

**PENYISIHAN PENCEMAR LIMBAH CAIR INDUSTRI  
PEMBEKUAN IKAN MENGGUNAKAN METODE  
FOTODEGRADASI DENGAN FOTOKATALIS TiO<sub>2</sub>**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan oleh:**

**RAHMAD MAULANA  
NIM. 180702012  
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



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

**CERAI GUGAT TERHADAP SUAMI PENGGUNA  
NARKOBA (Studi Kasus Putusan Mahkamah Syar'iyah Kuala  
Simpang Nomor 74/Pdt.G/2019/Ms.Ksg)**

**SKRIPSI**

Diajukan Kepada Fakultas Syari'ah dan Hukum  
UIN Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh Sebagai  
Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
Dalam Ilmu Hukum Islam

Oleh

**UTARI ZULFIANA**

Nim: 160101060

Mahasiswi Fakultas Syari'ah dan Hukum  
Prodi Hukum Keluarga

Disetujui Untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

  
Dr. Soraya Devy, M.Ag  
NIP. 196701291994032003

  
Amrullah, LL.M  
NIP.198212110215031093

**CERAI GUGAT TERHADAP SUAMI PENGGUNA  
NARKOBA  
(Studi Kasus Putusan Mahkamah Syar'iyah Kuala Simpang  
Nomor 74/Pdt.G.2019/Ms.Ksg)**

**SKRIPSI**

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi  
Fakultas Syari'ah dan Hukum UIN Ar-Raniry  
dan Dinyatakan Lulus Serta Diterima  
Sebagai Salah Satu Beban Studi  
Program Sarjana (S-1)  
Dalam Ilmu Hukum Keluarga

Pada Hari/Tanggal: Sabtu, 8 Januari 2022 M  
6 Jumadil Akhir 1443 H

Di Darusalam, Banda Aceh  
Panitia Ujian *Munaqasyah* Skripsi:

Ketua,

Sekretaris,

  
Dr. Soraya Devy, M.Ag  
NIP: 196701291994032003

  
Amrullah, LL.M  
NIP: 198212112015031003

Penguji I,

Penguji II,

  
Fakhurrazzi M. Yunus, Lc., MA  
NIP: 197702212008011008

  
Auil Amri, M.H  
NIP: 199005082019031016

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Syari'ah dan Hukum  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Prof. Muhammad Siddiq, MH., Ph.D  
NIP: 197703032008011015



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY BANDA ACEH**  
**FAKULTAS SYARI'AH DAN HUKUM**  
Jl. Sheikh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh

**LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Utari Zulfiana  
NIM : 160101060  
Prodi : Hukum Keluarga  
Fakultas : Syari'ah dan Hukum

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. ***Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkannya.***
2. ***Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.***
3. ***Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin milik karya.***
4. ***Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.***

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap untuk dicabut gelar akademik saya atau diberikan sanksi lain berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Syari'ah Dan Hukum UIN Ar-Raniry.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 06 Januari 2022

Yang menerangkan,



Utari Zulfiana

## ABSTRAK

Nama : Rahmad Maulana  
NIM : 180702012  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Penyisihan Pencemar Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan Menggunakan Metode Fotodegradasi dengan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>  
Tanggal Sidang : 20 Desember 2022  
Jumlah Halaman : 69  
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
Pembimbing II : Dr. Fachrul Razi, M.T.  
Kata Kunci : Fotodegradasi; Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan; Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>); Efektivitas; Laju Penyisihan

Metode fotodegradasi dengan fotokatalis TiO<sub>2</sub> sudah banyak digunakan sebagai teknik pengolahan limbah cair hasil industri, akan tetapi belum pernah dipublikasikan pada limbah cair industri pembekuan ikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan metode fotodegradasi dengan fotokatalis TiO<sub>2</sub> dalam menyisihkan polutan-polutan yang terdapat pada limbah cair industri pembekuan ikan, dengan variasi massa katalis dan lama penyinaran. Parameter yang diuji pada penelitian ini, yaitu *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), serta perubahan pada nilai pH. Variasi massa katalis yang digunakan pada penelitian ini, yaitu 0, 0,5, dan 1 gr dan lama penyinaran 1, 2, dan 3 jam. Hasil *pre-treatment* pengendapan dapat menurunkan nilai COD dari 424 menjadi 386 mg/L, TSS dari 443 menjadi 307 mg/L dan perubahan nilai pH dari 6,5 menjadi 6,8. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> dapat menurunkan kadar pencemar COD, TSS, serta menetralkan nilai pH. Penyisihan tertinggi pada nilai COD, terjadi pada massa katalis 1 gr dengan lama penyinaran 3 jam yang mencapai persentase penyisihan 70,21%. Penyisihan tertinggi pada nilai TSS terjadi pada massa katalis 1 gr dengan lama penyinaran 3 jam yang mencapai 86,97%. Berdasarkan hasil eksperimen juga diketahui bahwa metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> juga mampu menetralkan nilai pH hasil pengendapan 6,8 menjadi 7,9 pada variasi massa katalis 1 gr dengan lama penyinaran 3 jam. Berdasarkan hasil uji parameter tersebut metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO<sub>2</sub> mampu menyisihkan parameter pencemar yang terdapat dalam limbah cair industri pembekuan ikan, sehingga dapat dilakukan penelitian lanjutan dalam skala lebih besar.

## **ABSTRACT**

*Name* : Rahmad Maulana  
*Student ID Number* : 180702012  
*Departement* : *Environmental Engineering*  
*Title* : *Elimination of Pollutants Liquid Waste for the Fish Freezing Industry Using the Photodegradation Method with TiO<sub>2</sub> Photocatalysts*  
*Date of Session* : 20 December, 2022  
*Number of Pages* : 69  
*Advisor I* : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.  
*Advisor II* : Dr. Fachrul Razi, M.T.  
*Keywords* : *Photodegradation; Fish freezing industry liquid waste; Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>); Effectiveness; Clearance Rate*

*The photodegradation method with TiO<sub>2</sub> photocatalyst has been widely used as a technique for treating industrial wastewater but has never been published on fish-freezing industrial wastewater. This study aims to analyze the ability of the photodegradation method with TiO<sub>2</sub> photocatalysts to remove the pollutants present in the liquid waste of the fish freezing industry, with variations in the mass of the catalyst and the duration of irradiation. The parameters tested in this study were Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), and changes in pH values. Variations in the mass of the catalyst used in this study, namely 0, 0.5, and 1 gram, and irradiation time of 1, 2, and 3 hours. The results of pre-treatment precipitation can reduce the COD value from 424 to 386 mg/L, TSS from 443 to 307 mg/L, and change in pH value from 6.5 to 6.8. The experimental results show that the photodegradation method using a TiO<sub>2</sub> photocatalyst can reduce the levels of COD and TSS contaminants, as well as neutralize the pH value. The highest removal at the COD value occurred at 1 gram of catalyst mass with 3 hours of irradiation time, which reached a removal percentage of 70.21%. The highest removal of the TSS value occurred at 1 gram of catalyst mass with 3 hours of irradiation time, which reached 86.97%. Based on the experimental results, it is also known that the photodegradation method using TiO<sub>2</sub> photocatalyst is also able to neutralize the pH value of the precipitation result from 6.8 to 7.9 in the variation of the catalyst mass of 1 gram with 3 hours of irradiation time. Based on the results of these parameter tests, the photodegradation method using TiO<sub>2</sub> photocatalyst was able to remove pollutant parameters contained in the liquid waste of the fish freezing industry, so further research could be carried out on a larger scale.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur selalu tersampaikan kepada Allah SWT. yang telah memberikan semua karunianya dan perlindungannya, serta nikmat yang telah Ia berikan, baik itu nikmat keteguhan iman dan kesempurnaan islam. *Sholawat* dan salam selalu tercurahkan kepada sang pencetus *akhlakul karimah* dan kewajiban menuntut ilmu, yakni baginda Nabi Muhammad SAW. yang telah menerangi seluruh alam dengan cahaya ilmunya. Tak lupa juga *sholawat* dan salam kepada keluarga dan sahabatnya, serta ulama penerus langkahnya, baik ulama terdahulu maupun ulama yang masih membimbing umat manusia hingga sekarang.

*Alhamdulillah*, dengan segala kerendahan hati, tugas akhir dengan judul “Penyisihan Pencemar Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan Menggunakan Metode Fotodegradasi dengan Fotokatalis  $TiO_2$ ” telah penulis selesaikan. Untuk itu penulis mengucapkan rasa terimakasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Mahdi dan Ibunda Rahimah yang telah memberikan do’a dan dukungan kepada penulis. Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berharga dengan adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu. Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., 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 Aulia Rohendi, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M. Sc., selaku dosen pembimbing akademik penulis.
5. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir.
6. Dr. Fachrul Razi, M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan tugas akhir.

7. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc., selaku dosen penguji I pada sidang munaqasyah tugas akhir.
8. Ibu Vera Viena, M.T., selaku dosen penguji II pada sidang munaqasyah tugas akhir.
9. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang mengajarkan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
10. Seluruh staf Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah berkenan membantu saya dalam menyelesaikan surat-menyurat akademik dan tugas akhir.
11. Semua pihak yang terlibat dalam penulisan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis khususnya. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata, penulis ucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 15 Desember 2022  
Penulis,

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Rahmad Maulana

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Limbah Cair Perikanan.....	5
2.2 Baku Mutu Limbah Cair Perikanan.....	6
2.3 Parameter Pencemar dalam Limbah Cair Pembekuan Ikan .....	6
2.4 Fotodegradasi menggunakan Fotokatalis TiO <sub>2</sub> .....	8
2.5 Penelitian Terdahulu.....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
3.1 Tahapan Umum .....	12
3.2 Lokasi dan Pengambilan Sampel .....	14
3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel dan Penelitian Sampel.....	14
3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel .....	16
3.2.3 Hasil Uji Pendahuluan pada Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan.....	16
3.3 Desain Reaktor .....	16
3.4 Eksperimen.....	19
3.4.1 Alat dan Bahan .....	19
3.4.2 Prosedur Eksperimen .....	19
3.5 Variabel Penelitian .....	20
3.6 Prosedur Pengukuran Parameter Limbah cair industri pembekuan ikan .....	20
3.6.1 Pengukuran TSS .....	20
3.6.2 Pengukuran COD.....	21
3.6.3 Pengukuran pH .....	22
3.7 Analisis Data .....	22

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
4.1 Hasil.....	23
4.2 Pembahasan.....	25
4.2.1 Pengendapan.....	25
4.2.2 Fotokatalis menggunakan TiO <sub>2</sub> .....	26
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran.....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>40</b>



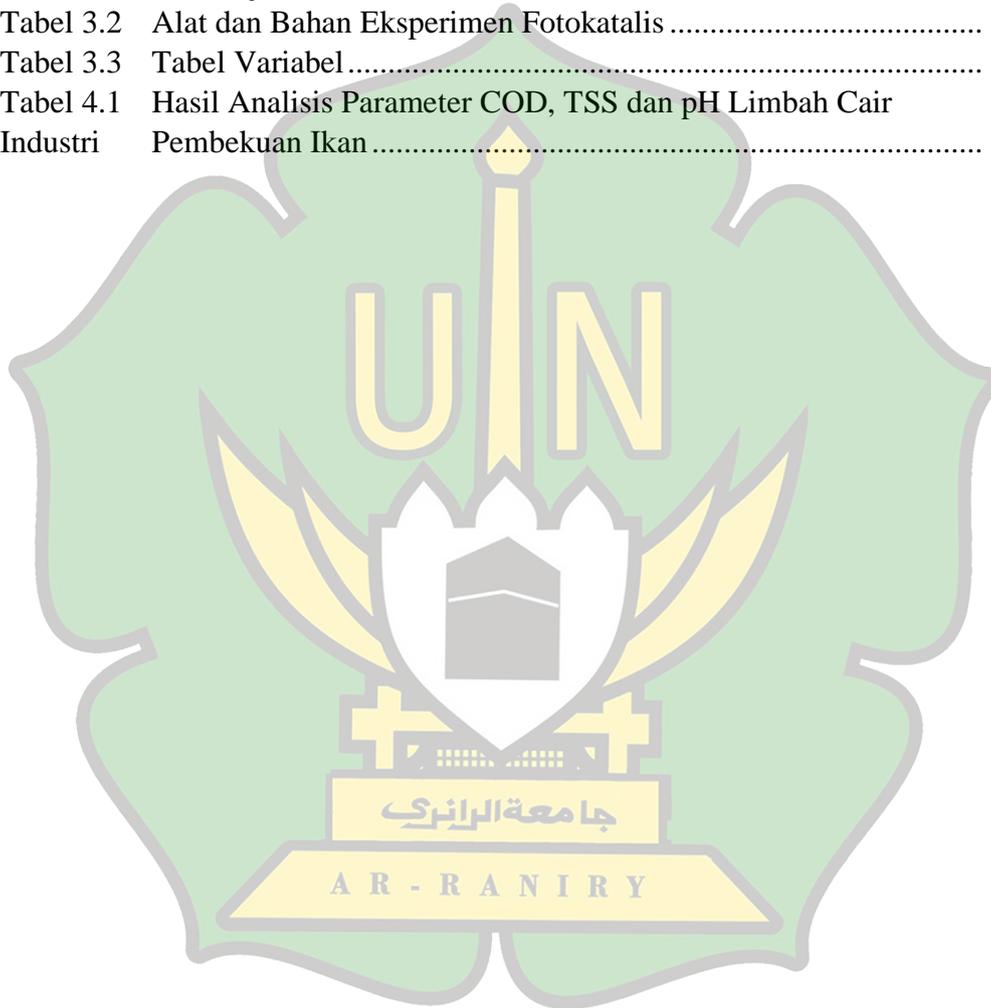
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme dasar fotokatalis $\text{TiO}_2$ .....	9
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2	Lokasi Pengambilan Sampel .....	14
Gambar 3.3	Peta Lokasi Pengambilan Sampel .....	15
Gambar 3.4	Desain Reaktor Fotodegradasi.....	17
Gambar 3.5	Reaktor Fotodegradasi (a) tampak atas (b) tampak samping ...	18
Gambar 4.1	Tampilan Fisik Limbah cair industri pembekuan ikan sebelum dan sesudah Pengolahan .....	23
Gambar 4.2	Nilai Parameter sebelum dan setelah Pengendapan .....	26
Gambar 4.3	Grafik Hasil Uji Penyisihan dan Efektivitas Penyisihan COD Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan.....	28
Gambar 4.4	Grafik Laju Penyisihan COD Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan .....	30
Gambar 4.5	Grafik Hasil Uji Penyisihan dan Efektivitas Penyisihan TSS Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan.....	32
Gambar 4.6	Grafik Laju Penyisihan TSS Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan .....	33
Gambar 4.7	Grafik Hasil Uji pH Limbah cair industri pembekuan ikan .....	34



