

**UJI EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH TAHU
DENGAN METODE FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN
FOTOKATALIS TiO₂**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

ZARIFATUL MAUFUNNA

NIM. 190702072

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM BANDA ACEH
2023 M/1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

UJI EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH TAHU DENGAN METODE FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO_2

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai salah satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

ZARIFATUL MAUFUNNA

NIM. 190702072

Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,

Dr. Eng. Nur Aida, M.Si

NIDN. 2016067801

Pembimbing II,

Dr. Khairun Nisah, S.T, M.Si

NIDN. 2016027902

AR - RANIRY
Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan

Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**UJI EFEKTIVITAS PENGOLAHAN AIR LIMBAH TAHU
DENGAN METODE FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN
FOTOKATALIS TiO₂**

TUGAS AKHIR

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

Pada Hari/Tanggal: Selasa/ 07 November 2023
Selasa/ 23 Rabiul Akhir 1445

Panitia Ujian Munqasyah Skripsi

Ketua,

Sekretaris


Dr. Eng. Nur Aida, M.Si


Dr. Khairun Nisah, S.T, M.Si

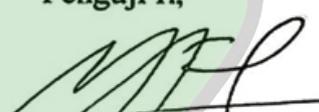
NIDN. 2016067801

NIDN. 2016027902

Penguji I,

Penguji II,


Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D


M. Faisi Ikhyali, M.Eng.

NIDN. 2010108103

NIDN. 2008109101

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UN Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU

NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zarifatul Maufunna
NIM : 190702072
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains Dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Uji Efektivitas Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis TiO_2

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

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menyebutkan 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 bertanggung jawab atas karya ini.

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

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

Banda Aceh, 5 November 2023

Yang Menyatakan


10000
METERAL
TEMPEL
14BE6AKX616084301

Zarifatul Maufunna

ABSTRAK

Nama : Zarifatul Maufunna
NIM : 190702072
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Uji Efektivitas Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis TiO_2
Tanggal Sidang : 7 November 2023
Jumlah Halaman : 69
Pembimbing I : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
Pembimbing II : Dr. Khairun Nisah, S.T. M.Si
Kata Kunci : Limbah Cair Tahu, Fotodegradasi dan Titanium Dioksida (TiO_2)

Tahu merupakan produk makanan yang paling banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Proses pembuatan tahu menghasilkan limbah cair dari proses perebusan, pencucian dan perendaman tahu. Limbah tahu mengandung senyawa organik dengan pH yang rendah (asam) dan salah satu penyumbang polutan pada perairan apabila tidak dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode fotodegradasi dengan bantuan sinar matahari dan fotokatalis TiO_2 dalam mengurai polutan yang terdapat pada air limbah tahu. Adapun parameter yang diuji berupa pH, BOD, COD, TSS dan fosfat. Penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu massa katalis titanium dioksida (TiO_2) dengan variasi 0,75 gram, 1,00 gram dan 1,50 gram dengan waktu penyinaran selama 6 jam, 7 jam dan 8 jam. Dari hasil penelitian didapat efektivitas katalis TiO_2 dengan waktu 8 jam pada BOD 88,4 %, COD 82%, TSS 88,66% dan fosfat 35,0%.

ABSTRAK

Name : Zarifatul Maufunna
NIM : 190702072
Study Program : Environmental Engineering
Title : Test The Effectiveness Of Tofu Wastewater Treatment Using The Photodegradation Method Using A TiO_2 Photocatalyst
Session Date : 7 November 2023
Number of pages : 69
Advisor I : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
Advisor II : Dr. Khairun Nisah, S.T. M.Si
Keywords : Tofu Liquid Waste, Photodegradation and Titanium Dioxide (TiO_2)

Tofu is the food product most consumed by Indonesian people. The process of making tofu produces liquid waste from the process of boiling, washing and soaking the tofu. Tofu waste contains organic compounds with a low pH (acid) and is a contributor to pollutants in waters if it is not treated first before being discharged into waters. The method used in this research uses a photodegradation method with the help of sunlight and TiO_2 photocatalyst to break down pollutants found in tofu wastewater. The parameters tested were pH, BOD, COD, TSS and phosphate. This research consisted of two variables, namely the mass of the titanium dioxide (TiO_2) catalyst with variations of 0.75 grams, 1.00 grams and 1.50 grams with an exposure time of 6 hours, 7 hours and 8 hours. From the research results, it was found that the TiO_2 catalyst was effective in 8 hours at BOD 88.4%, COD 82%, TSS 88.66% and phosphate 35.0%.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, atas segala karunia yang tiada henti Allah SWT berikan kepada seluruh makhluknya yang tidak terhingga banyaknya. Shalawat beriring salam saya junjungkan kepada Nabi Muhammad SAW. Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas terselesainya tugas akhir yang berjudul “Uji Efektivitas Pengolahan Air Limbah Tahu Dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis TiO_2 ”

Adapun maksud dan tujuan penulisan tugas ini sebagai syarat untuk memenuhi salah satu Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh untuk meraih gelar sarjana.

Penulis mengungkapkan rasa terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, terutama kepada ayahanda Balukia dan ibunda Rosmaladewi selaku kedua orang tua dari penulis yang telah memberi semangat dan senantiasa mendukung dalam pembuatan tugas akhir ini. Untuk itu pada kesempatan ini terimakasih yang tiada hingga kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU, selaku Dekan di Fakultas Sains dan Teknologi
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc selaku Kepala Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. Selaku Sekretaris dan Dosen pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Dr. Eng Nur Aida, M.Si, Selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan.
5. Dr. Khairun Nisah, S.T. M.Si, Selaku Dosen pembimbing II tugas Akhir yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan.
6. Bapak Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji I tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan saran dalam penulisan.

