dengan HCl menghasilkan garam AlCl_3 yang cenderung bersifat asam, dalam hal ini alumina menunjukkan sifat basanya karena bereaksi dengan asam kuat (Husaini dkk., 2018). Hasil produk berupa senyawa aluminium yang warnanya cenderung keputihan, namun produk yang terkontaminasi dengan besi triklorida maka akan memberikan warna kekuning-kuningan, Gambar 4.1 menunjukkan proses ekstraksi dan Gambar 4.2 Menunjukkan hasil ekstraksi, produk koagulan *fly ash*.



Gambar 4.1 Proses ekstraksi menggunakan *Hot Plate*



Gambar 4.2 Koagulan *fly ash* yang sudah di ekstraksi

4.2 Hasil Eksperimen

Hasil pengukuran parameter terhadap sampel limbah cair pencucian ikan sebelum dilakukan pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1. dapat dilihat perbandingan hasil pengukuran parameter awal dengan standar baku mutu limbah cair pencucian ikan.

Tabel 4.1 Nilai Parameter Awal Limbah Cair Pencucian Ikan

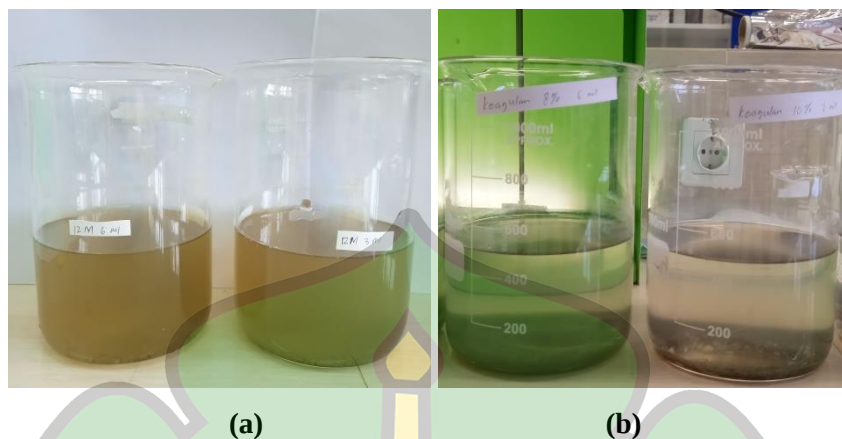
No	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu
1	pH	7,4	6-9
2	TSS	222 mg/L	100 mg/L
3	COD	437 mg/L	200 mg/L
4	Turbiditas	182 NTU	-

(Sumber: Hasil uji laboratorium)

Berdasarkan Tabel 4.1. parameter pH, COD, TSS dan turbiditas pada limbah cair pencucian ikan melebihi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan. Pada Tabel 4.1. diperoleh nilai turbiditas awal sebesar 182 NTU namun tidak dapat dilakukan perbandingan karena parameter turbiditas tidak ditetapkan pada peraturan yang berlaku untuk limbah cair pencucian ikan atau sejenisnya.

Kenampakan fisik limbah cair pencucian ikan sebelum dilakukan pengujian cenderung memiliki warna yang keruh dan terdapat partikel-partikel halus yang mengapung pada air. Setelah dilakukan pengujian mengalami perubahan warna dan dapat dilihat flock yang menggumpal di dasar *beaker glass* dan warna air yang cenderung lebih jernih. Gambar 4.3 menunjukkan kenampakan fisik limbah cair pencucian ikan sebelum penambahan koagulan dan sesudah dilakukan pengujian dengan penambahan koagulan *fly ash* menggunakan metode koagulasi-flokulasi. Kemudian hasil pengujian dan efektivitas penggunaan koagulan *fly ash* terhadap

penetrulan nilai pH dan degradasi parameter lainnya yaitu TSS, COD dan turbiditas dapat dilihat pada Tabel 4.2.



Gambar 4.3 Limbah cair pencucian ikan (a) sebelum pengujian, (b) setelah pengujian dengan menggunakan koagulan *fly ash*

4.3 Pembahasan

Untuk membuktikan suatu variabel berpengaruh terhadap variabel lainnya diperlukannya uji linearitas dengan menggunakan *Software Statistical Product and Service Solutions* (SPSS). Hasil uji linieritas konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penyisihan parameter pencemar pada limbah cair pencucian ikan dapat dilihat pada Tabel 4.3 .

Tabel 4.3 Hasil uji linearitas menggunakan SPSS

Variabel bebas	Nilai Signifikansi (sig.)				Nilai Probabilitas	Keterangan
	pH	TSS	COD	Turbiditas		
Konsentrasi HCl	0,000	0,046	0,000	0,001	<0,05	Konsentrasi HCl mempengaruhi parameter pH, TSS, COD dan Turbiditas.
Dosis koagulan	0,444	0,423	0,517	0,145		Dosis koagulan tidak mempengaruhi parameter pH, TSS, COD dan Turbiditas.

Tabel 4.2 Hasil analisis parameter pH, TSS, COD dan turbiditas limbah cair pencucian ikan, PT. Aceh Lampulo Jaya Bahari, Gampong Lampulo, Kota Banda Aceh (*baku mutu (BM), *hasil pengukuran awal (HPA), *hasil pengukuran setelah pengujian (HPSP), *efektivitas degradasi(ED)).

Konsentrasi HCl 37%	Dosis Koagulan (ml)	pH			TSS (mg/L)				COD (mg/L)				Turbiditas			
		BM	HPA	HPSP	BM	HPA	HPSP	ED (%)	BM	HPA	HPSP	ED (%)	BM	HPA	HPSP	ED (%)
0	3	6-9	7,4	7,6	100	222	210	5,41	200	437	460	-5,26	-	182	166,5	8,52
2				7,1			135	39,19			342	21,74			45,6	74,95
4				7			138	37,84			327	25,17			36,7	79,84
6				6,9			142	36,04			338	22,65			35,7	80,38
8				6,4			79	64,41			230	47,37			18,6	89,78
10				5,7			75	66,22			189	56,75			12,7	93,02
12				5			94	57,66			207	52,63			2,4	98,68
0	6			7,7			218	1,80			471	-7,78			173,6	4,62
2				7,1			128	42,34			321	26,54			28,5	84,34
4				6,8			142	36,04			303	30,66			32,8	81,98
6				6,5			146	34,23			320	26,77			41,5	77,20
8				6			72	67,57			211	51,72			14,8	91,87
10				3,1			67	69,82			187	57,21			8,4	95,38
12				2,7			102	54,05			231	47,14			16,7	90,82

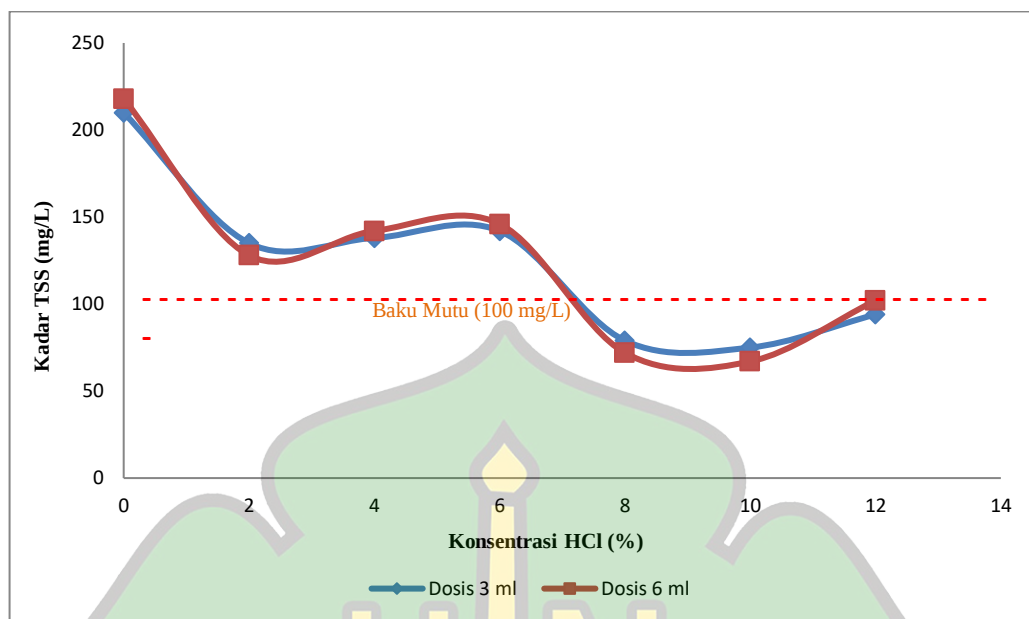
4.3.1 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Kadar TSS

Berdasarkan Tabel 4.1. kadar awal TSS limbah cair pencucian ikan adalah 222 mg/L, telah melebihi standar baku mutu yaitu 100 mg/L berdasarkan PERMEN LH Nomor 05 tahun 2014. Hasil pada Tabel 4.2. menunjukkan efektivitas penurunan kadar TSS sebesar 69,82% pada penambahan koagulan konsentrasi HCl 10% dengan dosis koagulan 6 ml mampu mendegradasi kadar TSS 222 mg/L turun menjadi 67 mg/L. Kadar TSS mengalami penurunan nilai sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Secara fisik air limbah yang sudah dilakukan pengolahan terlihat jernih dan terdapat gumpalan flok di bagian dasar *beaker glass*. Tingginya kadar TSS pada limbah cair pencucian ikan menurut Rosarina dan Laksanawati (2018) merupakan pengaruh dari material padat yang tidak terlarut dalam larutan baik itu organik maupun anorganik, yang menyebabkan larutan menjadi keruh, dipengaruhi oleh partikel organik, padatan tersuspensi dan komponen tubuh ikan.