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan pada Kegiatan Pembekuan .....	6
Tabel 2.2	Hasil Penelitian Terdahulu .....	10
Tabel 3.1	Hasil Uji Pendahuluan.....	16
Tabel 3.2	Alat dan Bahan Eksperimen Fotokatalis .....	19
Tabel 3.3	Tabel Variabel .....	20
Tabel 4.1	Hasil Analisis Parameter COD, TSS dan pH Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan .....	24



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Mencari Nilai TSS.....	40
Lampiran 2. Perhitungan Persentase Efektivitas Penurunan Bahan pencemar.....	43
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian.....	49
Lampiran 4. Standar Baku Mutu Air Limbah.....	54



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>	1
BPS	Badan Pusat Statistik	1
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	2
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	2
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>	3
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	8
UV	Ultraviolet	10
SNI	Standar Nasional Indonesia	16
Lambang		
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksida	2
H <sub>2</sub> O	Dihidrogen monoksida	2
TiO <sub>2</sub>	Titanium dioksida	2
ZnO	Seng Oksida	2
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Besi (II,III) oksida	2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Besi (III) oksida	2
<i>vb</i>	<i>valence band</i> (Pita valensi)	8
<i>cb</i>	<i>conduction band</i> (Pita konduksi)	8
<i>E<sub>g</sub></i>	<i>Band gap</i> (Celah pita)	8
<i>e<sup>-</sup></i>	<i>electron</i>	9
<i>h<sup>+</sup></i>	<i>hole</i>	9
<i>h<sub>v</sub></i>	foton	9
<i>h<sup>+</sup>vb</i>	Lubang dalam pita valensi	9
<i>e<sup>-</sup><sub>cb</sub></i>	elektron dalam pita konduksi	9
SiO <sub>2</sub>	Silikon dioksida	11
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrogen Peroksida	11
eV	Elektron Valensi	10
•OH	Radikal hidroksil	10
•O <sub>2</sub>	Radikal superoksida	10

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Konsumsi ikan dunia meningkat dari 111 juta ton pada tahun 2004-2006 menjadi 149 juta ton pada tahun 2014-2016 dan diperkirakan akan mencapai 194 juta ton pada tahun 2026 (Anh dkk., 2021). Meningkatnya konsumsi ikan diasumsikan akan berbanding lurus dengan produksi dan limbah yang dihasilkan. Sementara itu, Kota Banda Aceh merupakan kota penghasil ikan dan satu-satunya di wilayah Aceh yang memiliki Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) (Bahri dkk., 2022). Tercatat pada tahun 2021, jumlah produksi ikan di Kota Banda Aceh mencapai 17.736 ton/tahun (BPS Perikanan, 2022).

Limbah cair hasil produksi perikanan mengandung molekul atau senyawa yang larut atau bercampur di dalam air yang berasal dari ikan yang diolah. Molekul atau senyawa tersebut terdiri dari protein, asam amino, peptida, kollagen, minyak, mineral, enzim-enzim, karbohidrat, senyawa berbasis nitrogen (N), fosfor (P), potassium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), yang dapat berpotensi buruk bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan manusia (Ahuja dkk., 2020). Air sisa pencucian dan pengolahan ikan yang langsung dibuang ke perairan sekitar akan menjadi masalah serius bagi kelestarian lingkungan (Defianti, 2022). 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). Hal tersebut juga mengakibatkan terjadinya tempat berkembangbiaknya vektor pembawa penyakit (Munthe dkk., 2021). Ketiadaan instalasi pengolahan air limbah juga sebagai salah satu penyebab pencemaran air (Lestari dkk., 2014). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi yang murah, efektif dan mudah untuk diterapkan sebagai upaya preventif timbulnya masalah limbah ikan yang diolah.

Satu metode penyisihan pencemar limbah cair adalah metode fotodegradasi dengan menggunakan bahan fotokatalis. Dengan metode ini, polutan dipecah menjadi komponen-komponen yang memiliki berat molekul lebih kecil, karena proses degradasi akan menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Fotodegradasi adalah proses penguraian suatu senyawa yang melibatkan foton atau energi cahaya. Proses ini dapat berjalan melalui bantuan material fotokatalis (Nurillahi dkk., 2020). Fotokatalisis adalah reaksi kimia yang terjadi dengan bantuan katalis, dan katalis bekerja bila terkena cahaya. Ashari (2018) menyatakan bahan material fotokatalis yang efektif adalah titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>), karena bahan ini merupakan bahan semikonduktor yang memiliki energi gap 3,2 eV.

Selain itu, TiO<sub>2</sub> juga bersifat tidak beracun, harganya murah dan mudah ditemukan karena melimpah di alam. Titanium dioksida juga dikenal dengan titania yang merupakan oksida dari titanium. Penggunaan titania sebagai fotokatalis memiliki keunggulan seperti sifat optik yang baik, tidak larut dalam air, memiliki luas permukaan yang besar, kekuatan mekanik dan termal yang baik, serta ramah lingkungan (Nurillahi dkk., 2020). Titanium dioksida sebagai fotokatalis juga telah digunakan untuk memurnikan air, menghancurkan mikroorganisme seperti bakteri dan virus, serta memecah zat warna dan senyawa kimia beracun. (Prastiwi dkk., 2017).

Berdasarkan penelitian terdahulu, fotodegradasi telah berhasil digunakan untuk mengolah limbah cair, diantaranya limbah cair domestik menggunakan TiO<sub>2</sub> yang mencapai efektivitas degradasi nilai COD 95,87% dan nilai TSS mencapai 94,67% (Arsa, 2022). Kemudian beberapa penelitian lainnya, seperti limbah cair industri mie (Kholidah dkk., 2021), limbah farmasi (Fatmawati dkk., 2017), limbah cair tahu (Pebritama dan Rachmanto, 2021), zat warna *methyl orange* (Rahmawati, 2020), Limbah binatu (Hamdan dkk., 2022) dan (Setiawan, 2018), zat warna *naphthol blue black* (Suprihatin dkk., 2021), zat warna metil jingga (Deka, 2019). Fotokatalitik yang digunakan dalam pengolahan tersebut terdiri dari TiO<sub>2</sub> (Arsa, 2022) dan (Hamdan dkk., 2022), ZnO (Setiawan, 2018), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (Suprihatin dkk., 2021), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Deka, 2019). Hasil-hasil penelitian tersebut sudah dilakukan dan

hasilnya efektif, namun belum pernah ada penelitian pada limbah cair industri pembekuan ikan yang menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pertanyaan yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah, bagaimana efektivitas penyisihan limbah cair industri pembekuan ikan menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini berdasarkan rumusan masalah pada I.2 adalah, untuk memperoleh efektivitas penyisihan limbah cair industri pembekuan ikan menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian yang hendak dicapai, maka penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat baik secara langsung maupun tidak langsung. Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan terkait informasi mengenai penyisihan limbah cair industri pembekuan ikan dengan parameter COD, TSS dan pH menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  secara efektif dan memvariasikan dengan massa katalis dan lama penyinaran.
2. Menambah pengetahuan dan wawasan baru tentang pengolahan limbah cair industri pembekuan ikan menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  sehingga dapat menjadi teknik pengolahan limbah terbarukan dalam penyisihan kandungan pencemar terhadap limbah cair industri pembekuan ikan.

### 1.5 Batasan Masalah

Penulisan tugas akhir ini agar dapat terlaksana dengan baik dan fokus terhadap masalah serta tujuan penelitian, maka perlu diberikan batasan. Batasan-batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Penyisihan menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .
2. Penelitian ini berfokus hanya pada dua variabel yang mempengaruhi proses fotodegradasi, yaitu variasi massa katalis dan lama penyinaran terhadap penyisihan limbah cair industri pembekuan ikan.
3. Parameter yang di uji adalah beberapa parameter yang tercantum di dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada Kegiatan Pembekuan Ikan diantaranya COD, TSS dan pH.
4. Penelitian ini berfokus pada kemampuan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dalam menyisihkan limbah cair industri pembekuan ikan dengan menghitung persentase efektivitas penyisihan serta laju penyisihan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair Perikanan**

Limbah perikanan dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang tersisa dan terbuang dalam penangkapan, penanganan dan pengolahan hasil perikanan. Menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, industri pengolahan hasil perikanan adalah usaha dan atau kegiatan di bidang pengolahan hasil perikanan meliputi kegiatan pengalengan, pembekuan, atau pembuatan tepung ikan. Limbah perikanan yang dihasilkan oleh industri kecil menengah sebagian besar dibuang langsung ke badan air tanpa adanya pengolahan khusus. Pembuangan limbah secara kumulatif tanpa pengolahan dapat mencemari kualitas lingkungan dan menimbulkan dampak yang serius (Mardiyana dkk., 2022). Limbah utama dalam limbah pengolahan ikan adalah darah, feses, sirip, kepala ikan, cangkang, kulit dan limbah daging (Defianti, 2022).

Secara umum jenis limbah cair dari industri pengolahan ikan dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu volume tinggi-limbah rendah dan volume kecil-limbah tinggi. Kategori limbah dengan persentase rendah multi volume terdiri dari air yang digunakan untuk bongkar muat, pengangkutan, pengolahan ikan dan pencucian. Limbah cair dari industri perikanan banyak mengandung bahan organik. Tingkat pencemaran limbah cair industri pengolahan ikan sangat tergantung pada jenis proses pengolahan dan jenis ikan yang diolah. Ada tiga jenis kegiatan utama pengolahan ikan, yaitu pengalengan dan pembekuan ikan, industri minyak dan tepung ikan, dan industri pengasinan ikan. Sifat limbah perikanan diwakili oleh parameter pH, jumlah padatan terlarut, suhu, bau, BOD, COD, dan konsentrasi nitrogen dan fosfor (Khoiri, 2018).

## 2.2 Baku Mutu Limbah Cair Perikanan

Baku mutu air limbah adalah baku mutu yang digunakan untuk mengukur kadar maksimum parameter tertentu dalam air limbah sebelum dibuang ke badan air. Baku mutu yang digunakan adalah baku mutu untuk pengolahan limbah hasil perikanan. Persyaratan yang ditetapkan oleh pemerintah menurut baku mutu pengolahan air limbah hasil perikanan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan pada Kegiatan Pembekuan

Parameter	Baku Mutu	Satuan
pH	6-9	-
BOD	100	mg/L
COD	200	mg/L
TSS	100	mg/L
Amonia	10	mg/L

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014

## 2.3 Parameter Pencemar dalam Limbah Cair Pembekuan Ikan

Limbah cair hasil penangkapan ikan memiliki beberapa parameter yang harus memenuhi baku mutu yang berlaku yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, antara lain sebagai berikut:

### a. pH (*Potential of Hydrogen*)

pH adalah keasaman, digunakan untuk menyatakan keasaman atau kebasaaan suatu larutan. Asam mempengaruhi toksisitas polutan, kelarutan gas tertentu dan menentukan jumlah zat di dalam air. Skala pH berkisar antara 1-14 (Ningrum, 2018). Keasaman larutan mempengaruhi pH. Semakin asam larutan, semakin rendah pH-nya. pH dapat diukur dengan kertas lakmus atau pH meter (Husna dan Rosaidi, 2021). pH larutan juga mempengaruhi jumlah ion dalam larutan dan kelarutan produk yang terbentuk.

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menghilangkan bahan organik dari air secara kimiawi. Penurunan COD menggarisbawahi kebutuhan oksigen kimia ketika senyawa yang diukur adalah bahan yang tidak dapat terdegradasi secara biokimia (Nurjanah dkk., 2017).

c. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD adalah analisis empiris yang secara global mendekati proses mikrobiologis yang terkandung dalam cairan. Analisa terhadap kandungan BOD sangat diprioritaskan dalam melihat proses mikrobiologis yang terjadi di dalam zat cair. BOD dapat digambarkan sebagai ukuran jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh badan air dengan populasi mikroba sebagai respon terhadap masukan bahan organik yang dapat terurai. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa selain nilai BOD menunjukkan jumlah oksigen, nilai BOD juga dapat diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik yang dapat terurai di dalam air (Ardhi, 2022).

d. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah padatan tidak larut yang membuat air menjadi keruh (Santoso dkk., 2017). Berdasarkan sifat fisik kualitas air, berdasarkan jumlah total padatan tersuspensi (TSS), partikel-partikel dalam air pada dasarnya membuat air menjadi keruh, sehingga diperlukan pengolahan untuk mengendalikan kekeruhan air tersebut (Sarwono dkk., 2017). Tingkat TSS yang tinggi dapat menimbulkan dampak lain seperti tingginya nilai konsentrasi padatan tersuspensi total yang dapat menurunkan aktivitas fotosintesis tumbuhan laut baik yang mikro maupun makro sehingga mengakibatkan oksigen yang dilepaskan tumbuhan menjadi berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan menjadi mati. Jika konsentrasi TSS di badan sungai terus meningkat dan mengalir ke laut dalam waktu yang lebih lama, maka dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Jumlah TSS dapat menunjukkan kondisi sedimentasi pada suatu perairan yang mempunyai konsentrasi TSS yang tinggi cenderung mengalami sedimentasi yang tinggi (Jiyah dkk., 2017).