7. Bapak M. Faisi Ikhwal, M.Eng, selaku Dosen Penguji II tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan saran dalam penulisan.
8. Bapak Arief Rahman, M.T, selaku Kepala Laboratorium Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
9. Ibu Firda Elvisa, S.Pd., yang telah membantu dalam proses administrasi
10. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku Laboran Prodi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
11. Adilul Maulana, Aisha Shakira, Ama Mullah, Ayu Suriani dan Sayed Abdul Jabbar selaku rekan yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan tugas akhir .

Penulis mengucapkan banyak terima kasih dan berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Akhir kata dengan kerendahan hati, penulis menyadari banyaknya kekurangan, oleh karena itu saran dan kritikan yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 6 Juli 2022

Penulis,

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Zarifatul Maufunna

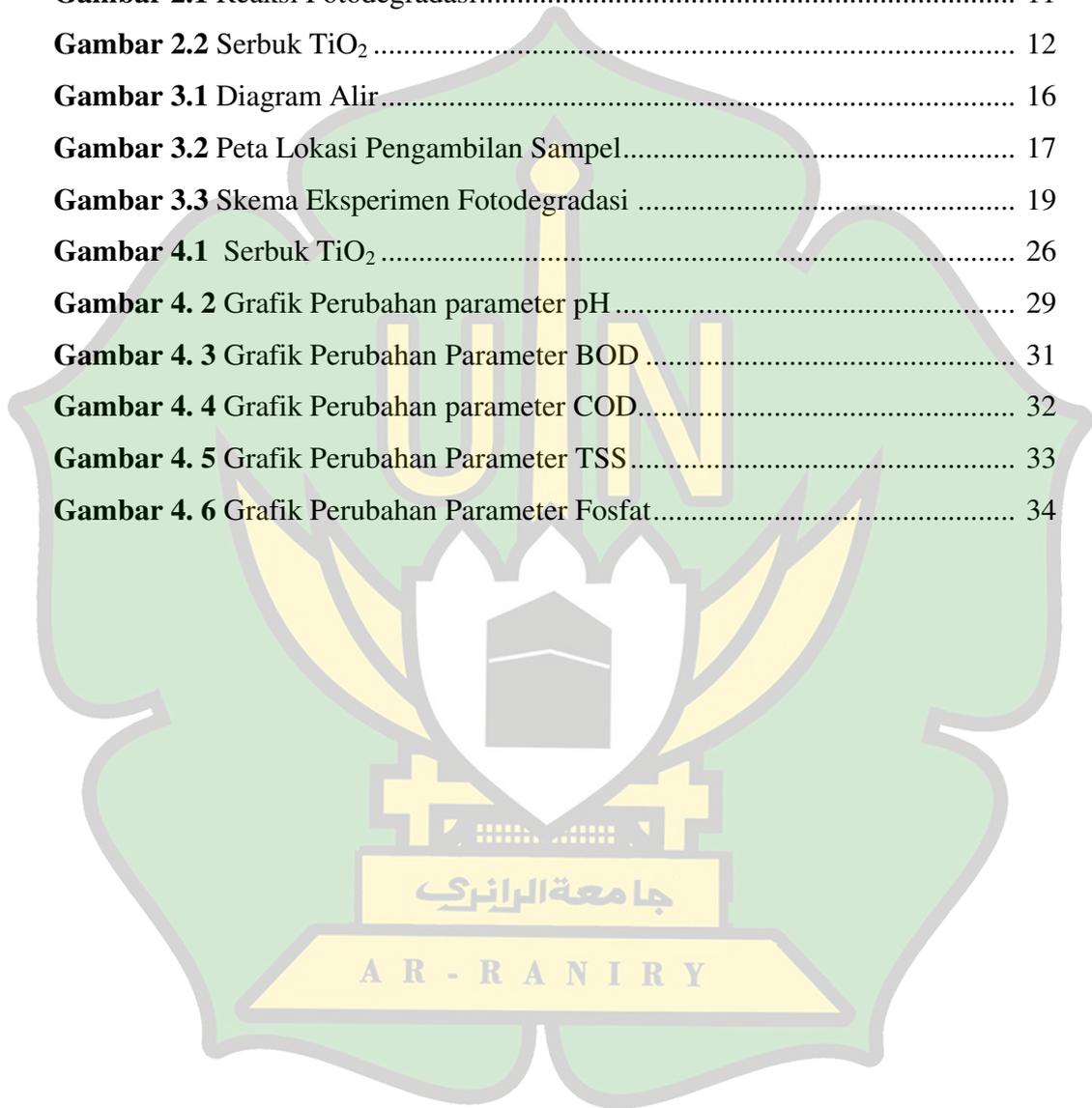
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN LEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batas Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Limbah Cair Industri Tahu.....	4
2.2 Karakteristik Limbah.....	5
2.3 Parameter Air Limbah.....	6
2.4 Standar Baku Mutu Air Limbah.....	8
2.5 Pengolahan Limbah Cair.....	9
2.6 Fotodegradasi.....	10
2.7 Titanium Dioksida (TiO ₂).....	11
2.8 Penelitian Terdahulu.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16