Pembentukan flok seperti yang terlihat pada Gambar 4.4. terjadi dikarenakan adanya penambahan koagulan yang mengandung senyawa Al^{+} , sehingga senyawa Al^{+} mempengaruhi partikel-partikel yang bermuatan negatif pada limbah cair pencucian ikan, pada kondisi yang homogen partikel koloid saling mengikat sehingga membentuk flok (Andriansyah, 2020). Grafik hubungan konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penyisihan kadar TSS dapat dilihat pada grafik Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi



Gambar 4.5 Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan kadar TSS

Berdasarkan Gambar 4.5. menunjukkan pengaruh yang signifikan dalam mendegradasi limbah cair pencucian ikan pada penambahan koagulan konsentrasi 8% dan 10%, sedangkan pada penambahan koagulan konsentrasi 2% terjadi penurunan yang signifikan namun hasil yang diperoleh belum sesuai dengan standar baku mutu, pada penambahan koagulan konsentrasi 12% terjadi kenaikan kadar TSS yang artinya bahwa koagulan sudah mencapai batas optimum. Kadar TSS mengalami penurunan yang kecil pada penambahan koagulan tanpa konsentrasi HCl atau dengan konsentrasi HCl 0%, hal tersebut dimungkinkan terjadi karena adanya proses pengendapan selama 15 menit sebelum proses pengecekan kadar TSS, yang mengakibatkan partikel koloid mengendap sehingga dalam proses pengecekan terjadi penurunan yang sangat kecil. Waktu pengendapan dapat mempengaruhi dan menurunkan kadar TSS karena terjadi pengendapan partikel-partikel koloid yang terdapat pada air, sehingga pada saat pengujian kadar TSS diperoleh penurunan yang sedikit dari kadar sebelumnya (Hak dkk., 2019).

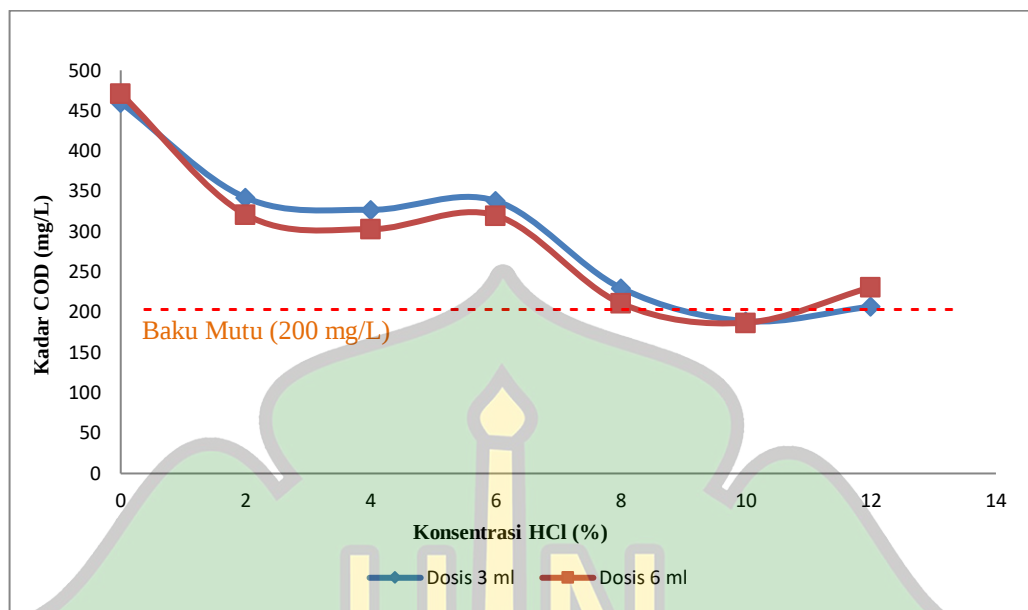
Dosis koagulan yang divariasikan tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan kadar TSS, hal tersebut dibuktikan dengan hasil analisis uji regresi

linear berganda yang dapat dilihat pada Lampiran 3, hasil analisis menunjukkan *output* nilai signifikansi konsentrasi HCl sebesar $0,046 < 0,05$ menandakan bahwa konsentrasi HCl mempengaruhi degradasi kadar TSS pada limbah cair pencucian ikan sedangkan berdasarkan analisis nilai signifikansi dosis koagulan diperoleh hasil $0,423 > 0,05$ yang menandakan dosis koagulan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar TSS dari Gambar 4.5 dapat terlihat bahwa perbedaan hasil pengujian antara penambahan dosis koagulan 3 ml dan 6 ml tidak memiliki rentang nilai yang jauh.

Pada lampiran 3, tabel *model summary* menunjukkan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat sebesar 37% dengan nilai korelasi/hubungan 0,610 yaitu dengan korelasi kuat. Dosis optimum koagulan *fly ash* dalam mendegradasi kadar TSS limbah cair pencucian ikan adalah pada penambahan koagulan konsentrasi HCl 10% dengan dosis 6 ml. Pengaruh koagulan dengan variasi konsentrasi HCl memiliki hubungan kuat terhadap penurunan kadar TSS sedangkan dosis koagulan yang menggunakan dua variasi tidak terlalu berpengaruh terhadap penurunan kadar TSS. Dari hasil analisa juga diperoleh sebesar 63% penurunan kadar TSS dipengaruhi oleh faktor X diluar dari variabel bebas penelitian.

4.3.2 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Kadar COD

Berdasarkan Tabel 4.1. kadar awal COD limbah cair pencucian ikan adalah 437 mg/L, telah melebihi standar baku mutu yaitu 200 mg/L berdasarkan PERMEN LH Nomor 05 tahun 2014. Hasil pada Tabel 4.2. menunjukkan efektivitas tertinggi koagulan *fly ash* dalam mendegradasi kadar COD mencapai 57,21% dengan penggunaan koagulan konsentrasi HCl 10% pada dosis 6 ml berhasil mendegradasi kadar awal COD 437 mg/L hingga menjadi 187 mg/L. Diperoleh hasil pengujian kadar COD sudah sesuai dengan baku mutu pada penambahan koagulan dengan konsentrasi dan dosis tertentu. COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan organisme untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air secara kimiawi (Putra dan Yulis, 2019). Grafik hubungan konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penyisihan kadar COD dapat dilihat pada grafik Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan kadar COD

Berdasarkan Gambar 4.6, diketahui bahwa kadar COD mengalami penurunan dan kenaikan dengan seiring dilakukan penambahan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan. Penurunan dan kenaikan yang terjadi tidak terlalu signifikan, dan faktor dominan yang mempengaruhi penurunan dan kenaikan kadar COD adalah variasi konsentrasi HCl. Pada penambahan koagulan konsentrasi HCl 0% terjadi kenaikan kadar COD yang dimungkinkan karena adanya beban organik pada koagulan 0% yang mengakibatkan kadar COD meningkat, sedangkan pada penambahan koagulan konsentrasi HCl 2%, 4%, 6%, 8% dan 12% terjadi penurunan kadar COD namun belum mencapai kadar yang sesuai dengan standar baku mutu. Hasil yang didapatkan berbanding terbalik dengan parameter pH, pada penambahan koagulan konsentrasi HCl 10% nilai pH sudah menunjukkan kondisi yang tidak stabil dikarenakan nilai yang didapatkan sudah jauh diatas baku mutu. Kenaikan kadar COD dapat terjadi dikarenakan meningkatnya jumlah zat organik yang terkandung dalam koagulan yang tidak dapat didegradasi karena jumlahnya yang berlebihan dalam sampel uji yang mengakibatkan sisa zat organik maupun anorganik yang tidak dapat terdegradasi