## 2.4 Fotodegradasi menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>

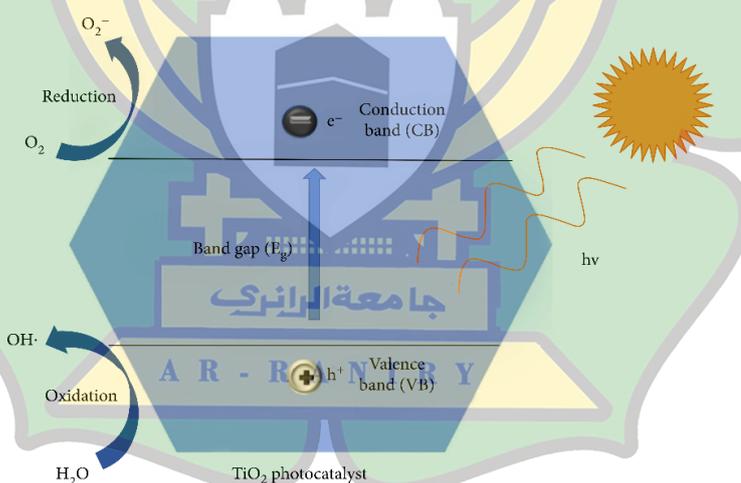
Fotodegradasi adalah proses penguraian suatu senyawa (biasanya senyawa organik) menggunakan energi foton. Proses fotodegradasi membutuhkan fotokatalis, yang biasanya merupakan bahan semikonduktor. Penguraian dilakukan dengan memecah senyawa menjadi senyawa yang lebih sederhana (Ashari, 2018). Fotokatalisis adalah kombinasi dari proses fotokimia dan katalitik. Fotokimia adalah proses sintesis (transformasi) kimia yang menggunakan cahaya sebagai aktivator. Sedangkan katalis adalah zat yang dapat meningkatkan laju reaksi dengan mengubah jalur (mekanisme) reaksi tanpa ikut serta dalam reaksi. Bahan yang dapat digunakan sebagai fotokatalis adalah yang memiliki celah pita energi seperti kebanyakan logam transisi, dan ketika terkena cahaya, energi cahaya tersebut dapat mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Ini terjadi ketika energi cahaya yang diberikan sama dengan atau lebih besar dari celah pita material (Bey, 2009).

Katalis yang digunakan dalam fotokatalisis adalah oksida logam seperti ZnO, WO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SnO<sub>2</sub>, tetapi beberapa penelitian menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub> merupakan katalis yang sangat efisien yang digunakan dalam fotokatalisis. Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) dengan *band gap* ±400 nm telah banyak digunakan sebagai katalis fotooksidasi karena merupakan semikonduktor potensial, sumber transfer elektron dan stabil untuk radiasi (Usman, 2013). Sebagai fotokatalis, titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) telah menarik perhatian besar sejak lama dan dianggap sebagai salah satu bahan yang paling menjanjikan untuk penggunaan komersial karena sifat optik dan elektroniknya yang luar biasa, fotoaktivitas, stabilitas kimiawi yang tinggi, biaya rendah, non toksik, dapat digunakan kembali, dan ramah lingkungan (Pawar dkk., 2018).

Fotokatalis yang ideal harus diaktifkan oleh foton, tidak reaktif secara kimiawi, mudah tersedia, tidak beracun, dan mampu memanfaatkan spektrum cahaya yang luas. Perbedaan energi antara pita valensi (*vb*) dan pita konduksi (*cb*) dikenal sebagai celah pita ( $E_g$ ), yang menentukan apakah suatu bahan merupakan konduktor, semikonduktor, atau isolator. Tidak seperti isolator atau logam, semikonduktor memiliki celah pita yang memungkinkan menghasilkan pasangan

*electron* ( $e^-$ )/*hole* ( $h^+$ ) ketika mereka menyerap foton dengan energi yang sama dengan celah pita atau lebih tinggi dari itu. Oksida logam semikonduktor umumnya digunakan sebagai fotokatalis karena celah pita ( $E_g$ ) dan posisi tepi pita yang menguntungkan. Dalam semikonduktor, struktur elektronik memainkan peran penting di mana pita valensi ( $vb$ ) semikonduktor terisi penuh dengan elektron dan pita konduksi ( $cb$ ) kosong (Pawar dkk., 2018).

Mekanisme yang mendasari fotokatalis semikonduktor  $\text{TiO}_2$ , ditunjukkan pada Gambar II.1. Ketika foton dengan energi yang memadai ( $\geq$  energi celah pita semikonduktor) diserap oleh semikonduktor, sebuah elektron dari pita valensi ( $vb$ ) tereksitasi dan melompat ke pita konduksi ( $cb$ ), yang menghasilkan lubang di pita valensi. Proses pembentukan pasangan elektron-hole ini dikenal sebagai fotoeksitasi. Elektron terfotoeksitasi dapat digunakan dalam reduksi oksigen, dan sama halnya, *hole* dapat digunakan dalam mengoksidasi molekul air yang teradsorpsi pada permukaan fotokatalis (Pawar dkk., 2018).



Gambar 2.1 Mekanisme dasar fotokatalis  $\text{TiO}_2$   
Sumber: Pawaar, 2018

Fotoeksitasi:  $h\nu \geq E_g$ ,  $\text{TiO}_2$  (fotokatalis) +  $h\nu$  (foton)  $\rightarrow h^+vb$  (lubang dalam pita valensi) +  $e^-_{cb}$  (elektron dalam pita konduksi).

Mekanisme fotokatalisis dapat diwujudkan oleh foton dengan energi lebih tinggi dari energi celah pita  $\text{TiO}_2$   $h\nu > E_g = 3,2 \text{ eV}$ . Energi foton yang dimiliki oleh

lampu UV adalah (4,43 – 12,4 eV) sehingga dapat digunakan pada proses fotokatalisis untuk menghasilkan •OH radikal hidroksil secara terus menerus. Radikal hidroksil dapat mengoksidasi berbagai macam zat organik secara cepat dan tidak selektif. Misalnya limbah batik yang mengandung senyawa naphthol yang merupakan senyawa yang sulit larut atau terurai senyawa yang terdapat pada pewarna batik sintetik (Priantoro dan Agung, 2020).

Pada penelitian (Setiyawati dkk., 2020) mengenai fotodegradasi zat warna limbah cair industri, hasil optimasi massa katalis terjadi peningkatan persen degradasi penurunan COD dan penetrasi pH pada peningkatan massa katalis yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak radikal hidroksil (•OH) dan superoksida (•O<sub>2</sub>) yang terbentuk seiring bertambahnya jumlah katalis. Namun, pada penambahan fotokatalis sebanyak 2,5 gr diperoleh hasil yang tidak berbeda secara signifikan dibandingkan massa katalis 2 gr, sehingga massa katalis 2 gr ditetapkan sebagai massa optimum. Hal ini diduga disebabkan bahwa semakin banyak penambahan jumlah katalis tersebut menyebabkan proses fotodegradasi menjadi kurang efisien dalam membentuk radikal hidroksil dan ion superoksida, akibat *bulk* massa sehingga katalis tidak menerima radiasi UV yang optimal dan menyebabkan banyak suspensi.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Studi mengenai eksperimen menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis telah banyak dilakukan seperti yang terdapat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

No	Material	Limbah	Penulis	Efektivitas
1	TiO <sub>2</sub>	Domestik	Arsa, 2022	COD = 95,87% TSS = 94,67% Kekeruhan = 94,61%
2	TiO <sub>2</sub> -SiO <sub>2</sub>	Binatu	Hamdan dkk., 2022	COD = 96,77% TSS = 83,78%
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Zeolit	Metil jingga	Deka, 2019	Warna = 62,96%

4	Bentonit- $\text{Fe}_3\text{O}_4$	<i>Naphthol Blue Black</i>	Suprihatin dkk., 2021	Warna = 98,95
5	ZnO	<i>Laundry</i>	Setiawan, 2018	Surfaktan = 84,62%
6	$\text{TiO}_2\text{-H}_2\text{O}_2$	Industri mie soun	Kholidah dkk., 2021	COD = 41,67%

Hasil-hasil penelitian pada Tabel 2.2 sudah dilakukan dengan berbagai bahan material katalis serta berbagai macam limbah cair dan hasilnya efektif, namun belum pernah ada penelitian pada limbah cair industri pembekuan ikan yang menggunakan metode fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

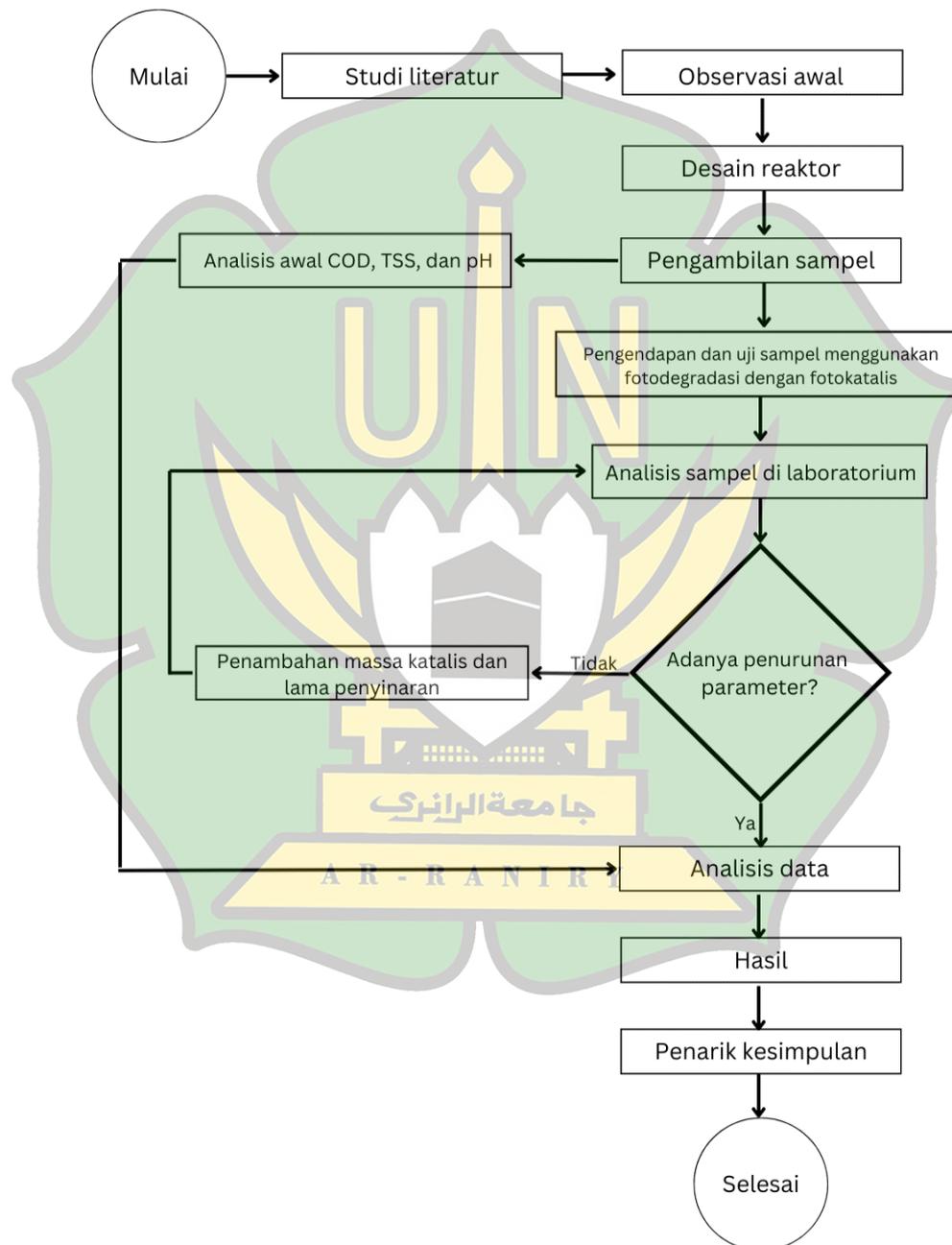
#### **3.1 Tahapan Umum**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat eksperimental, dalam penelitian ini nantinya akan berhubungan dengan parameter yang diuji dan diteliti dari sampel yang telah diambil. Maka rencana penelitian yang akan dilakukan yaitu:

- a. Identifikasi masalah, merupakan suatu proses awal yang penting dalam melakukan sebuah penelitian yang bertujuan untuk menemukan masalah yang terjadi serta menentukan bagaimana masalah tersebut diukur sehingga kemudian menghadirkan suatu solusi yang tepat;
- b. Melakukan studi literatur berkaitan dengan objek penelitian, diawali pencarian daftar-daftar pustaka yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Ini dapat berupa penelitian terdahulu yang telah dilakukan serta dasar teori yang dapat menunjang penelitian, bertujuan untuk mengetahui segala informasi yang diperlukan nantinya dalam jalannya penelitian;
- c. Penentuan tempat pengambilan sampel penelitian, yang bertujuan untuk mendapatkan sampel air limbah cair pencucian ikan yang sesuai kualifikasi dan dapat mewakili populasi dari sampel yang menjadi masalah dalam penelitian;
- d. Melakukan tahap persiapan meliputi persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses jalannya penelitian agar penelitian yang akan dilakukan dapat berjalan secara efektif;
- e. Pembuatan media berupa fotodegradasi yang akan digunakan untuk melanjutkan pengendapan dalam menurunkan parameter COD, TSS, dan pH;
- f. Tahap eksperimen, adalah tahap untuk mengetahui variabel yang terjadi selama proses dari pengolahan limbah cair industri pembekuan ikan pada proses fotodegradasi dengan fotokatalis terhadap penurunan kandungan COD, TSS, dan pH;
- g. Melakukan tahap analisis hasil penelitian yang dilakukan setelah penelitian terlaksana secara keseluruhan dan data-data dalam jalannya penelitian terkumpulkan secara keseluruhan sehingga mudah dalam menarik kesimpulan;

- h. Melakukan tahap penarikan kesimpulan yang memuat semua jawaban dari permasalahan yang telah dirumuskan di awal penelitian, yaitu untuk memperoleh efektivitas dari penyisihan fotodegradasi dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dari limbah cair industri pembekuan ikan.