3.1 Tahapan Penelitian	16
3.2 Lokasi Pengambilan Sampel	17
3.3 Teknik Pengambilan Sampel	17
3.4 Eksperimen Fotodegradasi	18
3.5 Pengukuran Parameter	20
3.5.1 <i>Potential Hydrogen</i> (pH)	20
3.5.2 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	20
3.5.3 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	21
3.5.4 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	21
3.5.5 <i>Fosfat</i>	22
3.6 Analisis Data	25
BAB IV PEMBAHASAN.....	26
4.1 Hasil Pengujian Sebelum Proses Pengolahan.....	26
4.2 Hasil Pengujian Setelah Proses Pengolahan.....	29
4.2.1 Pengaruh Massa Katalis TiO ₂ Terhadap parameter pH	29
4.2.2 Pengaruh Massa Katalis TiO ₂ Terhadap parameter BOD.....	30
4.2.3 Pengaruh Massa Katalis TiO ₂ Terhadap parameter COD.....	32
4.2.4 Pengaruh Massa Katalis TiO ₂ Terhadap parameter TSS	33
4.2.5 Pengaruh Massa Katalis TiO ₂ Terhadap parameter Fosfat	34
BAB V PENUTUP.....	36
A. Kesimpulan	36
B. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37

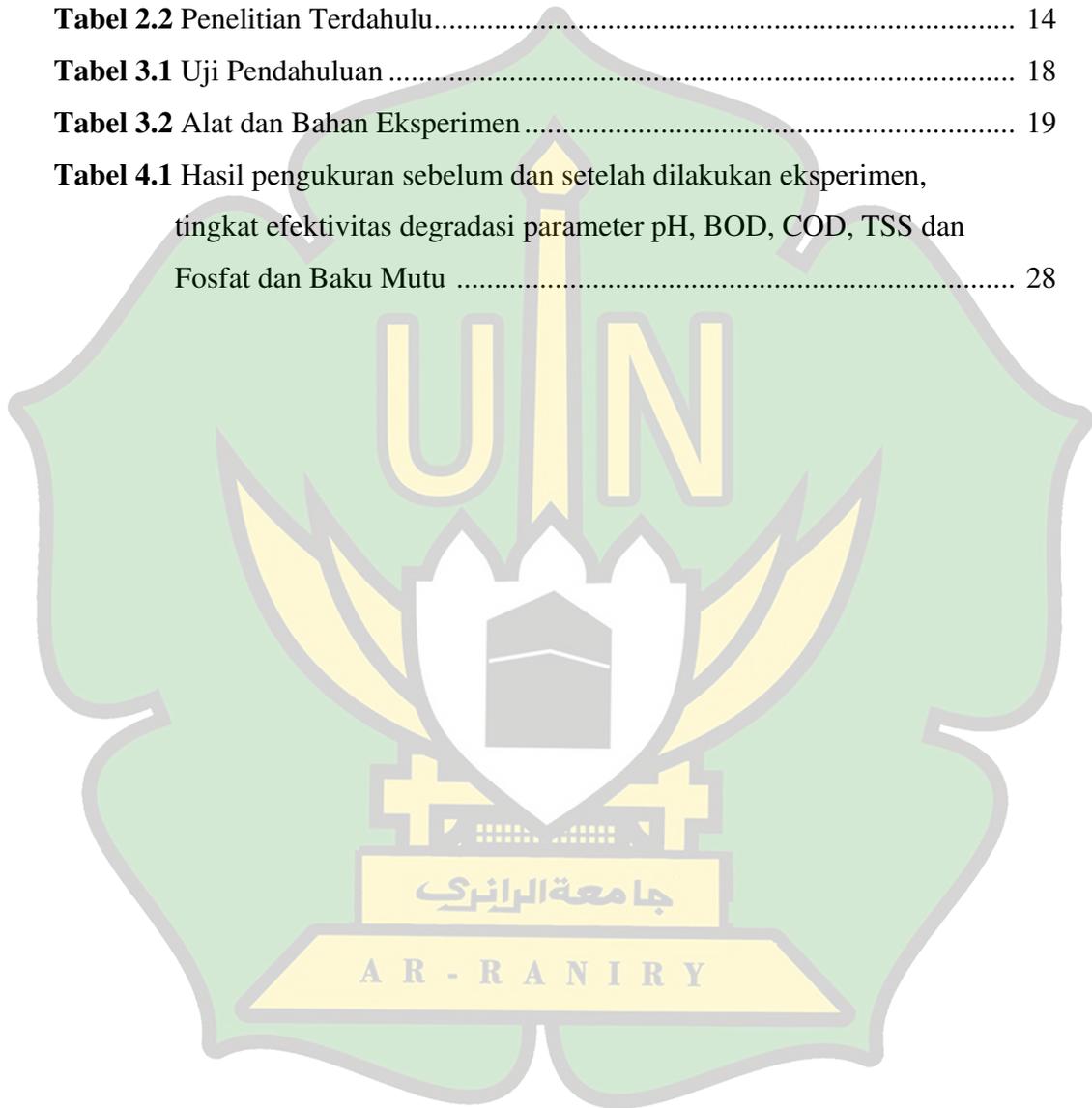
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Fotodegradasi.....	11
Gambar 2.2 Serbuk TiO ₂	12
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	16
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel.....	17
Gambar 3.3 Skema Eksperimen Fotodegradasi	19
Gambar 4.1 Serbuk TiO ₂	26
Gambar 4. 2 Grafik Perubahan parameter pH	29
Gambar 4. 3 Grafik Perubahan Parameter BOD	31
Gambar 4. 4 Grafik Perubahan parameter COD.....	32
Gambar 4. 5 Grafik Perubahan Parameter TSS.....	33
Gambar 4. 6 Grafik Perubahan Parameter Fosfat.....	34



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Baku Mutu.....	8
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	14
Tabel 3.1 Uji Pendahuluan	18
Tabel 3.2 Alat dan Bahan Eksperimen	19
Tabel 4.1 Hasil pengukuran sebelum dan setelah dilakukan eksperimen, tingkat efektivitas degradasi parameter pH, BOD, COD, TSS dan Fosfat dan Baku Mutu	28