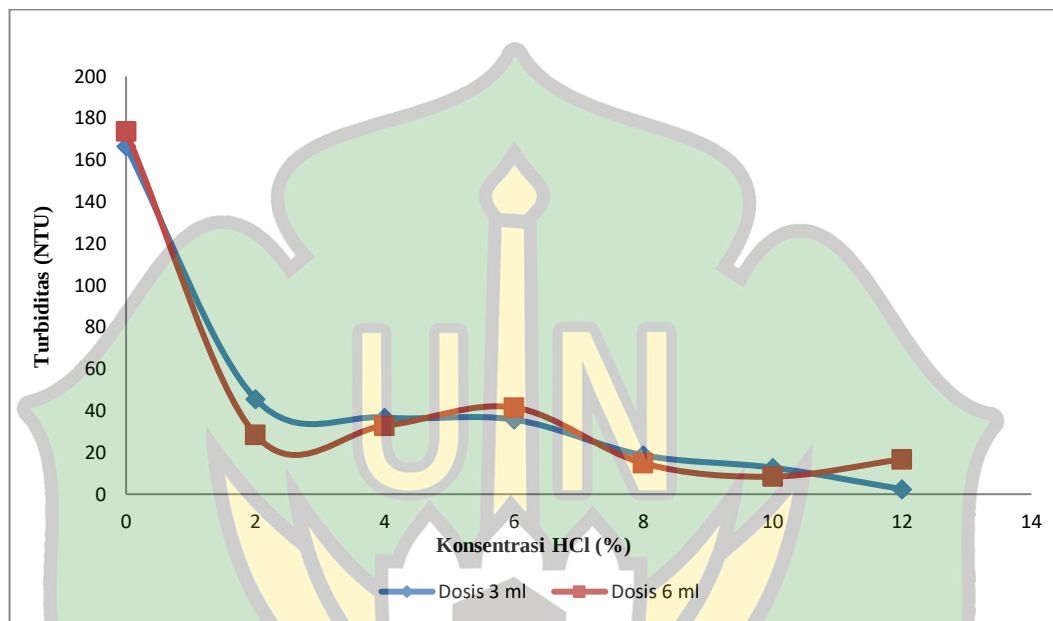
tersebut akan mempengaruhi naiknya hasil pengujian COD pada sampel limbah cair (Susilo dan Sulistyawati, 2019).

Berdasarkan hasil uji regresi linear berganda yang dapat dilihat pada lampiran 3, *output* nilai signifikansi menunjukkan konsentrasi HCl $0,000 < 0,05$ menandakan konsentrasi HCl berpengaruh terhadap penurunan dan kenaikan kadar COD, sedangkan nilai signifikansi pada variasi dosis koagulan yaitu $0,517 < 0,05$ yang menandakan bahwa dosis koagulan tidak signifikan dalam mempengaruhi penurunan dan kenaikan kadar COD. Dari hasil analisis diperoleh pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat sebesar 85% dengan nilai korelasi 0,926 yang menandakan hubungan korelasi yang sangat kuat. Untuk menurunkan kadar COD dengan efektivitas yang tinggi maka perlu dilakukan kajian ulang untuk penambahan kombinasi metode pengolahan dalam penurunan kadar COD karena pada penelitian ini hasil pengujian koagulan *fly ash* belum mencapai efektivitas yang optimum dalam mendegradasi kadar COD pada limbah cair pencucian ikan. Seperti yang dilakukan pada penelitian Salamah dan Rahmanto (2021) menggunakan metode koagulasi-flokulasi berhasil menyisihkan kadar COD limbah cair pencucian ikan sebelum dilakukan penambahan koagulan sebesar 2.539,63 mg/L, setelah dilakukan uji koagulasi-flokulasi menggunakan PAC kadarnya menjadi 1.116 mg/L dengan efisiensi 56%, sehingga dilakukan kombinasi pengolahan menggunakan reaktor biofiltrasi anaerob dengan media *bioball* yang dapat menurunkan kadar COD dengan efisiensi sebesar 89,2% dengan nilai COD 504 mg/L.

4.3.3 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Nilai Turbiditas

Berdasarkan Tabel 4.1. nilai awal turbiditas limbah cair pencucian ikan adalah 182 NTU, setelah dilakukan pengujian menggunakan koagulan *fly ash* maka diperoleh hasil tertinggi efektivitas penurunan nilai turbiditas 98,68% pada penambahan koagulan konsentrasi HCl 12% dengan dosis 3 ml yang menurunkan nilai turbiditas menjadi 2,4 NTU. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut, tingkat kekeruhan disebabkan oleh materi yang tersuspensi, terlarut, serta partikel-partikel lainnya, tingginya padatan

tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan, semakin tinggi nilai padatan tersuspensi maka semakin tinggi juga nilai kekeruhan (Suhendar dkk., 2020). Untuk melihat pengaruh konsentrasi HCl dan dosis koagulan dalam penurunan nilai turbiditas dapat dilihat pada grafik Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan kadar turbiditas

Berdasarkan Gambar 4.7. menunjukkan bahwa pengaruh peningkatan penggunaan koagulan *fly ash* memberikan hasil yang baik dalam mendegradasi polutan pada limbah cair pencucian ikan, hal ini disebabkan karena peningkatan konsentrasi HCl dan dosis koagulan dapat menyebabkan berkurangnya partikel tersuspensi yang terkandung dalam limbah cair pencucian ikan. Jika dibandingkan dengan grafik penurunan kadar TSS sama-sama memiliki grafik penurunan yang mirip, namun pada konsentrasi HCl 12% dengan dosis koagulan 6 ml terjadi perbedaan karena pada suatu waktu penurunan kadar TSS dan turbiditas tidak selalu berhubungan secara linear, kadar TSS yang lebih kecil tidak memastikan nilai turbiditas lebih kecil pula, karena selain padatan tersuspensi penyebab kekeruhan juga terdapat faktor lain yang dapat disebabkan oleh warna atau zat tersuspensi lainnya (Ainurrofiq dkk., 2017). Pada penggunaan konsentrasi HCl

0% penurunan terjadi dengan efektivitas 8,52% untuk dosis koagulan 3 ml dan 4,62% untuk dosis koagulan 6 ml hasil tersebut menunjukkan besarnya dosis konsentrasi HCl 0% yang ditambahkan maka terjadi kenaikan nilai kekeruhan, dan penurunan yang terjadi diakibatkan faktor pengendapan saat sebelum melakukan uji kekeruhan. Menurut Wismaningtyas (2019) pada kondisi optimum proses koagulasi dapat menurunkan kekeruhan dalam air, karena bahan-bahan tersuspensi dalam limbah cair pencucian ikan dapat membentuk flok dan kemudian tersedimentasi karena pengaruh gravitasi.

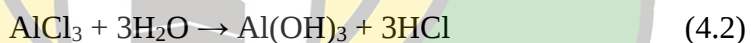
Dapat disimpulkan koagulan *fly ash* efektif digunakan dalam penurunan nilai turbiditas karena efektivitas penggunaan koagulan *fly ash* mencapai 98,68%,. terjadi penurunan yang signifikan namun pada beberapa kondisi dengan penambahan konsentrasi HCl yang lebih tinggi terjadi kenaikan nilai kekeruhan. Menurut Mustafiah dkk. (2018) kenaikan nilai kekeruhan dapat terjadi dikarenakan tidak semua partikel koagulan berinteraksi dengan partikel koloid untuk membentuk flok-flok dalam air sehingga koagulan *fly ash* mempengaruhi nilai kekeruhan lebih tinggi dikarenakan koagulan sudah bertindak sebagai pengotor. Hasil analisis regresi linear berganda menunjukkan bahwa *output* nilai signifikansi yang diperoleh dari variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan yaitu $0,001 < 0,05$ untuk konsentrasi HCl dan $0,145 > 0,05$ untuk dosis koagulan. Dari hasil analisis tersebut didapat bahwa konsentrasi HCl berpengaruh terhadap penurunan turbiditas dan tidak adanya pengaruh yang signifikan terhadap penambahan dosis koagulan dalam penurunan turbiditas. Dari hasil analisis regresi linear berganda juga dapat diperoleh pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat sebesar 70% dengan nilai korelasi 0,840 yang menandakan hubungan korelasi yang sangat kuat antara konsentrasi dan dosis koagulan terhadap penurunan dan kenaikan dari parameter turbiditas. Dengan demikian nilai kekeruhan akan turun apabila proses koagulasi dan flokulasi sudah mencapai titik optimum.