Secara garis besar, tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

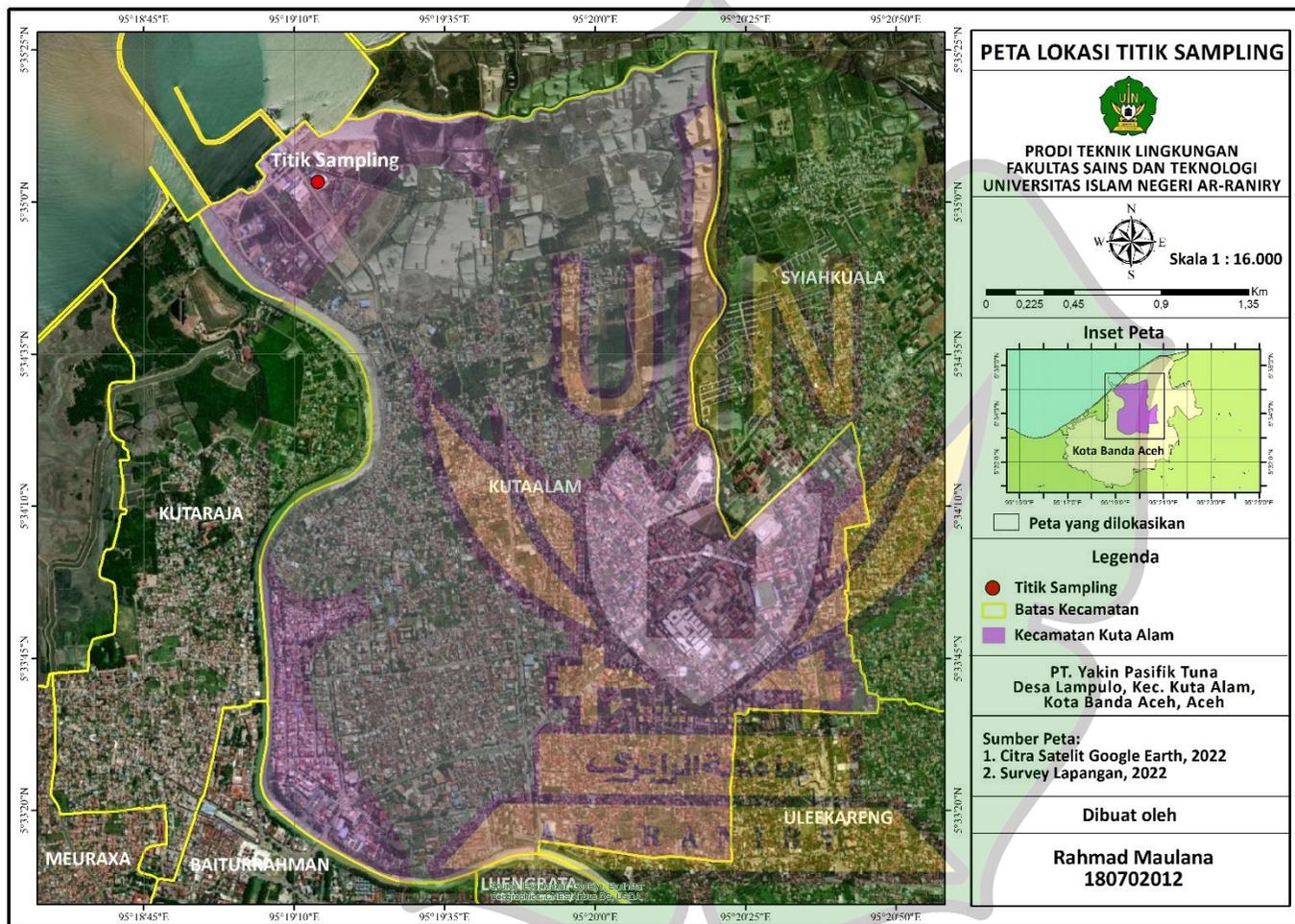
## 3.2 Lokasi dan Pengambilan Sampel

### 3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel dan Penelitian Sampel

Lokasi sampling dilakukan di PT. Yakin Pasifik Tuna di Desa Lampulo, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh. Sampel diambil pada hari Senin, 12 September 2022. Berdasarkan hasil uji pendahuluan, konsentrasi COD dan TSS melebihi ambang batas, sehingga diperlukan inovasi dalam pengolahan limbah cair industri pembekuan ikan untuk meminimalisir pencemaran yang dihasilkan. Lokasi pengujian menggunakan fotodegradasi sistem aliran kontinu dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Gambar dan peta lokasi ditunjukkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 3.3 Peta Lokasi Pengambilan Sampel

### 3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel menggunakan metode *grab sample* atau sesaat. Sampel diambil dengan menggunakan gayung bertangkai, lalu dimasukkan ke dalam botol plastik sesuai dengan ketentuan (SNI 6989.59:2008) sebagai berikut:

1. Terbuat dari bahan gelas atau plastik atau plastik polietilen (PE), polipropilen (PP) atau teflon (*Poly Tetra Fluoro Ethylene*, PTFE).
2. Penutupnya kuat dan rapat.
3. Bersih dan bebas dari kontaminan.
4. Tidak mudah pecah.

### 3.2.3 Hasil Uji Pendahuluan pada Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan

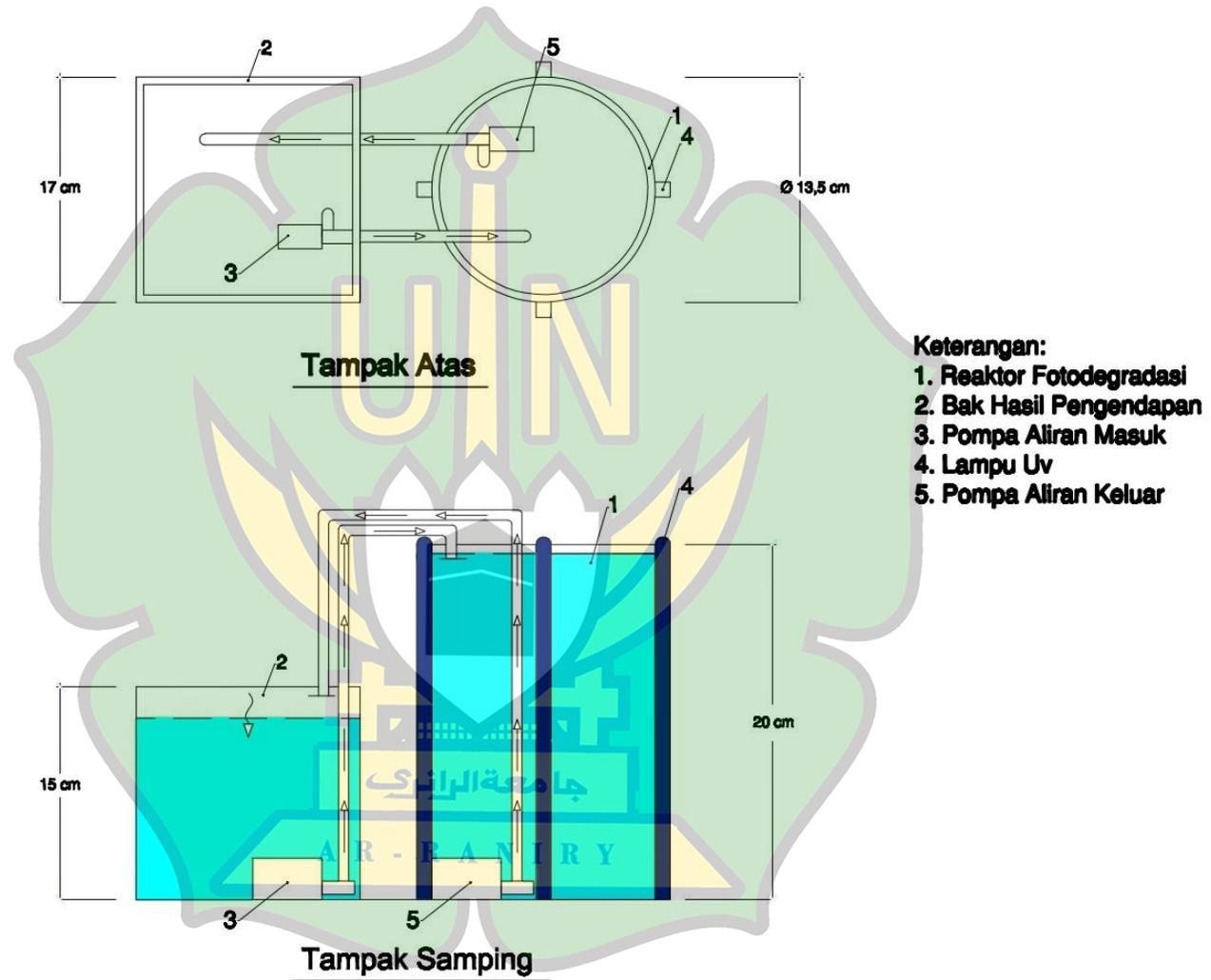
Adapun hasil uji pendahuluan limbah cair industri pembekuan ikan dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Hasil Uji Pendahuluan

No	Parameter	Metode uji	Acuan	Satuan	Baku Mutu	Hasil uji awal
1	COD	Bichromat	SNI 6989.2:2019	mg/L	200	424
2	TSS	Gravimetri	SNI 6989.3.2019	mg/L	100	443
3	pH	pH Meter	SNI 6989.11:2019	-	6-9	6,5

### 3.3 Desain Reaktor

Proses fotokatalis pada penelitian ini dilakukan dalam reaktor fotodegradasi dan bak hasil pengendapan. Reaktor fotodegradasi dirancang dengan ukuran diameter 13,5 cm dan tinggi 20 cm. Bak hasil pengendapan berukuran 17 cm × 17 cm × 15 cm. Terdiri dari 2 unit pompa akuarium yaitu pompa aliran masuk dan pompa aliran keluar, 4 buah lampu UV dengan masing-masing 6 watt. Dinding reaktor fotodegradasi dibalut menggunakan *aluminium foil* sebagai *reflektor* yang membuat cahaya memantul ke arah limbah cair, serta penambahan kain hitam yang berfungsi menghalangi radiasi sinar UV agar tidak keluar. Kemudian katalis TiO<sub>2</sub> bekerja dalam proses fotokatalis menggunakan sinar UV. Adapun desain reaktor dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.4 Desain Reaktor Fotodegradasi



(a)



(b)

Gambar 3.5 Reaktor Fotodegradasi (a) tampak atas (b) tampak samping

### 3.4 Eksperimen

#### 3.4.1 Alat dan Bahan

Tabel 3.2 Alat dan Bahan Eksperimen Fotokatalis

Alat dan Bahan	Spesifikasi	Jumlah	Kegunaan
<i>Glass beaker</i>	Diameter 13,5 cm, tinggi 20 cm dan volume 2 L	1 buah	Reaktor fotodegradasi
Lampu UV	Merek Gaxindo, (6 watt)	4 buah	penyinaran
Pompa akuarium	Merek Sakkai Pro, (1000 L/jam)	2 buah	Sirkulasi
Bak kaca	Ukuran 17 cm × 17 cm × 15 cm	1 buah	Media pengendapan
Limbah cair industri pembekuan ikan	-	48 Liter	Sampel yang diteliti
TiO <sub>2</sub>	-	18 gr	Katalis untuk proses fotokatalisis

#### 3.4.2 Prosedur Eksperimen

- Limbah cair industri pembekuan ikan yang telah diambil menggunakan jerigen dilakukan pengendapan terlebih dahulu selama 4 jam.
- 4 L limbah cair hasil pengendapan dimasukkan masing-masing 2 L ke dalam reaktor fotodegradasi dan bak hasil pengendapan.
- Katalis TiO<sub>2</sub> sebanyak 0,5 gr ditambahkan ke dalam reaktor.
- Lampu sinar UV dinyalakan selama 1 jam untuk menyinari sampel.
- Pompa dinyalakan untuk mengalirkan limbah, sehingga terjadinya sirkulasi antara bak hasil pengendapan dan reaktor fotodegradasi.
- Dilakukan proses pengendapan setelah eksperimen untuk memisahkan katalis.
- Dilakukan pengulangan prosedur a sampai f dengan massa katalis 1 gr.
- Dilakukan pengulangan prosedur a sampai f dengan lama penyinaran 2 dan 3 jam.
- Dilakukan pengecekan terhadap parameter COD, TSS, pH pada sampel limbah cair tersebut.

### 3.5 Variabel Penelitian

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang akan mempengaruhi perubahan atau variabel yang dapat dimanipulasi untuk menentukan perubahan mana yang akan diamati. Pada penelitian ini yang akan menjadi variabel bebasnya adalah perbedaan variasi massa katalis dan variasi lama penyinaran.

#### 2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur untuk mengetahui besarnya pengaruh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah limbah cair industri pembekuan ikan dan parameter COD, TSS, pH.

#### 3. Variabel Tetap

Variabel tetap atau kontrol adalah faktor lain yang ikut berpengaruh yang dibuat sama pada setiap percobaan dan terkendali. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah lampu UV.

Tabel III.3 Tabel Variabel

Variabel Bebas	Variabel Terikat	Variabel Tetap
Variasi massa katalis (0, 0,5 dan 1) gr	limbah cair industri pembekuan ikan	Lampu UV 4 × 6 watt
Variasi lama penyinaran (1, 2, 3) jam	Parameter COD, TSS dan pH	

### 3.6 Prosedur Pengukuran Parameter Limbah cair industri pembekuan ikan

#### 3.6.1 Pengukuran TSS

Cara pengukuran TSS dijelaskan sesuai (SNI 6989.3:2019) sebagai berikut:

- Penyaringan dilakukan dengan alat vakum. Saringan dibasahi sedikit dengan air suling.
- Contoh uji diaduk menggunakan pengaduk magnetik untuk contoh uji yang lebih homogen.
- Contoh uji diambil dengan pipet tetes dengan volume tertentu pada saat contoh uji dilakukan pengadukan.

- d. Kertas saring atau saringan dicuci menggunakan 3 x 10 mL air suling, kemudian didiamkan hingga benar-benar kering, kemudian disaring dengan vakum selama 3 menit untuk mendapatkan filtrasi yang sempurna. Untuk sampel dengan padatan terlarut yang cukup tinggi, diperlukan pembilasan tambahan.
- e. Kertas saring dipindahkan secara perlahan dari alat penyaring dan letakkan di wadah timbang aluminium sebagai penyangga.
- f. Dikeringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dan didinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbangan.
- g. Ulangi pengeringan, pendinginan dalam desikator dan penimbangan sampai tercapai massa konstan atau sampai perubahan massa kurang dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau kurang dari 0,5 mg.

Dengan perhitungan:

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.mL}} \quad (3,1)$$

Dengan :

A = berat kertas saring + residu kering, mg

B = berat kertas saring, mg

### 3.6.2 Pengukuran COD

Cara pengukuran COD dijelaskan sesuai (SNI 6989.2:2019) sebagai berikut:

- a. Sampel uji diambil menggunakan pipet tetes 2,5 mL, ditambahkan 1,5 mL larutan baku  $K_2Cr_2O_7$  dan ditambahkan 3,5 mL larutan  $H_2SO_4$  ke dalam tabung dan ditutup.
- b. Kemudian pada COD reaktor ditekan tombol *start* dan ditunggu suhu naik hingga 150°C.
- c. Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan temperatur 150°C, selama 2 jam.
- d. Tabung COD didinginkan, kemudian pengukuran sampel dilakukan menggunakan COD meter.

### 3.6.3 Pengukuran pH

Cara pengukuran pH dijelaskan sesuai (SNI 6989.11:2019) sebagai berikut:

- Sampel air limbah dikocok hingga homogen.
- Sebuah gelas *beaker pyrex* digunakan untuk menampung hingga 100 mL sampel.
- pH meter diaktifkan dan ujung elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel.
- Pembacaan pada pH meter ditunggu hingga stabil.
- Nilai pH yang terbaca dicatat.