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan/Lambang	Kepanjangan/Makna	Halaman Pertama Digunakan
BOD	<i>biological oxygen demand</i>	1
COD	<i>chemical oxygen demand</i>	1
H ₂ SO ₄	asam sulfat	15
K ₂ Cr ₂ O	kalium dikromat	15
pH	<i>potential hydrogen</i>	1
TiO ₂	<i>titanium dioksida</i>	2
TSS	<i>total suspended solid</i>	1
Na ₂ S ₂ O ₃	<i>natrium thiosulfat</i>	15
(K(SbO)C ₄ H ₄ O ₆ .1/2H ₂ O)	<i>kalium antimonil tartrat</i>	17
C ₆ H ₈ O ₆	<i>asam askobat</i>	17
KH ₂ PO ₄	<i>kalium hydrogen fosfat anhidrat</i>	17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tahu adalah pangan yang berasal dari Tiongkok yang kaya akan protein dimana bahan dasarnya terbuat dari kacang kedelai. Saat ini tahu sendiri sangat banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia dengan harganya yang terjangkau membuat makanan ini banyak diminati (Verawati dkk., 2019). Di Aceh sendiri terdapat beberapa industri yang bergerak pada pengolahan kacang kedelai salah satunya industri yang didirikan sejak tahun 1997 dimana kapasitasnya mencapai 500-600 kg perharinya (Mhd. Hasbi dkk., 2020). Pada industri tahu terdapat dua jenis limbah yaitu buangan padat dan limbah buangan cair. Dimana buangan padat dihasilkan dari tahap filtrasi dan juga pada aglutinasi yang biasanya disebut dengan ampas tahu. Sedangkan pada buangan cair umumnya dari proses pembersihan dan perebusan (Sitasari dan Khoironi, 2021).

Limbah cair yang dihasilkan dari produksi tahu biasanya dibuang ke badan air tanpa difilter terlebih dahulu, inilah yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran. Limbah industri tahu Mandiri sendiri langsung dibuang ke sungai Krueng Neng yang berada tepat disamping pabrik tersebut (Shaskia dan Yunita, 2021), sehingga perlu dianalisis karakteristiknya. Karakteristik limbah tahu terbagi atas 3 (tiga) macam yaitu pada karakteristik sifat biologi, sifat kimia dan juga sifat fisika. Adapun parameter yang digunakan dalam industri tahu yaitu: pH, BOD, COD, TSS dan fosfat (Sayow dkk., 2020). Limbah cair pada proses pembuatan tahu banyak mengandung zat tersuspensi yang menghasilkan aroma yang menyengat hal ini terjadi karena tercemarnya lingkungan akibat separasi protein (Rosmala, 2018).

Saat ini banyak penelitian yang menggunakan teknologi degradasi yang terdapat pada limbah dengan menggunakan bantuan fotokatalis (Hendra dkk., 2016). Fotokatalis merupakan suatu metode yang efektif dalam mendegradasi limbah organik. Metode ini juga sangat aman digunakan dan ramah terhadap lingkungan

(Sucahya dkk., 2016). Metode fotokatalis merupakan penggabungan antara katalis dan fotokimia, proses fotokimia adalah transformasi kimia dengan menggunakan bantuan cahaya dari sinar lampu UV maupun dari sinar matahari. Sedangkan katalis mempunyai sifat semikonduktor dimana jika dipantulkan oleh cahaya menghasilkan elektron (e^-) dan hole (h^+) hal inilah yang menjadi awal dari oksidasi terhadap proses polutan organik (Haryo Putro, 2019).

Akhir-akhir ini katalis yang banyak digunakan dalam pengolahan limbah adalah titanium dioksida (TiO_2) karena mudah untuk diaplikasikan dan biaya yang dikeluarkan juga sedikit (Wulandari dkk., 2018). Penggunaan titanium dioksida (TiO_2) mempunyai keunggulan jika dikombinasikan melalui proses biologi dan kimia (Said, 2021). Fotokatalis TiO_2 dapat mendegradasi parameter BOD sebesar 5,76 mg/L (Sutanto dkk., 2011), COD sebesar 70% (Hendra dkk., 2016), untuk TSS nilai yang dihasilkan sebesar 1320 mg/L dan parameter dari pH sebesar 7,48 (Pradana dkk., 2018), penjernihan limbah air dari sinar lampu UV sebesar 56,81% sedangkan dengan sinar matahari sebesar 61,64% (Windy Dwiasi dan Setyaningtyas, 2014).

Massa TiO_2 yang digunakan biasanya tergantung pada lamanya saat waktu penyinaran. Semakin banyak digunakan fotokatalis yang dipakai maka radikal hidroksil (OH) juga semakin banyak yang terbentuk sehingga prosesnya semakin efektif (Agung dan Darmawan, 2020). Sama halnya dengan dengan penyinaran, semakin lama dilakukan maka energi foton yang diserap oleh molekul air dan fotokatalis juga semakin besar (Astuti, 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penurunan parameter BOD, COD dan TSS serta apa penyebab terjadinya kenaikan pada parameter pH dan fosfat pada limbah tahu?
2. Bagaimana efektivitas metode fotodegradasi dengan menggunakan katalis TiO_2 ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penurunan pada pengolahan air buangan tahu berdasarkan parameter BOD, COD dan TSS serta penyebab kenaikan parameter pH dan fosfat.
2. Untuk mengetahui efektivitas metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO_2 untuk pengolahan limbah tahu.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah diuraikan, maka manfaat penelitian yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berkontribusi pada metode pengolahan air buangan tahu yang dapat diterapkan oleh masyarakat.
2. Berkontribusi pada literatur yang membahas tentang pengolahan air buangan tahu.