4.3.4 Pengaruh Konsentrasi HCl dan Dosis Koagulan terhadap Nilai pH

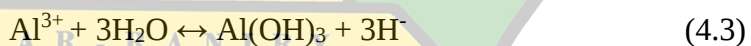
Berdasarkan Tabel 4.1. diperoleh hasil pengujian nilai pH awal limbah cair pencucian ikan yaitu 7,4 berdasarkan PERMEN LH Nomor 05 tahun 2014 pH

memiliki baku mutu yaitu 6-9. Hasil pengujian pada Tabel 4.2. menunjukkan bahwa konsentrasi HCl yang tinggi mempengaruhi nilai pH sehingga mengalami penurunan yang signifikan. Koagulan *fly ash* bersifat asam kuat, sehingga ketika bereaksi dengan air maka menghasilkan larutan yang bersifat asam. Koagulan *fly ash* yang merupakan hasil dari reaksi Al_2O_3 yang terdapat pada *fly ash* dengan larutan asam klorida (HCl) menghasilkan AlCl_3 (aluminium klorida), menurut Yudhistia dkk. (2018) semakin besar konsentrasi HCl yang digunakan dalam pembuatan koagulan maka kadar asam pada koagulan itu semakin tinggi, sehingga mengakibatkan limbah cair pencucian ikan mengalami peningkatan kadar asam dengan penambahan koagulan konsentrasi HCl dan dosis yang tinggi dari kondisi awal nilai pH yang netral menjadi asam.

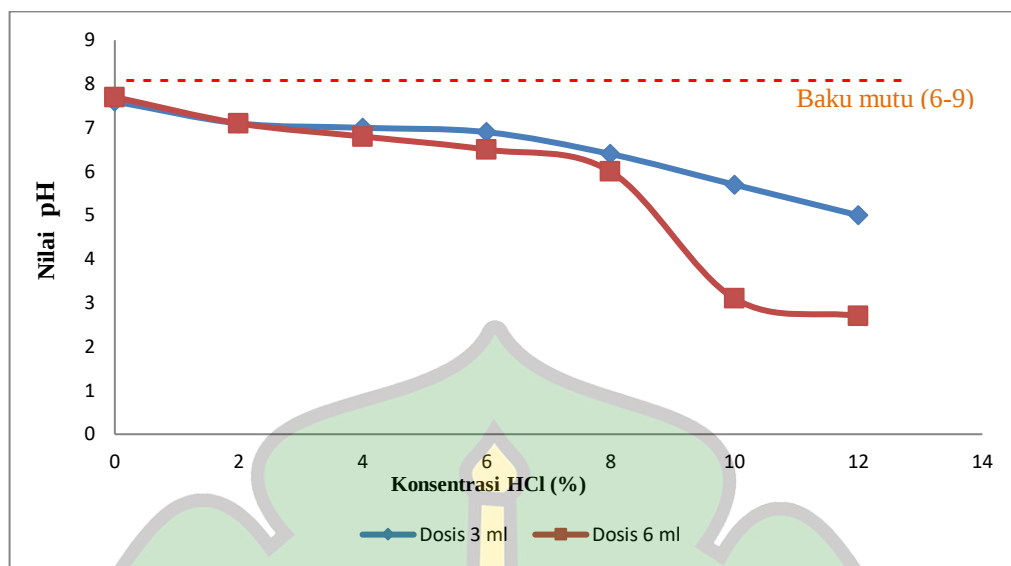
Semakin besar konsentrasi koagulan yang ditambahkan, maka semakin banyak proses hidrolisis dalam air, ion-ion H^+ yang terionisasi dalam air tersebut akan semakin besar sehingga mengakibatkan nilai pH semakin rendah (asam) (Susilo dan Sulistyawati, 2019). Aluminium klorida (AlCl_3) adalah senyawa kimia utama dari aluminium dan klorin, larutan ini bersifat asam karena:



Campuran larutan ini akan mengalami hidrolisis sebagian dalam air karena anion dari asam kuat tidak akan terhidrolisis, sedangkan kation dari basa lemah akan terhidrolisis. Reaksi yang menunjukkan terjadinya sifat asam pada larutan AlCl_3 adalah:



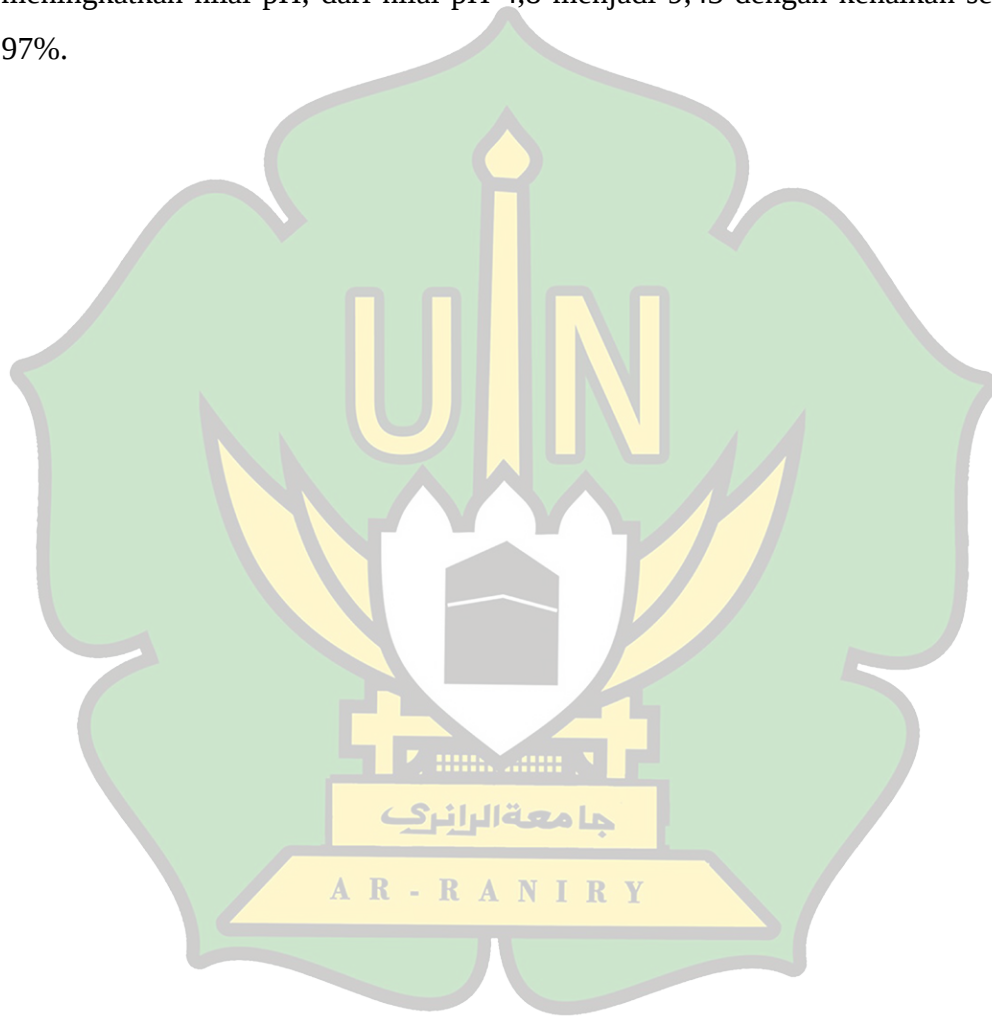
Grafik hubungan konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan nilai pH dapat dilihat pada grafik Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hubungan variasi konsentrasi HCl dan dosis koagulan terhadap penurunan nilai pH

Berdasarkan Gambar 4.8. terlihat bahwa peningkatan konsentrasi HCl koagulan cair yang ditambahkan memberikan pengaruh terhadap penurunan pH limbah cair pencucian ikan, hasil penurunan yang signifikan pada konsentrasi HCl 10% dan 12% dengan dosis koagulan 6 ml, terjadi penurunan dari nilai awal pH 7,4 menjadi 2,7, yang dipengaruhi oleh sifat asam dari koagulan yang digunakan. Hasil uji regresi linear berganda dapat dilihat pada Lampiran 3, yaitu menunjukkan pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat sebesar 73% dengan nilai korelasi 0,855 (korelasi kuat), hasil analisa nilai signifikansi konsentrasi HCl $0,000 < 0,05$ dan dosis koagulan $0,444 > 0,05$ menandakan bahwa konsentrasi HCl berpengaruh terhadap penurunan nilai pH dan hasil tersebut juga menunjukkan bahwa dosis koagulan tidak begitu berpengaruh terhadap penurunan nilai pH. Hasil penelitian tersebut didapat semakin besar penggunaan koagulan dengan konsentrasi HCl yang tinggi maka semakin rendah (asam) nilai pH limbah cair pencucian ikan, penggunaan koagulan *fly ash* lebih tepat digunakan pada limbah cair yang bersifat basa. Pada penggunaan koagulan *fly ash* dalam penetralan nilai pH belum optimal karena tingginya kadar asam dan juga nilai awal pH yang sudah dalam kondisi netral, pada penambahan koagulan dengan konsentrasi HCl dan dosis yang tinggi membuat hasil pengujian berbanding terbalik dengan parameter pengujian lainnya seperti TSS, COD dan turbiditas

yang optimal pada penggunaan koagulan *fly ash* dengan konsentrasi dan dosis koagulan yang tinggi. Sehingga perlu dilakukan penelitian menggunakan metode kombinasi dan penambahan zat yang dapat menaikkan nilai pH pada kondisi asam, seperti yang dilakukan pada penelitian Amsya dkk. (2021) menggunakan kapur tohor (CaO) dalam pengolahan air asam tambang, yang berhasil meningkatkan nilai pH, dari nilai pH 4,8 menjadi 9,43 dengan kenaikan sebesar 97%.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian adalah:

1. Konsentrasi HCl mempengaruhi parameter penelitian berdasarkan hasil analisis statistik menunjukkan nilai signifikansi pH (0,000), TSS (0,046), COD (0,000), turbiditas (0,001) $>0,05$ sedangkan dosis koagulan tidak mempengaruhi parameter penelitian dengan nilai signifikansi pH (0,444), TSS (0,423), COD (0,517), turbiditas (0,145) $<0,05$.
2. Koagulan *fly ash* memiliki kemampuan untuk menurunkan kadar TSS, COD dan turbiditas, dengan efektivitas penurunan kadar TSS (69,82%) dan COD (57,21%) pada konsentrasi HCl 10% dengan dosis 6 ml, turbiditas (98,68%) pada konsentrasi HCl 12% dengan dosis 3 ml, sedangkan nilai pH menunjukkan bahwa koagulan *fly ash* mempengaruhi tingkat keasaman limbah cair pencucian ikan dari kadar awal 7,4 turun hingga 2,7.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, peneliti mengajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi dan penelitian lebih lanjut dengan penambahan variasi dosis koagulan, variasi waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan. Selanjutnya, pada limbah yang berbeda agar dapat membandingkan hasil efektivitas yang diperoleh.
2. Perlu dilakukan pemanfaatan koagulan *fly ash* dengan kombinasi metode atau penambahan perlakuan untuk efektivitas dalam menetralkan pH dan menurunkan kadar COD dan juga penggunaan larutan ekstrak lainnya agar aman digunakan.
3. Perlu dilakukan pengujian dalam skala besar untuk mengetahui sejauh mana efektivitas dari pemanfaatan koagulan *fly ash* jika diproduksi dengan skala

besar dan diuji pada limbah skala besar seperti industri kelapa sawit agar dapat menggunakan kembali limbah padat yang dihasilkan menjadi bahan pengolahan limbah cair.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A., & Leksono, E. B. (2021). Pemanfaatan Limbah Fly Ash Batubara sebagai Koagulan dengan Konsep *Reverse Logistics*. *Intech*, 7(1), 39–44.
- Achmad, Z., & Sugiarto, B. (2020). Ekstraksi Antosianin dari Biji Alpukat sebagai Pewarna Alami. *Teknologi Technoscientia*, 12(2), 134–143.
- Adeko, R., & Widada, A. (2018). Efektifitas Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Aerasi untuk Menurunkan Kadar BOD. *JNPH*, 6(1), 68–71.
- Africanisa, R. D., & Ningsih, E. (2021). Efektivitas Penambahan Biji Asam Jawa sebagai Biokoagulan Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Perikanan. *JOICHE*, 1(2), 64–69.
- Ainurrofiq, M. N., Purwono, & Hadiwidodo, M. (2017). Studi Penurunan TSS, Turbiditas dan COD dengan Menggunakan Kitosan dari Limbah Cangkang Keong Sawah. *Teknik Lingkungan*, 6(1).
- Amanda, Y. T. (2019). Pemanfaatan Biji Trembesi Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan BOD, COD, TSS, Kekeruhan pada Pengolahan Limbah Cair Tempe. Universitas Jember.
- Amsya, R. M., Zakri, R. S., & Fiqri, M. R. (2021). Analisis Pengaruh Penggunaan Fly Ash Dan Kapur Tohor Pada Penetralan Ph Air Asam Tambang Di Pt. Mandiangin Bara Prima. *Jurnal Sains Dan Teknologi: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknologi Industri*, 21(1), 109.
- Andriansyah, M. D. (2020). Potensi Bahan Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) untuk Beberapa Sungai di Wilayah Yogyakarta. POLTEKKES YOGYAKARTA.
- Arifandy, M. I., Cynthia, E. P., & Muttakin, F. (2021). Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit Sebagai Sumber Energi Terbarukan Dalam Implementasi Indonesian *Sustainability Palm Oil* PKS Sungai Galuh. *Sains, Teknologi Dan Industri*, 19(1), 116–122.
- Arini, S. D., Darmayanti, L., & Fitria, D. (2020). Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Proses Ekstraksi Silika sebagai Adsorben untuk Penyisihan

- Zat Organik pada Air Gambut. *Jom FTechnik*, 7(2), 1–6.
- Aryani, Y., & Gustian, D. (2020). Sistem Informasi Penjualan barang dengan Metode Regresi Linear Berganda dalam Prediksi Pendapatan Perusahaan. *JURSISTENKI*, 2(2), 39–51.
- Awalia, R., Zarta, A. R., Pertanian, P., Samarinda, N., & Panjang, G. (2022). *Availability Study Macro Nutrition in The Liquid Waste Treatment Process of The Palm Oil Plantation Industry PT Farinda Bersaudara. Agriment*, 7(1), 48–51.
- Caroles, J. D. S. (2019). Ekstraksi Silika yang Terkandung dalam Limbah Abu Terbang Batu Bara. *Journal of Chemistry*, 4(1), 5–7.
- Effendi, H., & Hariyadi, S. (2017). *Tamarindus indica Seed as Natural Coagulant for Traditional Gold Mining Wastewater Treatment. World Applied Sciences Journal*, 35(3), 330–333.
- Hak, A., Kurniasih, Y., & Hatimah, H. (2019). Efektivitas Penggunaan Biji Kelor (*Moringa Oleífera, Lam*) Sebagai Koagulan Untuk Menurunkan Kadar TDS dan TSS Dalam Limbah Laundry. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia Jurnal Kependidikan Kimia*, 6(2), 100.
- Hanura, N. R. (2022). Perbandingan Metode Ekstraksi pada Penentuan Kandungan THC (*Tetrahydrocannabinol*) dalam Sampel Daun Ganja Kering (*Cannabis Sativa L*) menggunakan GC-MS. Universitas Jambi.
- Hasibuan, S. A., Syamsudin, & Chamzurni, T. (2022). Efektivitas Biopriming *Trichoderma harzianum* dan Aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai. *Agrista*, 26(1), 9–16.
- Husaini, Cahyono, S., Suganal, & Hidayat, K. (2018). Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode *Jar Test*. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(1), 31–45.
- Husaini, S. Cahyono, S., Suganal, & Hidayat, K. N. (2018). *Comparison of Experimental and Commercial Coagulants Using Jar. Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(1), 31–45.
- Husaini, Suganal, Sariman, & Ramanda, Y. (2016). *Producing Liquid PAC from*

- Alumina Hydrate at Laboratory Scale. Teknologi Mineral Dan Batubara*, 12(2), 93–103.
- Ibrahim, B., Suptijah, P., & Adjani, Z. N. (2017). Kinerja Microbial Fuel Cell Penghasil Biolistrik dengan Perbedaan Jenis Elektroda pada Limbah Cair Industri Perikanan. *JPHPI*, 20(2), 296–304.
- Jannah, R. (2020). Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica L.*) sebagai Biokoagulan untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Ikan. UIN Ar-Raniry.
- Leba, M. A. U. (2017). Ekstraksi dan Real Kromatografi. Deepublish.
- Lolo, E. U., & Pambudi, Y. S. (2020). Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Tekstil Secara Koagulasi Flokulasi (Studi Kasus: IPAL Kampung Batik Laweyan, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia). *Serambi Engineering*, 5(3), 1090–1098.
- Martina, A., Santoso, D., & Novianti, J. (2018). Aplikasi Koagulan Biji Asam Jawa dalam Penurunan Konsentrasi Zat Warna Drimaren Red pada Limbah Tekstil Sintetik pada Berbagai Variasi Operasi. *Rekayasa Proses*, 12(2), 98–103.
- Martini, S., Yuliwati, E., & Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Jurnal Distilasi*, 5(2), 26.
- Mayasari, R., Hastarina, M., & Apriyani, E. (2019). Analisis *Turbidity* Terhadap Dosis Koagulan dengan Metode Regresi Linear (Studikusus di PDAM Tirta Musi Palembang). *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 6(2), 117–125.
- Mirwan, A., Sari, R. F., & Prasetyo, W. A. (2017). *Alumina Recovery From Solid Waste Sludge* (SWS) PDAM Intan Banjar. *Konversi*, 6(2), 50–56.
- Muhardi, Fatnanta, F., & Yuliana, R. (2013). Karakteristik Kimia, Fisis dan Mekanis Abu Sawit dalam Aplikasi Geoteknik. *Academia*.
- Munthe, S. A., Harianja, P. P., & Brahmana, N. (2021). Analisis Perbandingan Penurunan Kadar BOD Pada Limbah Cair Pencucian Ikan Di Beberapa Pasar Tradisional Kota Medan Dengan Metode Lumpur Aktif Tahun 2020. *Teknologi, Kesehatan Dan Ilmu Sosial*, 3(1), 33–42.
- Mustafiah, M., Darnengsih, D., Sabara, Z., & Abdul Majid, R. (2018).