### 3.7 Analisis Data

Efektivitas penyisihan parameter pencemar dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

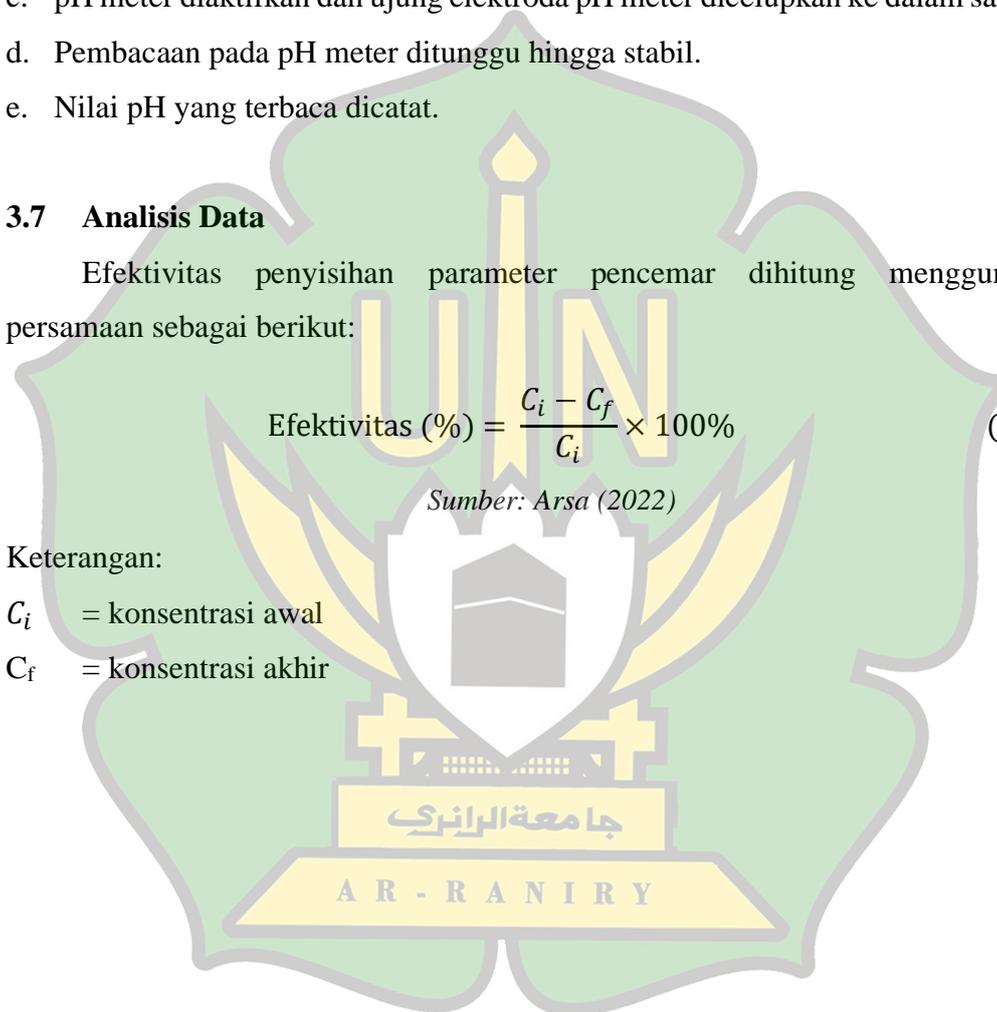
$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100\% \quad (3,2)$$

*Sumber: Arsa (2022)*

Keterangan:

$C_i$  = konsentrasi awal

$C_f$  = konsentrasi akhir

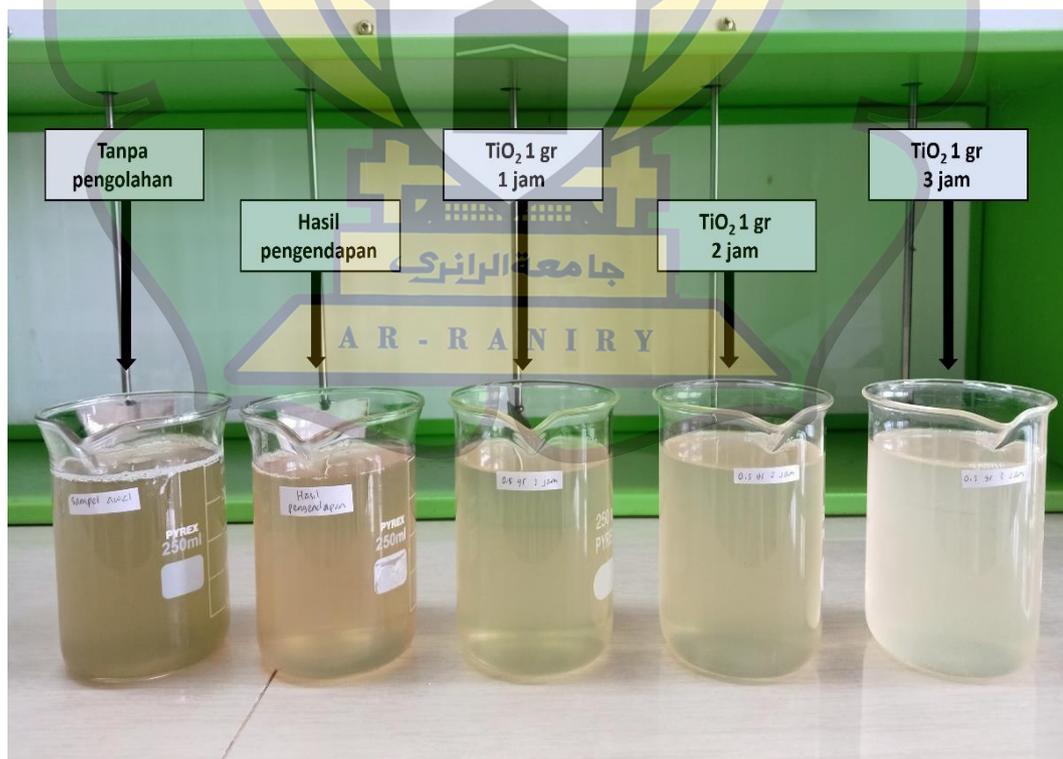


## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Gambar 4.1 menunjukkan perubahan tampilan fisik limbah cair industri pembekuan ikan sebelum eksperimen, setelah pengendapan dan setelah eksperimen dengan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Warna air limbah cair sebelum pengolahan berwarna coklat dan setelah pengendapan limbah cair mengalami perubahan warna menjadi coklat kemerahan. Pada pengolahan variasi  $\text{TiO}_2$  1 gr dengan lama penyinaran 1 jam mengalami perubahan warna menjadi coklat jernih, kemudian pada lama penyinaran 2 jam perubahan warna tidak jauh berbeda dari lama penyinaran 1 jam. Perubahan warna menjadi putih tampak keruh terjadi pada variasi  $\text{TiO}_2$  dengan lama penyinaran 3 jam. Hasil diperoleh berwarna putih tampak keruh, dikarenakan sifat alamiah dari  $\text{TiO}_2$  yang mudah terdispersi (Hermawan, 2019). Hasil pengukuran sampel limbah cair industri pembekuan ikan dan efektifitas penyisihan terhadap parameter COD dan TSS sebelum dan sesudah eksperimen dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan Fisik Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan sebelum dan sesudah Pengolahan

Tabel 4.1 Hasil Analisis Parameter COD, TSS dan pH Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan

		Sirkulasi									Non Sirkulasi					
Lama Penyinaran (jam)		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Massa Katalis (gr)		0			0,5			1			0			0,5		
COD (mg/L)	HPSF	333	292	239	362	276	160	342	190	115	343	327	303	372	328	255
	EP (%)	13,73	24,35	38,08	6,22	28,5	58,55	11,4	50,78	70,21	11,14	15,28	21,5	3,63	15,03	33,94
TSS (mg/L)	HPSF	164	142	120	183	136	83	118	94	40	255	1164	144	1889	148	134
	EP (%)	46,58	53,75	60,91	40,39	55,7	72,96	61,56	69,38	86,97	16,94	46,58	53,09	38,44	51,79	56,35
pH	HPSF	6,7	6,8	6,9	7,4	7,4	7,6	7,8	7,9	7,9	7,7	7,6	7,6	7	7,1	7,1

Keterangan: \*Hasil Pengukuran Setelah Fotokatalis (HPSF), \*Efektivitas Penyisihan (EP),  
 \*Warna kuning menunjukkan hasil pengujian yang memenuhi batas baku mutu,  
 \*Warna biru menunjukkan efektivitas penyisihan tertinggi.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

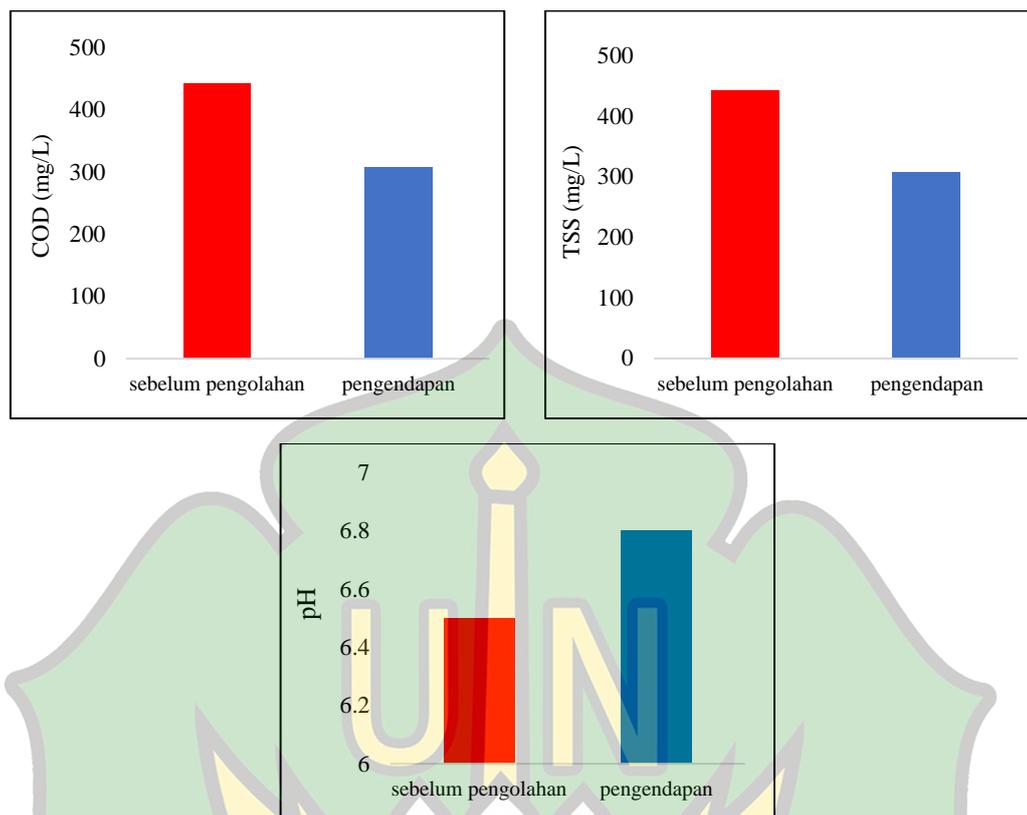
Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengukuran awal nilai pH limbah cair industri pembekuan ikan memenuhi standar baku mutu limbah cair industri pembekuan ikan yang telah ditetapkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah pada kegiatan pembekuan ikan. Nilai pH menunjukkan limbah cair industri pembekuan ikan, tetapi kandungan COD dan TSS limbah tersebut tidak memenuhi standar baku mutu. Hasil ini menunjukkan bahwa penentuan kualitas limbah cair industri pembekuan ikan tidak bisa hanya dinilai dari parameter pH, namun harus dilakukan dengan tambahan pengukuran COD dan TSS yang belum memenuhi standar baku mutu, sehingga dapat membahayakan lingkungan apabila tidak diolah terlebih dahulu.

## **4.2 Pembahasan**

### **4.2.1 Pengendapan**

Pengendapan merupakan proses pemisahan campuran padatan dan cairan secara gravitasi (Rumbino dan Abigael, 2020). Proses pengendapan ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja proses fotokatalis yang membutuhkan bantuan paparan energi cahaya. Partikel tersuspensi dapat mempengaruhi paparan cahaya UV yang dapat menghambat paparan energi ke reaksi fotokatalis. Sehingga, menyebabkan pengaruh proses pembentukan radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ).

Berdasarkan Gambar 4.2 pengendapan dapat menurunkan nilai COD dan TSS. Nilai COD awal limbah cair industri pembekuan ikan memiliki nilai sebesar 424 mg/L menjadi 386 mg/L setelah pengendapan. Tingginya COD pada air limbah dipengaruhi oleh zat-zat organik yang dihasilkan dari aktivitas pembekuan ikan. Parameter TSS setelah pengendapan mengalami penurunan yang sebelumnya memiliki nilai 443 mg/L menjadi 307 mg/L. Menurut Jaelani dkk., (2018) proses pengendapan dapat menurunkan nilai TSS dikarenakan adanya partikel tersuspensi yang mengendap pada dasar *beaker glass*.



Gambar 4.2 Nilai Parameter sebelum dan setelah Pengendapan

Nilai pH yang diuji pada pengendapan mengalami kenaikan sebesar 0,3 dengan nilai awal 6,5 menjadi 6,8 yang dapat dilihat pada Tabel 4.1. Meningkatnya nilai pH disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme dalam *beaker glass* dan mengendapnya partikel tersuspensi (Jaelani dkk., 2018). Nilai COD dan TSS setelah pengendapan tidak memenuhi standar baku mutu, sehingga diperlukan pengolahan untuk menurunkan kadar pada limbah cair industri pembekuan ikan tersebut.