1.5 Batas Penelitian

1. Parameter yang digunakan mengacu pada Permen LH No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai.
2. Limbah air tahu berasal dari pabrik tahu Mandiri di Kota Banda Aceh.
3. Jenis katalis yang digunakan TiO_2 dengan konsentrasi 0,75 gram, 1,00 gram dan 1,50 gram dengan waktu penyinaran selama 6 jam, 7 jam dan 8 jam.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Industri Tahu

Limbah adalah sisa dari suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya karena sifat, konsentrasi dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, kesehatan dan keberlangsungan makhluk hidup lainnya. Senyawa yang sering ditemukan dalam limbah yaitu senyawa organik yang mudah menguap dan sulit terurai (Listyaningrum, 2022).

Limbah cair merupakan buangan yang dihasilkan sejak prosedur industri yang berbentuk cair dan menyimpan padatan kandungan terlarut, limbah cair akan melalui proses perubahan pada fisik, kimia dan biologi yang dapat memproduksi suatu senyawa dan dapat menimbulkan efek apabila limbah tersebut tidak dikelola dengan baik dapat mencemari atau membahayakan lingkungan (Indrayani dan Rahmah, 2018).

Limbah cair industri tahu memiliki zat tersuspensi yang tinggi, hal ini yang membuat proses produksinya lebih besar dibandingkan dengan limbah padat yang dihasilkan (Robitul dan Suryo, 2018). Produksi limbah cair tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai dan pencucian peralatan produksi tahu. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu biasanya disebut dengan air dadih (Savira dan Suharsono, 2013). Cairan ini mengandung kadar protein yang sangat tinggi sehingga dapat mengakibatkan terjadi pencemaran bagi lingkungan, dimana hal ini dapat menimbulkan bau yang tak sedap serta membuat air menjadi keruh (Pradana dkk., 2018).

Proses produksi tahu kerap kali limbah cair yang dihasilkan dibuang langsung ke sungai tanpa adanya proses pengolahan. Pembuangan limbah cair pada sungai berakibat fatal pada ekosistem air sungai. Ekosistem biologis pada air sungai menjadi tercemar dan terjadinya penurunan kualitas air yang disebabkan oleh tingginya kadar senyawa organik pada limbah cair (Pangestu dkk., 2021). Limbah cair yang dibuang

menyebabkan permasalahan lingkungan yang berupa pencemaran air sungai (Yadaturrahmah dan Hendrasarie, 2021).

2.2 Karakteristik Limbah

Analisa terhadap karakteristik limbah cair dapat ditentukan dengan beberapa pembagian. Umumnya karakteristik limbah cair dapat dideteksi secara visual, namun tetap dibutuhkan pengujian skala laboratorium menggunakan peralatan yang standar khusus agar diketahui jenis dan tingkat konsentrasi kandungan yang terdapat dalam limbah cair tersebut secara valid. Berdasarkan referensi, limbah cair baik domestik maupun non domestik terdapat 3 (tiga) macam yang mengalami proses perubahan yaitu pada karakteristik fisik, kimia dan biologi (Evila dkk., 2021).

Pada karakteristik limbah cair, sifat fisik yang paling penting adalah tinggi rendahnya total padatan yang berasal dari bahan-bahan terapung, terendapkan, dan bahan dalam larutan (Jenie, 2019). Pada karakteristik fisik limbah cair meliputi tempratur, bau, warna, dan padatan. Dimana tempratur adalah ukuran atau tingkatan yang digunakan untuk mengetahui derajat panas pada air limbah, bau terjadi karena ada bagian lain dari air, perubahan warna disebabkan karena ada senyawa-senyawa dan padatan terjadi karena terjadinya kontaminasi yang membuat air menjadi keruh (Sitasari dan Khoironi, 2021).

Karakteristik kimia pada limbah cair meliputi beberapa komponen yaitu: bahan organik, bahan anorganik, serta gas. Dimana bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam buangan industri tahu pada umumnya sangat tinggi dan gas yang ditemukan dalam limbah adalah gas nitrogen (N_2), oksigen (O_2), hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3) karbondioksida (CO_2) dan metana (CH_4). Gas-gas inilah yang berasal dari bahan organik yang terdapat dalam air buangan (Herlambang, 2020). Komponen-komponen tersebut dapat ditentukan berdasarkan beberapa parameter yaitu: pH, COD (Chemical Oxygen Demand), kandungan ammonia, minyak serta lemak, dan nitrat yang kadarnya melebihi baku mutu (Nur dan Khoironi, 2021). Komponen-komponen tersebut dapat ditentukan berdasarkan beberapa parameter

yaitu: parameter COD untuk mengurai bahan organik, pH untuk mengukur derajat keasaman air. (Indrayani dan Rahmah, 2018)

Karakteristik biologi sendiri pada limbah cair dipengaruhi oleh mikroorganisme yang terdapat dalam limbah cair. Mikroorganisme tersebut antara lain: alga, bakteri, protozoa serta organisme patogen lainnya (Septiana, 2019). Mikroorganisme yang ditemukan sangat beragam jenis dan berbagai bentuk pada umumnya memiliki nilai konsentrasi sebesar 10⁵-10⁸ ml (Indrayani & Rahmah, 2018). Kualitas air limbah yang mengandung mikroorganisme dapat membentuk senyawa kimia menjadi senyawa lain (Sulianto dkk., 2020).