- Pemanfaatan Kitosan Dari Limbah Kulit Udang Sebagai Koagulan Penjernihan Air. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 3(1), 21.
- Ofiyen, C., & Puryanti, D. (2022). Penentuan Kualitas Air Muara Sungai Batang Arau Melalui Pengujian Total Dissolved Solid (TDS), Total Suspended Solid (TSS), dan Kandungan Logam Berat. *Fisika Unand*, 11(3), 278–284.
- Oktavianty, H. (2022). Sintesis Zeolit X dari Fly ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Adsorben Pemurnian Biodiesel. *Universitas Muhammadiyah Buton*, 8(2), 430–443.
- Oktaviasari, & Mashuri. (2016). Optimasi Parameter Proses Jar Test Menggunakan Metode Taguchi Dengan Pendekatan PCR-TOPSIS (Studi Kasus: PDAM Surya Sembada Kota Surabaya) | *Semantic Scholar*.
- Pamungkas, M. T. O. A. (2016). Studi Pencemaran Limbah Cair dengan Parameter BOD5 dan pH di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang. *Kesehatan Masyarakat*, 4(2).
- Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Putra, & Yulis, P. A. R. (2019). Kajian Kualitas Air Tanah Ditinjau dari Parameter pH , Nilai COD dan BOD pada Desa Teluk Nilap Kecamatan Kubu Babussalam Rokan Hilir Provinsi Riau. *Jurnal Riset Kimia*, 10(2), 103–109./
- Putri, A. A. (2021). Pengaruh Pemberian Ekstrak Teh Alga Hijau-Biru (*Nostoc commune*) Terhadap Indeks Aterogenik pada Tikus Putih (*Rattus novergicus*) Diabetes. Politeknik Kesehatan Yogyakarta.
- Puty, Y. (2017). Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Batubara (*fly ash*) di PLTU Ombilin sebagai Bahan Koagulan. STTIND Padang.
- Rahimah, Z., Heldawati, H., & Syauqiah, I. (2016). Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi - Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC. *Konversi*, 5(2), 13–19.
- Reza, A. (2021). Analisis Pengolahan Air Terproduksi dari Lapangan Minyak

- Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Biji Karet dengan Metode Jar Test. Universitas Islam Riau.
- Rosarina, D., & Laksanawati, E. K. (2018). Studi Kualitas Air Sungai Cisadane Kota Tangerang Ditinjau dari Parameter Fisika. *Universitas PGRI Palembang*, 3, 38–43.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2017). Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi-Flokulasi dengan Menggunakan Lempung sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi. *Arena Tekstil*, 31(2), 105–114.
- Safutra, Y., Amin, B., & Anita, S. (2017). Potensi Limbah Abu Layang (*Coal Fly Ash*) Sebagai Koagulan Cair dalam Pengolahan Air Gambut. *Dinamika Lingkungan Indonesia*, 4(2), 99–108.
- Salamah, U. H., & Rahmanto, T. A. (2021). Pengaruh Media Biofiltrasi Anaerob untuk Mendegradasi COD, TSS, dan NH₃-N pada Limbah Cair Pencucian Ikan. In *Esec* (Vol. 2, Issue 1).
- Sembiring, V. B. (2019). Pemanfaatan Limbah Padat PKS dalam Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Metode *Multi Soil Layering* dengan Indikator Parameter pH, DO dan COD. Universitas Sumatera Utara.
- Simarmata, L. J. (2017). Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Kelapa Sawit dengan Aktivasi Fisik terhadap Prestasi Mesin dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin. Universitas Lampung.
- SNI Nomor 6989.59:2008 Tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah.
- SNI Nomor 19-0428-1998 Tentang Petunjuk Pengambilan Contoh Padatan.
- SNI Nomor 19-6449:2000 Tentang Metode Pengujian Koagulasi-Flokulasi dengan Cara Jar.
- SNI Nomor 6989.11:2019 Tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH Meter.
- SNI Nomor 6989.03:2019 Tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (TSS) Secara Gravimetri.
- SNI Nomor 6989.73:2009 Tentang Cara Uji COD Secara Titrimetri.
- SNI Nomor 06-6989.25-2005 Tentang Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer.
- Suhendar, D. T., Sachoemar, S. I., & Zaidy, A. B. (2020). Hubungan Kekeruhan

- Terhadap Materi Partikulat Tersuspensi (MPT) dan Kekeruhan Terhadap Klorofil dalam Tambak Udang. *Journal of Fisheries and Marine Research*, 4(3), 332–338.
- Susilo, N. A., & Sulistyawati, N. (2019). Penggunaan asam sulfat sebagai aktivator *fly ash* dalam aplikasi proses koagulasi pada pengolahan limbah cair industri pulp dan kertas. *Vokasi Teknologi Industri*, 1(1), 1–9.
- Syafri, R., Nazara, F. R., & Nasution, H. (2016). Analisa pH , TSS dan Warna Dalam Proses Pengolahan Air Limbah Pulp Dan Kertas Menggunakan Koagulan Fly Ash. *Prosding*, 1, 17–20.
- Syarif, H. A., Saputra, D., & Fahmi, K. (2022). Analisis Penerapan Penggunaan *Paving Block Geopolimer* Abu Sawit Dengan Tambahan *Ordinary Portland Cement* (OPC) dan *Portland Composite Cement* (PCC) di Lahan Gambut yang Berbasis Eco-Green. *APTEK*, 14(2), 144–151.
- Syarpin, & Harianto. (2021). Pengolahan Air Sungai Kahayan Kalimantan Tengah Menggunakan Biji Hanjeli (*Coix lacryma-jobi* L) sebagai Koagulan Alami. *RJNAS*, 1(1), 20–28.
- Telambuna, J. J. P. (2017). Penggunaan *Fly Ash* dan *Bottom Ash Boiler* Pabrik Kelapa Sawit sebagai Adsorben untuk Mengadsorpsi Warna pada Limbah Cair Buatan. Universitas Sumatera Utara.
- Triawan, D. A., Nesbah, & Fitriani, D. (2017). *Crude Palm Oil (CPO) Fly Ash as A Low-Cost Adsorben for Removal of Methylen Blue (MB) From Aqueous Solution*. *Kimia Riset*, 2(1), 10–15.
- Wahyuni, D. M., Mustaruddin, & Muningsgar, R. (2022). Penilaian Pengelolaan Lingkungan Pelabuhan Perikanan Samudera Kutaraja Berdasarkan Parameter Eco-Fishingport. *Albacore*, 6(2), 123–137.
- Wismaningtyas, V. P. (2019). Pemanfaatan Biji Asam Jawa Sebagai Koagulan Dalam Penjernihan Limbah Cair.
- Yudhistia, R., Triandi, R., & Purwonugoho, D. (2018). Ekstraksi Alumina Dalam Lumpur Lapindo Menggunakan Pelarut Asam Klorida. *ITN Malang*.
- Yuni, F. R., Darmayanti, L., & Fitria, D. (2020). Karakterisasi Silika Fly Ash yang Diperoleh dengan Metode Ekstraksi. *Jom FTeknik*, 7(2), 1–5.

Zahra, R. N. U. R. (2021). Pemanfaatan Cangkrang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) sebagai Koagulan Alami dalam Menurunkan Kadar TSS dan Kekeruhan. Universitas Islam Indonesia.