#### 4.2.2 Fotokatalis menggunakan $TiO_2$

Fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $TiO_2$  yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan variasi massa katalis dan lama penyinaran yang mendegradasi parameter COD dan TSS juga penetralan terhadap nilai pH. Berikut mekanisme proses fotokatalis semikonduktor  $TiO_2$  melalui reaksi berikut:

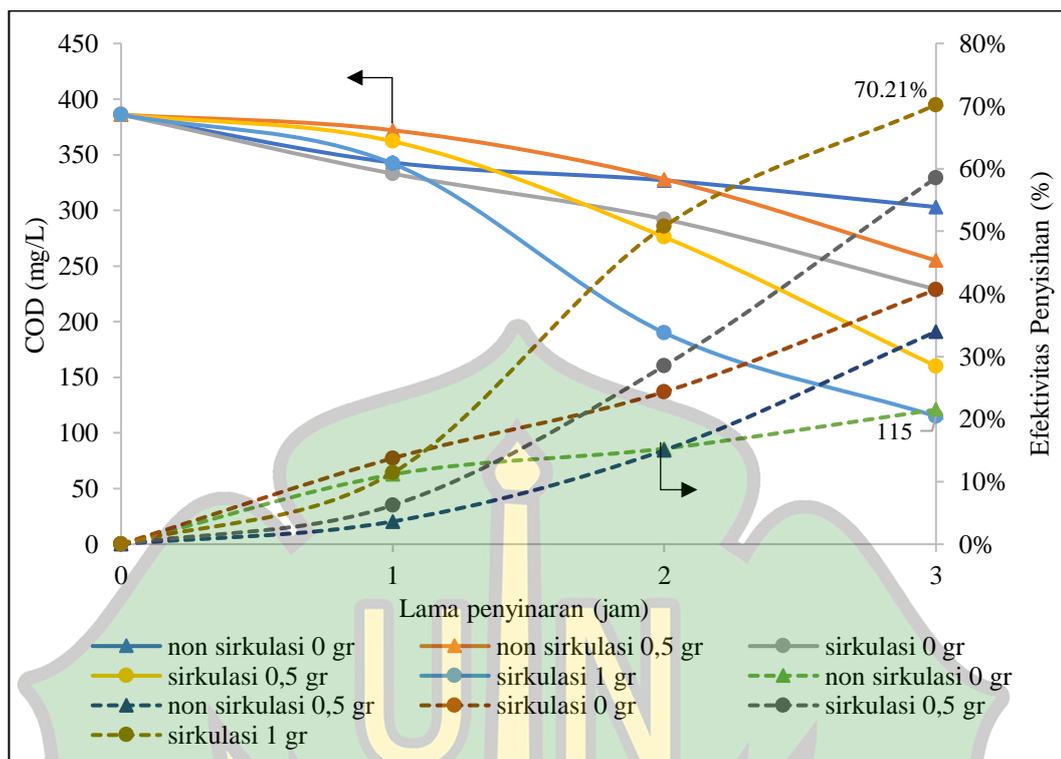


Jika suatu semikonduktor dikenai cahaya ( $h\nu$ ) dengan energi yang sesuai, maka elektron ( $e^-$ ) pada pita valensi ( $vb$ ) akan pindah ke pita konduksi ( $cb$ ) (menghasilkan  $e_{cb}^-$ ) yang menyebabkan adanya kekosongan atau *hole* ( $h_{vb}^+$ ). Selanjutnya *hole* ( $h_{vb}^+$ ) akan bereaksi dengan hidroksida logam yaitu hidroksida titan yang terdapat dalam larutan membentuk radikal hidroksida yang merupakan oksidator kuat untuk mengoksidasi senyawa organik pada limbah cair industri pembekuan ikan (Arsa, 2022).

#### 1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan istilah untuk menggambarkan jumlah total oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik, baik yang mudah terlarut atau *nonbiodegradable* secara kimiawi (Alfatimah dkk., 2022). Berdasarkan hasil pengamatan terjadinya penurunan COD dalam proses fotodegradasi, mengindikasikan terbentuknya radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ) yang dapat mengoksidasi berbagai macam zat organik dengan cepat dan selektif. Sesuai dengan penelitian terdahulu, Hermawan (2019) menyatakan cara kerja dari  $TiO_2$  yaitu menghasilkan radikal hidroksil ( $\bullet OH$ ) untuk mengoksidasi polutan. Grafik hasil uji penurunan COD limbah cair industri pembekuan ikan dapat dilihat pada gambar 4.3.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perbedaan massa katalis  $TiO_2$  dan lama penyinaran mempengaruhi penyisihan kandungan COD. Fotodegradasi mencapai efektivitas penyisihan 70,21 % dengan sirkulasi, yang menggunakan massa  $TiO_2$  1 gr selama 3 jam lama penyinaran dengan 4 buah lampu UV. Hasil penyisihan efektif terdapat pada variasi sirkulasi yang menggunakan massa  $TiO_2$  0,5 gr dengan lama penyinaran selama 1 jam, yaitu mencapai 3,63 %. Dapat dilihat pada Gambar 4.3 terjadi peningkatan penyisihan seiring bertambahnya massa katalis dan lama penyinaran.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Uji Penyisihan dan Efektivitas Penyisihan COD Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan

Dapat dilihat pada Gambar 4.3 terjadi peningkatan penyisihan seiring bertambahnya massa katalis, lama penyinaran dengan sirkulasi, yang menunjukkan hubungan variasi terhadap penyisihan nilai COD. Penambahan massa katalis harus ditentukan untuk menghindari pemborosan dan efisiensi total penyerapan foton. Berdasarkan hasil pengamatan, aktivitas fotokatalis meningkat seiring dengan penambahan massa katalis. Sesuai dengan penelitian sebelumnya, Arsa (2022) menyatakan semakin banyak massa  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan maka semakin banyak partikel  $\text{TiO}_2$  yang akan bereaksi dengan air limbah. Hal ini dikarenakan penambahan massa katalis akan menambah jumlah sisi aktif fotokatalis, sehingga meningkatkan jumlah polutan organik yang terserap di permukaan katalis untuk disisihkan.

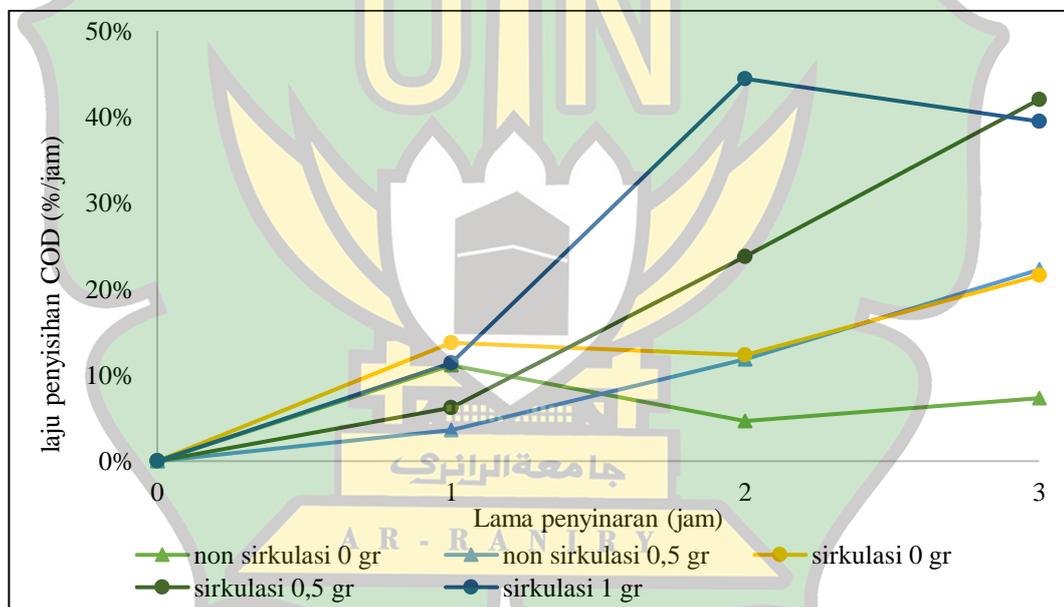
Nilai COD menurun seiring dengan bertambahnya lama penyinaran. Terlihat bahwa semakin lama waktu penyinaran maka interaksi antara cahaya lampu UV, limbah dan katalis  $\text{TiO}_2$  semakin meningkat sehingga semakin banyak pula energi

foton yang diserap oleh katalis dan molekul air sehingga proses penyisihan semakin efektif. Semakin lama penyinaran akan menyebabkan semakin banyak radikal hidroksil yang terbentuk (Pebritama dan Rachmanto, 2021). Grafik pada Gambar 4.3 menunjukkan fotokatalis dengan  $\text{TiO}_2$  mampu menurunkan nilai COD limbah terhadap lama penyinaran. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi fotokatalitik yang memecahkan molekul-molekul di dalam limbah ke dalam molekul yang memiliki berat molekul yang lebih kecil (Takle dkk., 2018). Limbah cair industri pembekuan ikan mengandung molekul atau senyawa yang larut atau bercampur di dalam air yang berasal dari ikan yang diolah. Molekul atau senyawa tersebut terdiri dari protein, asam amino, peptida, kollagen, minyak, mineral, enzim-enzim, karbohidrat, senyawa berbasis nitrogen (N), fosfor (P), potassium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), dan sejumlah senyawa yang lain (Ahuja dkk., 2020). Degradasi dari polutan-polutan tersebut berasal dari berbagai proses fotokatalis.  $\text{TiO}_2$  pertama-tama menyerap polutan untuk membentuk interaksi dengan permukaan katalis sebelum terjadinya iradiasi (terpapar sinar UV). Setelah adanya eksitasi cahaya,  $\text{TiO}_2$  kemudian membentuk *hole* dan elektron. *Hole* pada fotodegradasi secara langsung mendekomposisi material organik pada permukaan katalis, atau *hole* bereaksi dengan hidroksil untuk membentuk  $\bullet\text{OH}$  dan mendegradasi bahan organik. Selain itu, *hole* dan elektron pada fotodegradasi berdifusi ke dalam limbah untuk bereaksi dengan air dan oksigen untuk memunculkan  $\bullet\text{OH}$  dan  $\bullet\text{O}_2$ , yang selanjutnya mendekomposisi polutan organik dari air limbah. Dengan demikian, ion garam dapat mengganggu fotodegradasi dengan mencegah interaksi dengan polutan atau adsorpsi polutan permukaan katalis (Xu dkk., 2021).

Berdasarkan hasil pengamatan, terjadinya peningkatan penyisihan COD seiring penggunaan sirkulasi dengan pompa akuarium. Lestari (2017) menyatakan bahwa saat udara masuk ke dalam limbah, terjadi penurunan COD. Hal ini dikarenakan elektron yang tereksitasi pada pita konduksi akan dikonsumsi oleh oksigen dalam udara untuk membentuk radikal superoksida maupun radikal hidroksil, sehingga rekombinasi elektron dan *hole* dapat dicegah yang tentunya akan meningkatkan aktivitas fotokatalis. Kemudian perlakuan aerasi juga

meningkatkan jumlah oksigen terlarut pada sampel uji. Oksigen tersebut mengambil peran sebagai tangkapan elektron sehingga laju rekombinasi pada fotokatalis dapat berkurang. Berdasarkan hasil yang diperoleh, pada variasi 1 gr  $\text{TiO}_2$  dengan sirkulasi selama 3 jam, konsentrasi COD dapat diturunkan hingga 70,21%.

Berdasarkan hasil penelitian laju penyisihan COD limbah cair industri pembekuan ikan pada variasi sirkulasi 1 gr cenderung naik pada lama penyinaran 1 dan 2 jam, sedangkan pada lama penyinaran 3 jam cenderung menurun. Laju penyisihan COD pada variasi sirkulasi dan non sirkulasi tanpa katalis mengalami fluktuasi peningkatan dan penurunan. Pada variasi sirkulasi dan non sirkulasi 0,5 gr laju penyisihan COD cenderung naik setiap jamnya. Grafik laju penyisihan COD limbah cair industri pembekuan ikan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik Laju Penyisihan COD Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan

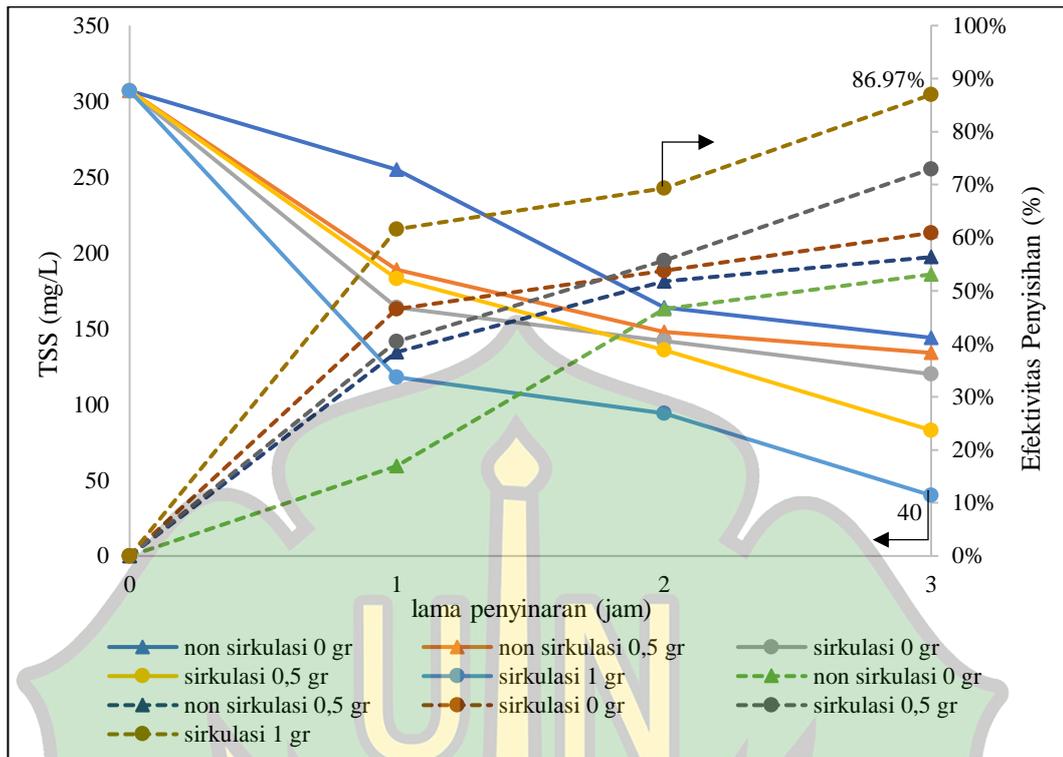
Berdasarkan hasil pengamatan laju penyisihan COD limbah cair industri pembekuan ikan variasi sirkulasi 1 gr cenderung naik pada lama penyinaran 1 dan 2 jam, akan tetapi cenderung menurun pada lama penyinaran 3 jam. Katalis pada lama penyinaran 1 jam belum bereaksi penuh terhadap polutan sehingga menyebabkan laju penyisihan relatif rendah. Laju penyisihan cenderung meningkat drastis pada jam kedua, hal ini disebabkan karena katalis sudah bereaksi penuh

dalam mengikat polutan yang membentuk radikal hidroksil. Sedangkan pada lama penyinaran 3 jam laju penyisihan cenderung menurun, hal ini disebabkan karena jumlah senyawa organik yang terdapat dalam limbah dan polutan yang terikat pada katalis terbatas.