1) Senyawa Organik

Senyawa organik pada limbah cair terdiri dari beberapa komponen, diantaranya: Protein 40-60%, Karbohidrat 25-50%, dan Minyak dan lemak 8- 12%, air 95-96%, total solids 4-5%, termasuk suspended solids 2-4% (Bina dkk., 2019). Biasanya ditemukan beberapa jenis sintetik organik dengan bagian yang sederhana hingga kompleks.

2) Senyawa Anorganik

Tersusun atas beberapa senyawa seperti pH, klorida, alkalinitas, fosfor, logam berat, dan senyawa beracun lainnya yang terdapat dalam senyawa anorganik. Logam berat adalah salah satu zat yang terdapat unsur atom, logam berat sendiri sangatlah berbahaya jika terdapat dalam air apalagi air tersebut sampai dikonsumsi oleh manusia maupun makhluk hidup. Logam berat jika terdapat dalam air dan dikonsumsi air oleh manusia bisa berdampak sangat berbahaya karena logam berat bisa memicu penyakit kanker pada manusia (Said, 2018).

2.3 Parameter Air Limbah

Adapun beberapa parameter yang digunakan untuk menguji pengolahan limbah tahu sebagai berikut:

1. *Potential Hydrogen* (pH) pada limbah tahu mempunyai 2 (dua) sifat yaitu asam dan basa (Vidyawati dan Fitrihidajati, 2019). Air akan bersifat asam apabila pH

di bawah 7 (tujuh) sedangkan pada sifat basa air yang pH-nya di atas 7 (tujuh). Perubahan pH sendiri sangatlah berbahaya terhadap ekosistem yang terdapat pada perairan tersebut, karena bisa membuat ekosistem tersebut punah dan tidak akan hidup lagi ekosistem teruntuk ikan pada air pH yang rendah maupun terlalu tinggi (Ratnawati dan Ulfah, 2020).

2. *Biological Oxygen Demand* (BOD) ialah nilai untuk mengukur banyaknya oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk zat-zat yang mudah membusuk pada limbah (Andika dkk., 2020). BOD didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang diperlukan oleh proses mikroorganisme aerob untuk mengoksidasi menjadi bahan anorganik (Thomson, 2022). Secara biologis BOD digunakan untuk menilai jumlah zat organik yang terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk aktivitas mikroba dalam mengurai zat organik. Hal ini dikarenakan air limbah industry tahu mrngandung bahan-bahan organik yang tinggi (Sayow et al., 2020).
3. *Chemical Oxygen Demand* (COD) ialah parameter untuk mengukur kadar oksigen yang dibutuhkan dari proses reaksi zat-zat organik (Ramayanti dan Amna, 2019). Dalam reaksi kimia COD sangat dibutuhkan agar bahan buangan yang terdapat di dalam air dapat teroksidasi (Tchobanoglous et al., 2014). Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai 0 (nol) sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak ada kemungkinan untuk hidup (Sayow et al., 2020).
4. *Total Suspended Solid* (TSS) adalah unsur tersuspensi yang berukuran $1\mu\text{m}$ sehingga mampu bertahan pada penyaringan dengan saringan milipore dengan diameter pori $0,45\mu\text{m}$ selama kurang lebih 1 jam. Partikel yang terkandung pada TSS berupa lumpur, pasir halus, serta unsur organik yang bersumber dari erosi tanah di bawah badan air (Gustiana dan Widayatno, 2020). Keberadaan TSS juga akan mengganggu penetrasi cahaya matahari dalam melakukan proses fotosintesis terhadap tanaman air, hal ini akan mengurangi produksi oksigen di lingkungan air tersebut (Shah dkk., 2014). Kegunaan parameter TSS untuk

mengukur jumlah zat yang tersuspensi. Kadar nilai TSS menunjukkan semakin kecil penurunan nilainya pada pengolahan limbah maka semakin kecil juga limbah organik yang dihasilkan (Brontowiyono dkk., 2021).

5. Fosfat adalah proses pelepasan unsur yang terjadi akibat pembusukan dari organik menjadi anorganik (Larasati et al., 2018). Keberadaan fosfat dalam air dengan oksigen yang rendah dapat membunuh ikan dan mikroorganisme lain yang ada didalam air (Aini et al., 2022)

2.4 Standar Baku Mutu Air Limbah

Standar baku mutu pada air limbah merupakan suatu kadar untuk batasan pencemaran yang diperbolehkan sebelum limbah dibuang ke lingkungan. Standar baku mutu untuk pengolahan industri tahu yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, yang terdapat pada lampiran XVIII tentang Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan pengolahan kedelai (Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2014).

Tabel 2.1 Baku Mutu

Parameter	Pengolahan Kedelai (Tahu)		Sumber Referensi
	Satuan	Kadar Maksimum	
pH	-	6-9	Permen LH No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai.
BOD	mg/L	150	
COD	mg/L	300	
TSS	mg/L	200	
Fosfat	mg/L	2	Permen LH No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Badan Usaha dan/atau Industri Produk Sabun, Detergen, dan Minyak Nabati

Pencemaran yang berasal dari kegiatan rumah tangga sebesar 40%, sedangkan untuk yang lainnya seperti kegiatan industri, kegiatan rumah sakit, pertanian dan juga peternakan hanya 30% (Suhadiyah dkk., 2016). Limbah tahu memberikan pengaruh buruk terhadap kesehatan masyarakat sekitar, pada limbah tahu mengandung beberapa senyawa seperti pH, BOD, COD, TSS dan fosfat (Robin dan Supendi, 2015). Menurut (Fitriyanti, 2020) tanda-tanda dari tercemarnya perairan dengan terjadinya perubahan seperti suhu, rasa, bau, perubahan warna, terjadinya endapan dan juga pH.