LAMPIRAN A
HASIL PERHITUNGAN

Lampiran 1. Perhitungan Nilai Pengenceran Konsentrasi HCl

1. Konsentrasi HCl 0%

$$\begin{aligned}M &= \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \\&= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}} \\&= 12,06 \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \\&= \frac{(0\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}} \\&= 0 \text{ M}\end{aligned}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{0}{12.06} \\&= 0 \text{ ml}\end{aligned}$$

2. Konsentrasi HCl 2%

$$\begin{aligned}M &= \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \\&= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}} \\&= 12,06 \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \\&= \frac{(2\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}} \\&= 0,65 \text{ M}\end{aligned}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0,65 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{65}{12.06}$$

$$= 5,38 \text{ ml}$$

3. Konsentrasi HCl 4%

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 12,06 \text{ M}$$

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(4\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 1,30 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 1,30 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{130}{12.06}$$

$$= 10,77 \text{ ml}$$

4. Konsentrasi HCl 6%

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 12,06 \text{ M}$$

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(6\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 1,95 \text{ M}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 1,95 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$V1 = \frac{195}{12.06}$$

$$= 16,16 \text{ ml}$$

5. Konsentrasi HCl 8%

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 12,06 \text{ M}$$

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(8\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 2,60 \text{ M}$$

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$12,06 \text{ M} \times V1 = 2,60 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$V1 = \frac{260}{12.06}$$

$$= 21,55$$

6. Konsentrasi HCl 10%

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 12,06 \text{ M}$$

$$M = \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr}$$

$$= \frac{(10\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}}$$

$$= 3,26 \text{ M}$$

$$M1 \times V1 = M2 \times V2$$

$$12,06 \text{ M} \times V1 = 3,26 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$V1 = \frac{326}{12.06}$$

$$= 27,03 \text{ ml}$$

7. Konsentrasi HCl 12%

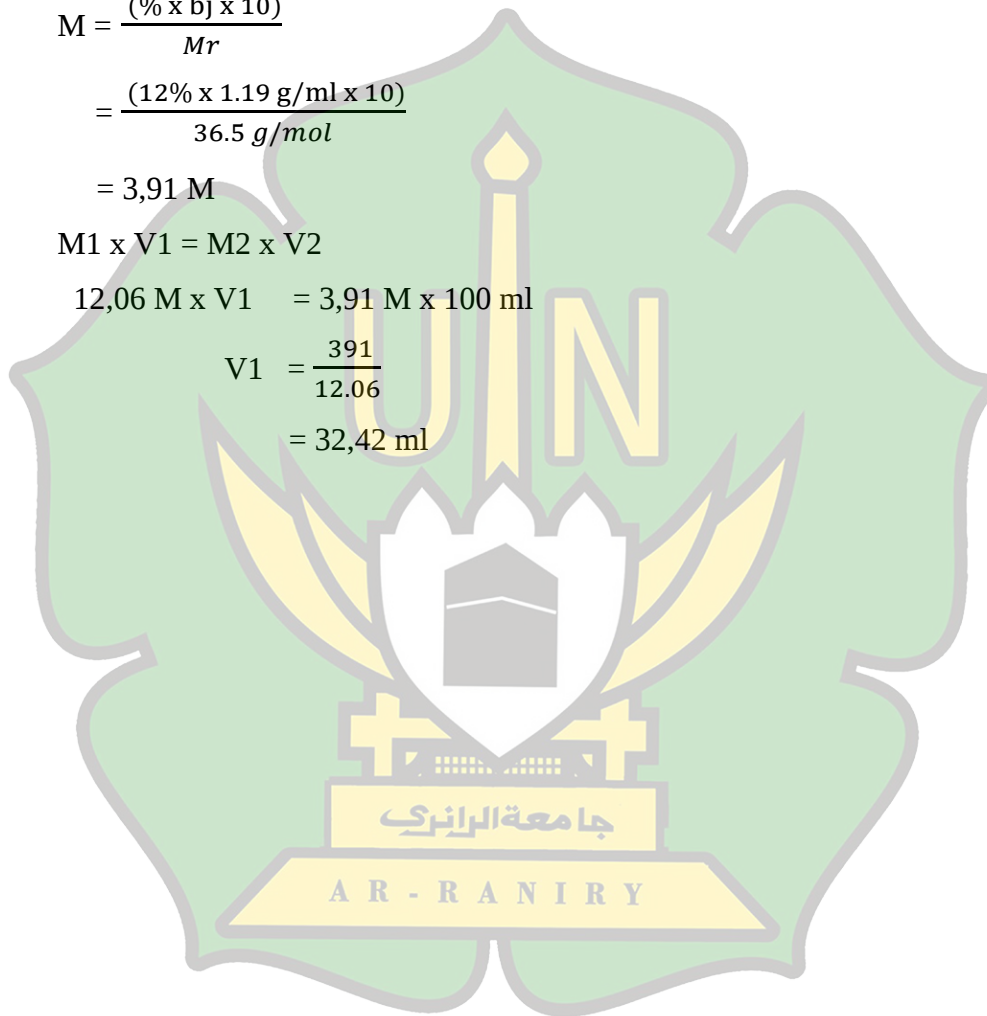
$$\begin{aligned}M &= \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \\&= \frac{(37\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}} \\&= 12,06 \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M &= \frac{(\% \times b_j \times 10)}{Mr} \\&= \frac{(12\% \times 1.19 \text{ g/ml} \times 10)}{36.5 \text{ g/mol}} \\&= 3,91 \text{ M}\end{aligned}$$

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 3,91 \text{ M} \times 100 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{391}{12.06} \\&= 32,42 \text{ ml}\end{aligned}$$



Lampiran 2. Perhitungan Mencari Nilai TSS

- Kadar awal

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2097 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 222 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

1. Konsentrasi HCl 0%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2085 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 210 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2093 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 218 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

2. Konsentrasi HCl 2%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2010 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 135 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2003 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 128 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

3. Konsentrasi HCl 4%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2013 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 138 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2017 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 142 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

8. Konsentrasi HCl 6%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2017 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 142 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.2021 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 146 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

9. Konsentrasi HCl 8%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.1954 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 79 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.1947 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 72 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

10. Konsentrasi HCl 10%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.1950 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 75 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.1942 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 67 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

11. Konsentrasi HCl 12%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.1969 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 94 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{V} \\ &= \frac{(0.1977 - 0.1875) \times 1000}{0.1} \\ &= 102 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Persentase Efektivitas Penurunan Bahan

Pencemar

1. Mencari efektivitas penurunan TSS dalam limbah cair pencucian ikan

a) Konsentrasi HCl 0%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-110)}{222} \times 100 \\ &= 5,41\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-218)}{222} \times 100 \\ &= 1,80\%\end{aligned}$$

b) Konsentrasi HCl 2%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-135)}{222} \times 100 \\ &= 39,19\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-128)}{222} \times 100 \\ &= 42,34\%\end{aligned}$$

c) Konsentrasi HCl 4%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-138)}{222} \times 100 \\ &= 37,84\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-142)}{222} \times 100 \\ &= 36,04\%\end{aligned}$$

d) Konsentrasi HCl 6%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-142)}{222} \times 100 \\ &= 36,04\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-146)}{222} \times 100 \\ &= 34,23\%\end{aligned}$$

e) Konsentrasi HCl 8%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-79)}{222} \times 100 \\ &= 64,41\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-72)}{222} \times 100 \\ &= 67,57\%\end{aligned}$$

f) Konsentrasi HCl 10%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-75)}{222} \times 100 \\ &= 66,22\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-67)}{222} \times 100 \\ &= 69,82\%\end{aligned}$$

g) Konsentrasi HCl 12%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-94)}{222} \times 100 \\ &= 57,66\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(222-102)}{222} \times 100 \\ &= 54,05\%\end{aligned}$$

2. Mencari efektivitas penurunan COD dalam limbah cair pencucian ikan

a) Konsentrasi HCl 0%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-460)}{437} \times 100 \\ &= -5,26\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-471)}{437} \times 100 \\ &= -7,78\%\end{aligned}$$

b) Konsentrasi HCl 2%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-342)}{437} \times 100 \\ &= 21,74\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-321)}{437} \times 100 \\ &= 26,54\%\end{aligned}$$

c) Konsentrasi HCl 4%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-327)}{437} \times 100 \\ &= 25,17\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-303)}{437} \times 100 \\ &= 30,66\%\end{aligned}$$

d) Konsentrasi HCl 6%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-338)}{437} \times 100 \\ &= 22,65\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-320)}{437} \times 100 \\ &= 26,77\%\end{aligned}$$

e) Konsentrasi HCl 8%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-230)}{437} \times 100 \\ &= 47,37\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-211)}{437} \times 100 \\ &= 51,72\%\end{aligned}$$

f) Konsentrasi HCl 10%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-189)}{437} \times 100 \\ &= 56,75\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-187)}{437} \times 100 \\ &= 57,21\%\end{aligned}$$

g) Konsentrasi HCl 12%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-207)}{437} \times 100 \\ &= 52,63\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(437-231)}{437} \times 100 \\ &= 47,14\%\end{aligned}$$