Laju penyisihan COD limbah cair industri pembekuan ikan variasi sirkulasi dan non sirkulasi tanpa katalis mengalami fluktuasi peningkatan dan penurunan. Berdasarkan pengamatan, hal ini disebabkan tidak adanya katalis yang mengakibatkan tidak terjadinya reaksi dari sinar UV yang dipaparkan dan pengambilan sampel menggunakan penyedot air manual yang mengakibatkan fluktuasi terjadi. Pada variasi sirkulasi dan non sirkulasi 0,5 gr laju penyisihan perlahan meningkat pada lama penyinaran 1 jam, hal ini disebabkan 0,5 gr katalis yang mengakibatkan reaksi terhadap polutan cenderung rendah. Sedangkan pada lama penyinaran 2 dan 3 jam laju penyisihan meningkat kembali disebabkan katalis sudah bereaksi penuh terhadap polutan.

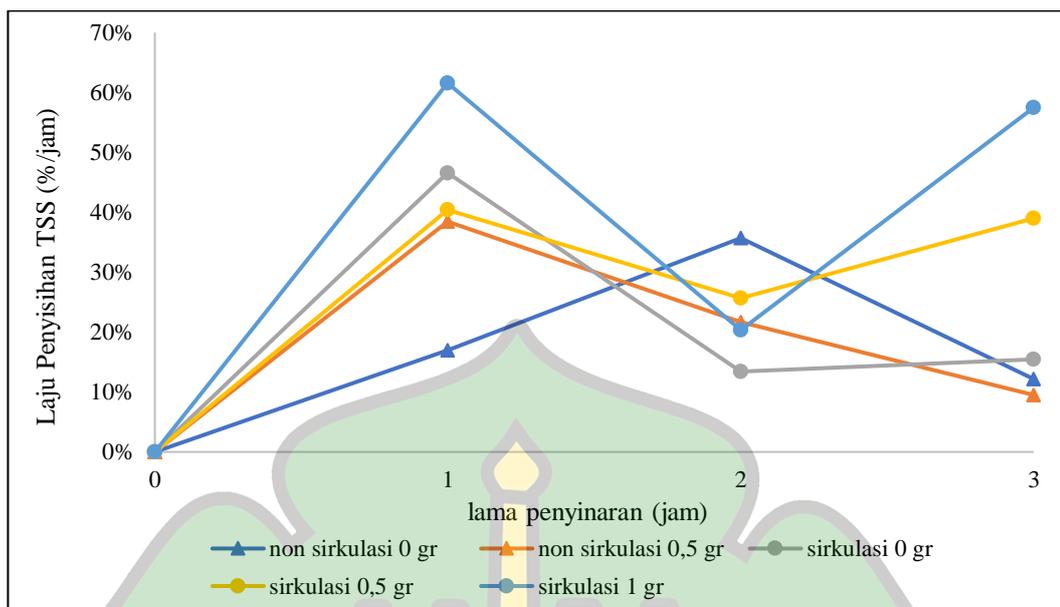
## 2. Parameter TSS (*Total Suspended Solid*)

Hasil eksperimen fotodegradasi menunjukkan bahwa penambahan massa  $\text{TiO}_2$  dan lama penyinaran mempengaruhi degradasi TSS. Parameter TSS memiliki efektivitas penyisihan sebesar 86,97% pada massa 1 gr, lama penyinaran 3 jam dengan sirkulasi, serta penggunaan 4 buah lampu UV. Degradasi parameter TSS dapat dilihat pada Gambar 4.5. Kadar TSS mengalami penurunan nilai sesuai standar baku mutu yang telah ditetapkan. Secara fisik air yang telah dilakukan eksperimen terlihat mengalami perubahan warna.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Penyisihan dan Efektivitas Penyisihan TSS Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan

Berdasarkan hasil penelitian laju penyisihan TSS limbah cair industri pembekuan ikan pada variasi sirkulasi tanpa katalis cenderung naik pada lama penyinaran 1 dan 2 jam, kemudian menurun pada lama penyinaran 3 jam, sedangkan variasi non sirkulasi 0,5 gr cenderung naik pada lama penyinaran 1 jam dan mengalami penurunan pada lama penyinaran 2 dan 3 jam. Laju penyisihan TSS pada variasi sirkulasi tanpa katalis cenderung naik pada lama penyinaran 1 jam, dan menurun pada lama penyinaran 2 dan 3 jam. Pada variasi sirkulasi 0,5 dan 1 gr laju penyisihan TSS cenderung naik pada lama penyinaran 1 jam, kemudian mengalami penurunan pada lama penyinaran 2 jam dan naik kembali pada lama penyinaran 3 jam. Grafik laju penyisihan TSS limbah cair industri pembekuan ikan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



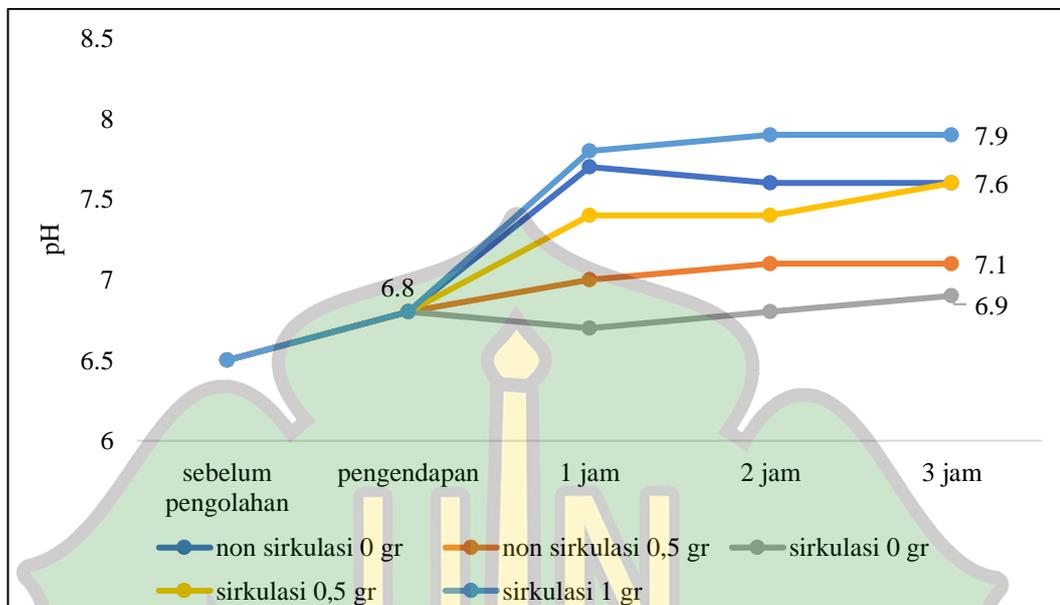
Gambar 4.6 Grafik Laju Penyisihan TSS Limbah Cair Industri Pembekuan Ikan

Berdasarkan hasil pengamatan laju penyisihan TSS limbah cair industri pembekuan ikan variasi non sirkulasi dan sirkulasi 0,5 gr  $\text{TiO}_2$  cenderung naik pada lama penyinaran 1 jam, kemudian menurun pada lama penyinaran 2 jam. Paparan sinar UV pada lama penyinaran 1 jam bereaksi penuh terhadap polutan sehingga laju penyisihan meningkat. Sedangkan lama penyinaran 3 jam mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena jumlah senyawa organik yang terdapat dalam limbah dan polutan yang terikat terbatas.

### 3. Parameter pH

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan (Prasetyo dkk., 2022). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa massa  $\text{TiO}_2$  dan lamanya waktu penyinaran yang digunakan dalam proses fotokatalis mempengaruhi perubahan terhadap nilai pH. Nilai pH limbah cair industri pembekuan ikan sebelum dilakukan eksperimen adalah 6,5. Setelah dilakukan eksperimen dengan penambahan katalis  $\text{TiO}_2$ , perubahan pH menuju 7,9 pada massa 1 gr dengan lama penyinaran 3 jam dan penggunaan 4 buah lampu UV serta penggunaan sirkulasi. Hasil perubahan nilai

pH menunjukkan pH normal dan stabil di batas baku mutu limbah cair industri pembekuan ikan.



Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji pH Limbah cair industri pembekuan ikan

Berdasarkan Gambar 4.7 terjadi kenaikan nilai pH setelah dilakukannya proses fotodegradasi. Hal ini dikarenakan fotokatalis dapat mentransformasikan zat kimia dengan dorongan sinar. Proses ini terjadi ketika katalis dikenai cahaya yang memadai maka elektron yang terdapat dari pita valensi akan berpindah pada pita konduksi, selanjutnya akan meninggalkan lubang pada pita valensi, kemudian lubang positif yang terdapat pada pita valensi akan berinteraksi dengan ion OH atau air sebagai sampel sehingga akan menghasilkan radikal hidroksil yang reaktif menyerang molekul organik atau anorganik yang terdapat pada air atau pelarut. Proses fotodegradasi nilai pH berperan dalam pembentukan  $\bullet OH$ , karena  $\bullet OH$  yang reaktif dalam menyerang molekul organik dan anorganik pada limbah sehingga dapat dikatakan efektif dalam menurunkan parameter lainnya.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu penggunaan metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  efektif terhadap penyisihan serta degradasi dari limbah cair industri pembekuan ikan. Efektivitas penyisihan nilai COD mencapai 70,21%, kadar TSS mencapai 86,97%, dan penetralan nilai pH menjadi 7,9.

#### **5.2 Saran**

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

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan parameter BOD, amonia, minyak lemak, sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.05 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan pada Kegiatan Pembekuan.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan pengujian dalam skala lebih besar untuk melihat sejauh mana efektivitas dari metode tersebut terhadap pengolahan limbah cair industri pembekuan ikan.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan pada limbah cair produk makanan dari perikanan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, I., Dauksas, E., Remme, J. F., Richardsen, R., dan Løes, A. K. (2020). Fish and Fish Waste-based Fertilizers in Organic Farming – with Status in Norway: A review. *Waste Management*, 115, 95–112. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>
- Alfatihah, A., Latuconsina, H., dan Prasetyo, H. D. (2022). Analisis Kualitas Air berdasarkan Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Sungai Patrean Kabupaten Sumenep. *Journal of Aquatic and Fisheries Science*, 1(2), 76–84. <https://doi.org/10.32734/jafs.v1i2.9174>
- Anh, H. T. H., Shahsavari, E., J. Bott, N., dan Ball, A. S. (2021). Bioaugmentation of seafood processing wastewater enhances the removal of inorganic nitrogen and chemical oxygen demand. *Aquaculture*, 542(August). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736818>
- Ardhi, E. W. (2022). *Penurunan Kandungan Zat Pencemar Organik Pada Limbah Rumah Potong Ayam Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Kulit Kerang*.
- Arsa, D. A. (2022). Pengolahan Limbah Cair Domestik menjadi Air Bersih dengan Metode Saringan Bertingkat dan Fotodegradasi menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>. *Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh*.
- Ashari, S. (2018). Pengaruh Konsentrasi TiO<sub>2</sub>N, Rasio Fotokatalis, dan Lama Penyinaran terhadap Aktivitas Fotokatalis TiO<sub>2</sub>N-Zeolit/Alginat dalam Mendegradasi Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Sinar UV. *Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang*.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh. (2022). Aceh Dalam Angka Tahun 2022. Aceh: Badan Pusat Statistik
- Bahri, I., Pangastuti, Y., Ibrahim, M. I. T. I., dan Mahyudin. (2022). Analisis Kelayakan Finansial Industri Pengalengan Keumamah di Kawasan Pelabuhan Perikanan Samudera Kutaraja Banda Aceh. *Jurnal Humaniora*, 6(1), 19.
- Bey, S. (2009). Pengujian Kinerja Fotokatalis Berbasis TiO<sub>2</sub> Untuk Produksi Hidrogen Dari Air.
- Defianti, L. (2022). Analisis Penanganan dan Strategi Pengelolaan Limbah Ikan di Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Tuapejat Kabupaten Kepulauan Mentawai. In *Program Pascasarjana Universitas Bung Hatta Padang*.
- Deka, P. T. (2019). Perbandingan Proses Fotodegradasi Pada Zat Warna Metil Jingga Menggunakan Zeolit, Katalis Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Zeolit dan Sinar UV. *Journal of Pharmacy and Science*, 4(2), 71–76. <https://doi.org/10.53342/pharmasci.v4i2.139>

- Fatmawati, S., Sulistiyanto, dan Rininingsih, U. (2017). Penggunaan Kombinasi Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dan Arang Aktif untuk Pengolahan Limbah Farmasi. *Inovasi Teknik Kimia*, 2 (2), 1–5.
- Hamdan, A. M., Arfi, F., Risma, H., dan Nisah, K. (2022). Pengolahan Limbah Binatu dengan Penggunaan  $\text{TiO}_2$  NP- $\text{SiO}_2$  NP sebagai Fotokatalis secara Adsorpsi Degradasi. *J. Aceh Phys.Soc.*, 11(2), 59–64. <https://doi.org/10.24815/jacps.v11i2.24924>
- Hermawan, A. (2019). Uji Kinerja Alat Pengolah Limbah Laundry 1.0 pada Unit Pengolahan Utama. Universitas Islam Indonesia. 1, 1–50.
- Husna, N. N., Rosadi, A. S. (2021). Pengendalian Kadar pH Tanaman Tomat (*Solanum Lycopersicum*) Berbasis IoT pada Hidroponik DBS Semi Otomatis dengan Platform Telegram. *Akademi Metrologi Instrumentasi*.
- Jaelani, M. H., Arifin, dan Apriani, I. (2018). Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan menggunakan Pengendapan dan Sub-surface Constructed Wetland dalam Menurunkan Konsentrasi BOD dan TSS. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 4(1), 1–10. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jurlis/article/view/44778>
- Jiyah, Sudarsono, B., dan Sukmono, A. (2017). Studi Distribusi Total Suspended Solid (TSS) Di Perairan Pantai Kabupaten Demak Menggunakan Citra Landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 41–47.
- Khoiri, M. (2018). Analisa Dampak Pembuangan Limbah Cair Industri Pengolahan Tepung Ikan Kualitas Air Sungai dan Ekosistem Mangrove di Kalimireng Manyar Gresik. In *Ilmu Kelautan Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya*.
- Kholidah, K., Wahyuni, E. T., dan Sugiharto, E. (2021). Fotodegradasi Terkatalisis  $\text{TiO}_2$ - $\text{H}_2\text{O}_2$  pada Pengolahan Limbah Cair Industri Mie Soun. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(2), 164. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i2.225>
- Lestari, A. P., Haeruddin, dan Ain, C. (2014). Karakteristik dan Toksisitas Limbah Cair dari Kegiatan Perikanan di Pasar Kobong, Semarang terhadap *Chlorella* sp. *Diponegoro Journal of Maquares*. 3 (4), 201–207.
- Lestari, I. (2017). Degradasi Senyawa Organik pada Palm Oil Mill Secondary Effluent menggunakan Fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . *Jurnal Citra Widya Edukasi*, IX(2), 143–152.
- Mardiyana, M., Kurniawati, A., Fadillah, F., dan Handayani, M. (2022). Pengelolaan Limbah Industri Pengolahan Hasil Perikanan: Studi Kasus Pada Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) Sambal Ikan Tuna di Kabupaten Cilacap. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 4(1), 70–78. <https://doi.org/10.35970/jppl.v4i1.1177>
- Munthe, S. A., Harianja, P. P., dan 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. *Jurnal Teknologi, Kesehatan Dan Ilmu Sosial*, 3(1).