2.5 Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair adalah proses penghilangan senyawa yang terlarut pada air limbah (Khasna, 2021). Tujuannya memenuhi syarat baku mutu untuk dibuang atau menghasilkan air yang dapat digunakan kembali agar tidak terjadi kerusakan pada lingkungan dan kesehatan masyarakat tidak terganggu (Banin dkk., 2021). Berdasarkan Permen LH No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai, berapa maksimal limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air. Oleh karena itu, pengolahan sangat dibutuhkan agar sebelum limbah dibuang ke badan air, limbah tersebut sudah memenuhi standar yang telah ditetapkan (Siti Sartika, Isna Apriani, 2014).

Pengolahan limbah cair juga memiliki prinsip yaitu dilakukannya proses perubahan limbah cair, berawal dari air yang sifatnya tidak diperlukan atau tidak cocok sebagaimana fungsinya, menjadi limbah cair yang dapat dialirkan ke badan air tanpa adanya menimbulkan permasalahan lingkungan atau lebih baik dari pada sebelumnya (Ishak dan Diriyanti Novalin, 2020).

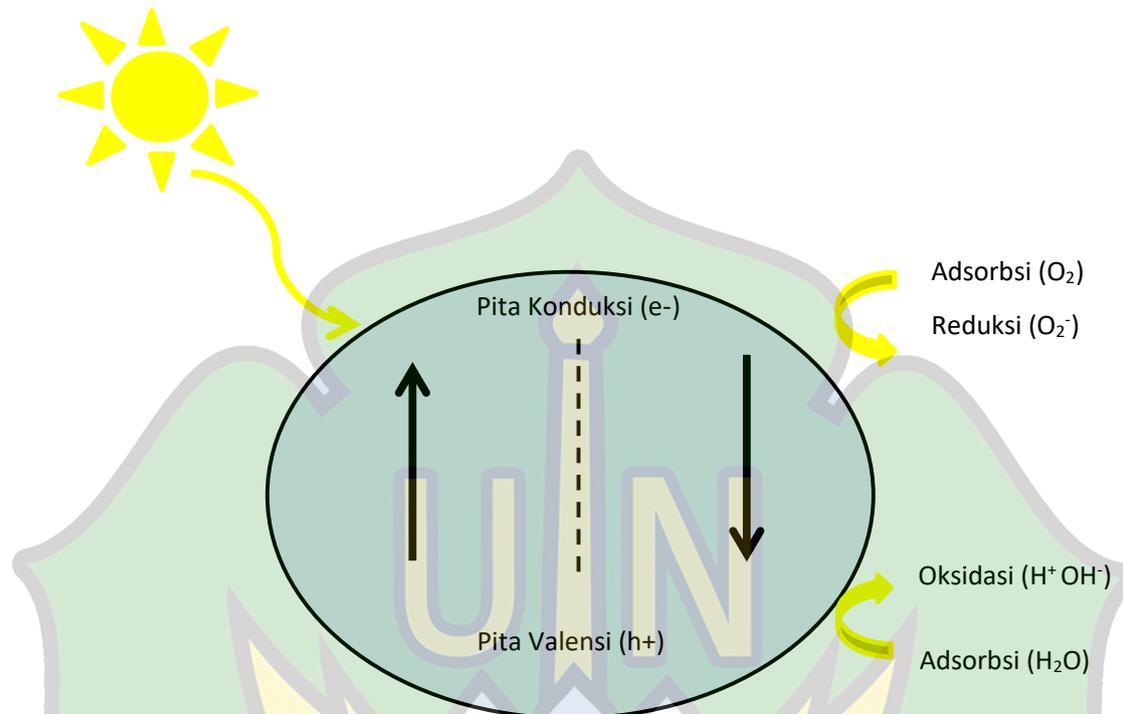
Limbah cair industri merupakan buangan hasil proses atau sisa pengolahan suatu produk dari kegiatan usaha perindustrian yang berbentuk cair karena tidak memiliki nilai ekonomis sehingga lebih sering dibuang oleh pemilik usaha sendiri. Industri yang menghasilkan limbah cair akan berdampak negatif terhadap kelangsungan hidup organisme perairan jika tidak dikendalikan dan dibuang langsung

ke badan air, dampak yang diberikan dapat mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologis (Pagoray dkk., 2021). Pengolahan limbah cair menjadi sangat penting, dalam proses pemulihan air. Saat ini, sebagian besar pabrik industri mengolah limbah cair sebelum dibuang ke badan air untuk meminimalkan pencemaran yang akan terjadi (Mansouri dkk., 2018).

2.6 Fotodegradasi

Fotodegradasi merupakan proses pengujian senyawa organik yang dilakukan dengan bantuan energi bawaan yang berasal dari lampu UV ataupun sinar matahari (A. Apriyanti dan Asri., 2022). Proses fotodegradasi sering digunakan dalam pengolahan air limbah dan penghilangan zat pencemar dari lingkungan (Wardhani, 2014). Proses ini melibatkan reaksi kimia yang diinduksi oleh energi radiasi, yang dapat menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Fotodegradasi sering digunakan dalam pengolahan air limbah dan penghilangan zat pencemar dari lingkungan. Salah satu contoh aplikasi 8 fotodegradasi adalah dalam penghilangan zat warna dari limbah industri tekstil (Agusriyanti & Artsanti, 2015).