3. Mencari efektivitas penurunan Turbiditas dalam limbah cair pencucian ikan

a) Konsentrasi HCl 0%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-166.5)}{182} \times 100 \\ &= 8,52\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-173.6)}{182} \times 100 \\ &= 4,62\%\end{aligned}$$

b) Konsentrasi HCl 2%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-45.6)}{182} \times 100 \\ &= 74,95\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-28.5)}{182} \times 100 \\ &= 84,34\%\end{aligned}$$

c) Konsentrasi HCl 4%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-36.7)}{182} \times 100 \\ &= 79,84\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-32.8)}{182} \times 100 \\ &= 81,98\%\end{aligned}$$

d) Konsentrasi HCl 6%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-34.7)}{182} \times 100 \\ &= 80,38\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-41.5)}{182} \times 100 \\ &= 77,20\%\end{aligned}$$

e) Konsentrasi HCl 8%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-18.6)}{182} \times 100 \\ &= 89,78\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-14.8)}{182} \times 100 \\ &= 91,87\%\end{aligned}$$

f) Konsentrasi HCl 10%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-12.7)}{182} \times 100 \\ &= 93,02\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-8.4)}{182} \times 100 \\ &= 95,38\%\end{aligned}$$

g) Konsentrasi HCl 12%

- Perlakuan dengan dosis 3 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-2.4)}{182} \times 100 \\ &= 98,68\%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan dosis 6 ml

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(182-16.7)}{182} \times 100 \\ &= 90,82\%\end{aligned}$$

Lampiran 4. Analisis Data Menggunakan SPSS

1. Data SPSS Nilai pH

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37% ^b		Enter

a. Dependent Variable: pH

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.855 ^a	.731	.690	.8367

a. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	24.729	2	12.365	17.663	.000 ^b
	Residual	9.101	13	.700		
	Total	33.830	15			

a. Dependent Variable: pH

b. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	8.066	.472		17.091	.000
	Konsentrasi HCl 37%	-.277	.053	-.806	-5.269	.000
	Dosis Koagulan	-.086	.109	-.121	-.789	.444

a. Dependent Variable: pH

2. Data SPSS Kadar TSS

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37% ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.610 ^a	.372	.275	38.182

a. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11211.699	2	5605.850	3.845	.049 ^b
	Residual	18952.301	13	1457.869		
	Total	30164.000	15			

a. Dependent Variable: TSS

b. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	194.948	21.538		9.052	.000
	Konsentrasi HCl 37%	-5.288	2.397	-.516	-2.206	.046
	Dosis Koagulan	-4.110	4.964	-.194	-.828	.423

a. Dependent Variable: TSS

3. Data SPSS Kadar COD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37% ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: COD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.926 ^a	.857	.835	40.019

a. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	124884.215	2	62442.107	38.988	.000 ^b
	Residual	20820.223	13	1601.556		
	Total	145704.438	15			

a. Dependent Variable: COD

b. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	433.039	22.574		19.183	.000
	Konsentrasi HCl 37%	-20.230	2.513	-.898	-8.051	.000
	Dosis Koagulan	-3.465	5.203	-.074	-.666	.517

a. Dependent Variable: COD

4. Data SPSS Turbiditas

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37% ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Turbiditas

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.840 ^a	.705	.660	40.1985

a. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	50180.225	2	25090.112	15.527	.000 ^b
	Residual	21006.925	13	1615.917		
	Total	71187.149	15			

a. Dependent Variable: Turbiditas

b. Predictors: (Constant), Dosis Koagulan, Konsentrasi HCl 37%

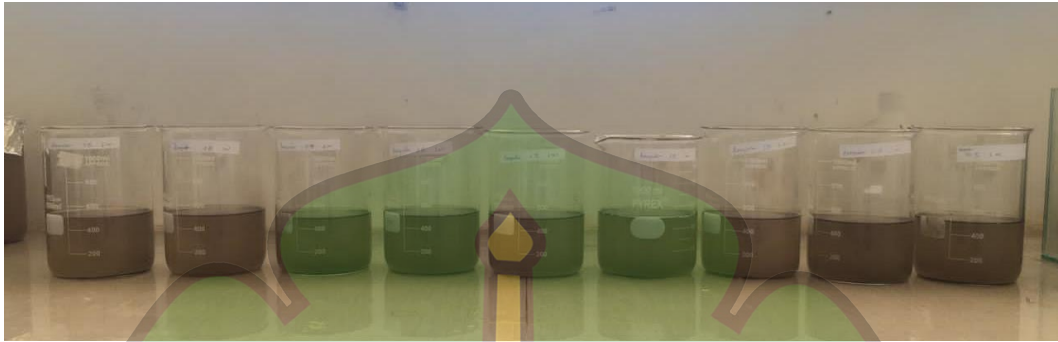
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	153.975	22.675		6.791	.000
	Konsentrasi HCl 37%	-11.368	2.524	-.722	-4.504	.001
	Dosis Koagulan	-8.098	5.226	-.248	-1.549	.145

a. Dependent Variable: Turbiditas

LAMPIRAN B

DOKUMENTASI PENELITIAN



Limbah cair pencucian ikan sebelum dilakukan proses koagulasi-flokulasi



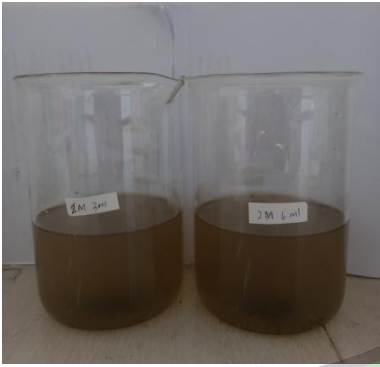
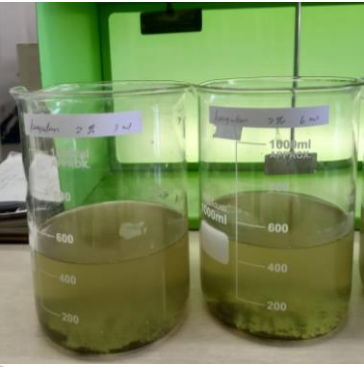
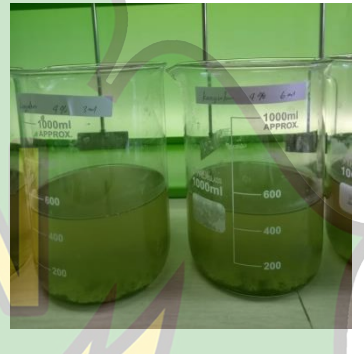
Limbah cair pencucian ikan setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi

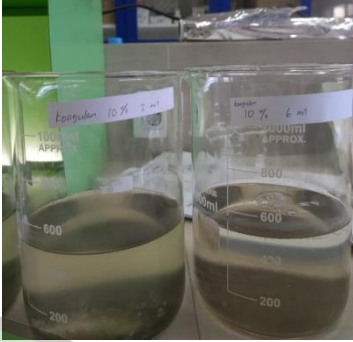


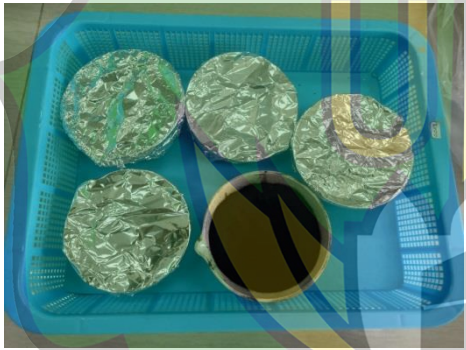
Sebelum penambahan koagulan konsentrasi 0%



Setelah penambahan koagulan konsentrasi 0%

	
Sebelum penambahan koagulan konsentrasi 2%	Setelah penambahan koagulan konsentrasi 2%
	
Sebelum penambahan koagulan konsentrasi 4%	Setelah penambahan koagulan konsentrasi 4%
	
Sebelum penambahan koagulan konsentrasi 6%	Setelah penambahan koagulan konsentrasi 6%
	
Sebelum penambahan koagulan konsentrasi	Setelah penambahan koagulan konsentrasi

8%	8%
	
Sebelum penambahan koagulan konsentrasi 10%	Setelah penambahan koagulan konsentrasi 10%
	
Sebelum penambahan koagulan konsentrasi 12%	Setelah penambahan koagulan konsentrasi 12%
	
fly ash ditimbang	Persiapan fly ash sebelum di oven

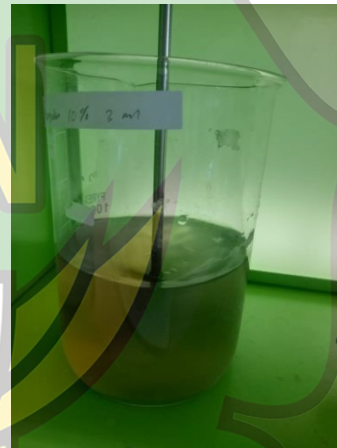
	
Proses penghalusan <i>fly ash</i>	Proses pengayakan abu <i>fly ash</i>
	
Persiapan <i>fly ash</i> sebelum proses kalsinasi	<i>Fly ash</i> setelah dikalsinasi
	
Proses pencampuran sampel <i>fly ash</i> dengan larutan HCl	Hasil pengenceran HCl 10 %



Proses ekstraksi dengan cara pengadukan *fly ash* dengan larutan HCl dan disaring menggunakan kertas whatman 41.



Hasil ekstraksi berupa koagulan cair



Proses uji *jartest*