- Ningrum, S. O. (2018). Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), 1–12.
- Nurillahi, R., Halimah, D. N., Dwi, G., dan Fatimah, I. (2020). Sintesis TiO<sub>2</sub>/Abu Vulkanik sebagai Fotokatalis untuk Pengolahan Limbah Cair Batik pada Skala Rumah Tangga. 5(1), 33–41.
- Nurjanah, S., Zaman, B., dan Syakur, A. (2017). Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (DBD). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–14.
- Pawar, M., Sendoğdular, S. T., dan Gouma, P. (2018). A Brief Overview of TiO<sub>2</sub> Photocatalyst for Organic Dye Remediation: Case Study of Reaction Mechanisms Involved In Ce-TiO<sub>2</sub> Photocatalysts System. *Journal of Nanomaterials*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/5953609>
- Pebritama, E., dan Rachmanto, T. (2021). Degradasi Limbah Tahu dengan Koagulasi Flokulasi Aluminium Sulfat dan Fotokatalis Tio<sub>2</sub> dalam Tangki Berpengaduk. *EnviroUS*, 2(1), 56–60. <https://doi.org/10.33005/enviroUS.v2i1.66>
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 05 Tahun 2014. Baku Mutu Air Limbah.
- Prasetyo, A., Yantih, N., Yamin, M., Hutagaol, L., dan Nawasiah, N. (2022). Pembuatan Sabun Padat Transparan menuju Santri yang Memiliki Jiwa Kewirausahaan. *Jurnal Abdimas*, 4 (1).
- Prastiwi, W. D., Maulana, K. D., Wibowo, E. A. P., Aji, N. R., dan Setyani, A. (2017). Synthesis And Characteristics Of TiO<sub>2</sub> And SiO<sub>2</sub> Application Toward Levels Of Fe In The Well Water. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(1), 30–34.
- Priantoro, B., dan Agung, T. (2020). Efektivitas Intensitas Cahaya Uv-C Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Limbah Batik. *Prosiding ESEC*, 1–8. <http://esec.upnvjt.com/index.php/prosiding/article/view/5>
- Rahmawati, A. F. I. (2020). Pengaruh Komposisi TiO<sub>2</sub> dan pH pada Degradasi Zat Warna Methyl Orange menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>-N/Zeolit. In *Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim*. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020>.
- Rumbino, Y., dan Abigail, K. (2020). Penentuan Laju Pengendapan Partikel Di Kolam Penampungan Air Hasil Pencucian Bijih Mangan Determination of Particle Deposition Rate in Water Separation Outcomes of Manganese Oil Washing. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 14(1), 55–59.
- Salamah, U. H., dan Rahmanto, T. A. (2021). Pengaruh Media Biofiltrasi Anaerob

untuk Mendegradasi COD, TSS, dan NH<sub>3</sub>-N pada Limbah Cair Pencucian Ikan. *ESEC Teknik Lingkungan*, 2(1), 117–121.

- Santoso, A. A., Sudarsono, B., dan Sukmono, A. (2017). Analisis Pengaruh Tingkat Bahaya Erosi Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo Terhadap Total Suspended Solid (TSS) Di Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4), 463–473.
- Sarwono, E., Harits, M., dan Widarti, N. B. (2017). Penurunan Kadar Tss, Bod<sub>5</sub> Dan Total Coliform Menggunakan Horizontal Roughing Filter. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1), 18–26.
- Setiawan, Y. A. (2018). *Fotodegradasi Linear Alkylbenzene Sulfonate pada Limbah Laundry dengan Semikonduktor ZnO sebagai Fotokatalis*.
- Setiyawati, D., Simpen, I. N., dan Ratnayani, O. (2020). Fotodegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Penecelupan dengan Katalis Zeolit Alam/TiO<sub>2</sub> dan Sinar Uv. *Cakra Kimia Indonesia*, 8(1), 16–25.
- Standar Nasional Indonesia. 6989.59:2008. Air dan Air Limbah-Bagian 59: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.
- Standar Nasional Indonesia. 6989.2:2019. Air dan Air Limbah-Bagian 2: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri.
- Standar Nasional Indonesia. 6989.3.2019. Air dan Air Limbah-Bagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Tota (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri.
- Suprihatin, I. E., Murdani, N. D., dan Suarsa, I. W. (2021). Bentonit-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> sebagai Fotokatalis dalam Proses Fotodegradasi Naphthol Blue Black dengan Iradiasi Uv. *Jurnal Kimia*, 15(1), 59. <https://doi.org/10.24843/jchem.2021.v15.i01.p09>
- Takle, S. P., Naik, S. D., Khore, S. K., Ohwal, S. A., Bhujbal, N. M., Landge, S. L., Kale, B. B., dan Sonawane, R. S. (2018). Photodegradation of spent wash, a sugar industry waste, using vanadium-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *RSC Advances*, 8(36), 20394–20405. <https://doi.org/10.1039/c8ra02869a>
- Usman, M. . (2013). Kinetika Fotokatalisis Diazinon dengan Titanium Doksida (TiO<sub>2</sub>). <https://doi.org/10.1190/segam2013-0137.1>
- Xu, H., Hao, Z., Feng, W., Wang, T., dan Li, Y. (2021). Mechanism of Photodegradation of Organic Pollutants in Seawater by TiO<sub>2</sub>-Based Photocatalysts and Improvement in Their Performance. *ACS Omega*, 6(45), 30698–30707. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c04604>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perhitungan Mencari Nilai TSS

- Tanpa Pengolahan

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2296 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 443 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Pengendapan

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2160 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 307 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

1. Non sirkulasi tanpa katalis

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2108 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 255 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2019 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 166 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1997 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 144 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## 2. Non sirkulasi 0,5 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2042 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 189 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2001 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 148 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1987 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 134 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## 3. Sirkulasi tanpa katalis

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2017 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 164 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1995 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 142 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1974 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 120 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

4. Sirkulasi 0,5 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.2036 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 183 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1989 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 136 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1936 - 0.1853) \times 1000}{0.1} \\ &= 83 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

5. Sirkulasi 1 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1971 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 118 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1947 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 94 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam:

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.ml}} \\ &= \frac{(0.1893 - 0.1858) \times 1000}{0.1} \\ &= 40 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## Lampiran 2. Perhitungan Persentase Efektivitas Penurunan Bahan pencemar

### a. Mencari efektifitas penurunan COD dalam limbah cair pengolahan ikan

#### 1. Non sirkulasi tanpa katalis

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 343)}{386} \times 100 \\ &= 11,14 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 327)}{386} \times 100 \\ &= 15,28 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 303)}{386} \times 100 \\ &= 21,50 \% \end{aligned}$$

#### 2. Non sirkulasi 0,5 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 372)}{386} \times 100 \\ &= 3,63 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 328)}{386} \times 100 \\ &= 15,03 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 255)}{386} \times 100 \\ &= 33,94 \%\end{aligned}$$

### 3. Sirkulasi tanpa katalis

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 333)}{386} \times 100 \\ &= 13,73 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 292)}{386} \times 100 \\ &= 24,35 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 229)}{386} \times 100 \\ &= 40,67 \%\end{aligned}$$

### 4. Sirkulasi 0,5 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386 - 362)}{386} \times 100 \\ &= 6,22 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(386-276)}{386} \times 100 \\ &= 28,50 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x-y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(386-160)}{386} \times 100 \\ &= 58,55 \% \end{aligned}$$

#### 5. Sirkulasi 1 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386-342)}{386} \times 100 \\ &= 11,40 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386-190)}{386} \times 100 \\ &= 50,78 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(386-115)}{386} \times 100 \\ &= 70,21 \% \end{aligned}$$

#### b. Mencari efektifitas penurunan TSS dalam limbah cair pengolahan ikan

##### 1. Non sirkulasi tanpa katalis

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307-255)}{307} \times 100 \\ &= 16,94 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 164)}{307} \times 100 \\ &= 46,58 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 144)}{307} \times 100 \\ &= 53,09 \% \end{aligned}$$

## 2. Non sirkulasi 0,5 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 189)}{307} \times 100 \\ &= 38,44 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 148)}{307} \times 100 \\ &= 51,79 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{(x - y)}{x} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 134)}{307} \times 100 \\ &= 56,35 \% \end{aligned}$$

### 3. Sirkulasi tanpa kaatalis

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 164)}{307} \times 100 \\ &= 46,58 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 142)}{307} \times 100 \\ &= 53,75 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 120)}{307} \times 100 \\ &= 60,91 \% \end{aligned}$$

### 4. Sirkulasi 0,5 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 183)}{307} \times 100 \\ &= 40,39 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 136)}{307} \times 100 \\ &= 55,70 \% \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned} \% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 83)}{307} \times 100 \\ &= 72,96 \% \end{aligned}$$

5. Sirkulasi 1 gr TiO<sub>2</sub>

- Perlakuan dengan lama penyinaran 1 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 118)}{307} \times 100 \\ &= 61,56 \%\end{aligned}$$

- Perlakuan dengan lama penyinaran 2 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 94)}{307} \times 100 \\ &= 69,38 \%\end{aligned}$$

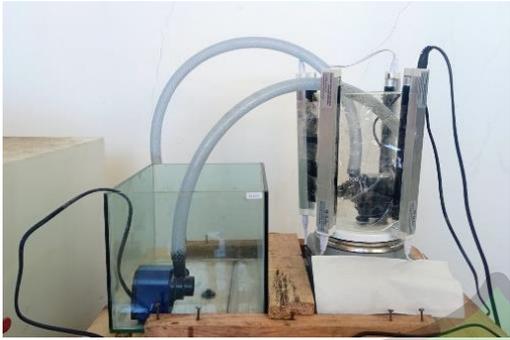
- Perlakuan dengan lama penyinaran 3 jam.

$$\begin{aligned}\% \text{ Efektivitas} &= \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \\ &= \frac{(307 - 40)}{307} \times 100 \\ &= 86,97 \%\end{aligned}$$



### Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

Gambar	Keterangan
	<p>Lokasi pengambilan sampel</p>
	<p>Limbah cair industri pembekuan ikan</p>
	<p>Pengambilan sampel limbah cair pembekuam ikan</p>

	<p>Reaktor fotodegradasi</p>
	<p>Percobaan reaktor menggunakan air bersih</p>
	<p>Pemindahan sampel limbah ke <i>beaker glass</i> untuk dilakukannya pengendapan</p>
	<p>Proses pengendapan</p>



Proses penyisihan limbah dengan fotokatalis sistem kontinu

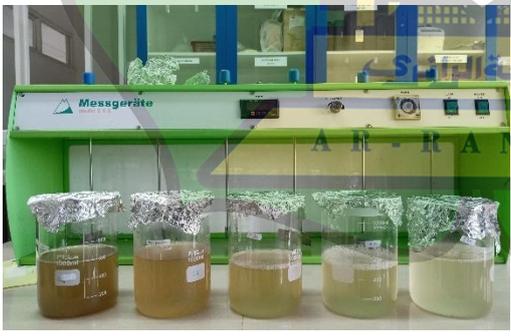


Proses analisis nilai pH menggunakan pH meter



Proses analisis TSS menggunakan vacuum filtrasi

	<p>Proses pengovenan kertas saring <i>whatmann</i> pada suhu <math>105^{\circ}\text{C}</math> selama 1 jam</p>
	<p>Proses penimbangan kertas saring</p>
	<p>Pengujian COD sebelum dilakukan proses pemanasan dengan suhu <math>150^{\circ}\text{C}</math> selama 2 jam</p>

	<p>Proses pengecekan nilai COD pada COD meter</p>
	<p>Katalis <math>\text{TiO}_2</math></p>
	<p>Tampilan fisik hasil pengolahan tanpa menggunakan katalis</p>

## Lampiran 4. Standar Baku Mutu Air Limbah

LAMPIRAN XIV  
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 5 TAHUN 2014  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH

BAKU MUTU AIR LIMBAH  
BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN  
PENGOLAHAN HASIL PERIKANAN

### A. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan

Parameter	Kegiatan Pembekuan				Kegiatan Pengalengan				Pembuatan Tepung Ikan	
	Kadar (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/ton)			Kadar (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/ton)			Kadar (mg/L)	Beban Pencemaran (kg/ton)
		Ikan	Udang	Lain-lain		Ikan	Udang	Lain-lain		
pH	6 - 9									
TSS	100	1	3	1,5	100	1,5	3	2	100	1,2
Sulfida	-	-	-	-	1	0,015	0,03	0,02	1	0,012
Amonia	10	0,1	0,3	0,15	5	0,075	0,15	0,1	5	0,06
Klor bebas	1	0,01	0,03	0,015	1	0,015	0,03	0,02	-	-
BOD	100	1	3	1,5	75	1,125	2,25	1,5	100	1,2
COD	200	2	6	3	150	2,25	4,5	3	300	3,6
Minyak-lemak	15	0,15	0,45	0,225	15	0,225	0,45	0,3	15	0,18
Kuantitas Air Limbah (m <sup>3</sup> /ton)		10	30	15		15	30	20		12

AR - RANIRY