Gambar 2.1 Reaksi Fotodegradasi

Prinsip fotodegradasi adalah penguraian senyawa kimia oleh sinar matahari atau radiasi elektromagnetik lainnya. Proses ini melibatkan reaksi kimia yang diinduksi oleh energi radiasi, yang dapat menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Dalam fotodegradasi, sinar UV atau radiasi elektromagnetik lainnya digunakan untuk mengaktifkan kinerja fotokatalis, seperti TiO_2 , yang dapat mengubah zat pencemar menjadi senyawa yang lebih sederhana. Prinsip proses degradasi terjadi karena adanya tumpuan elektron dari pita valensi menuju pita konduksi jika mengenai energi foton. Tumpuan inilah yang menyebabkan terbentuknya radikal hidroksil (OH^\cdot) dari katalis yang berinteraksi membentuk radikal (Fatimah dan Wijaya, 2017).

2.7 Titanium Dioksida (TiO_2)

Titanium dioksida merupakan senyawa oksida bubuk putih yang memberikan pigmen pada produk kosmetik dan makanan. Titanium dioksida (TiO_2) memiliki

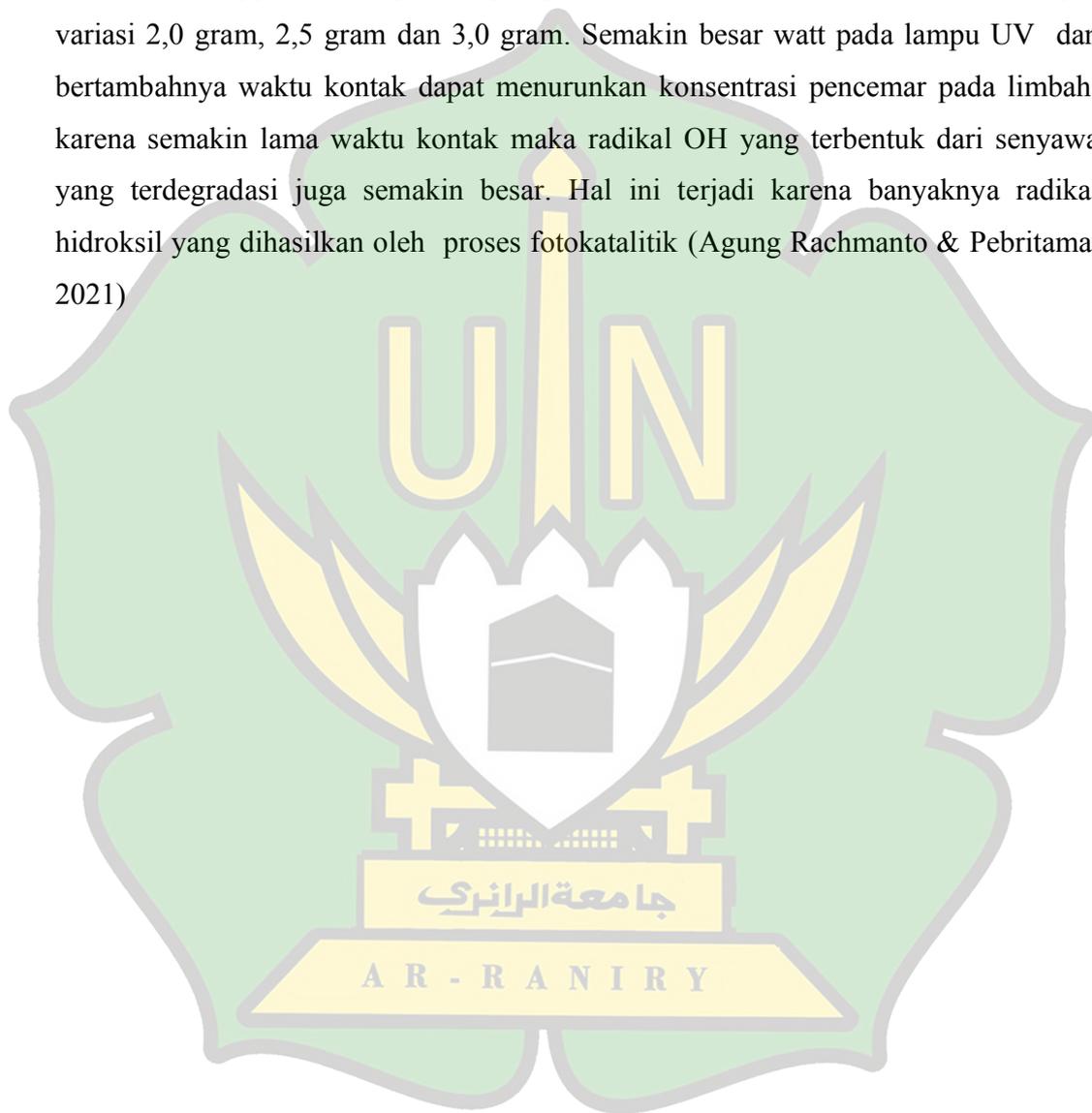
struktur elektronik khas yang memungkinkan terjadinya fotodegradasi ketika dikenai sinar UV yang bersesuaian atau melebihi energi celah pita dalam oksida titan tersebut. Titanium dioksida (TiO_2) juga memiliki massa efektif yang perlu ditentukan untuk memastikan efektivitas penggunaannya dalam proses fotodegradasi (Ode & Nur, 2013). Fotokatalis banyak digunakan oleh peneliti untuk mendegradasi air limbah dikarenakan biaya yang dikeluarkan sedikit dan ramah terhadap lingkungan (Thomson, 2022). Namun, salah satu kelemahannya adalah hanya aktif pada rentang sinar UV untuk menginisiasi proses fotokatalitik (Agus Salim Afrozi, Rahmat Salam, Auring R, 2016) Berdasarkan bentuknya TiO_2 dibagi menjadi 3 yaitu: anatase, brookite dan rutil. Dari ketiga bentuk TiO_2 yang paling sering digunakan adalah anatase karena dapat bekerja dengan baik dengan bantuan sinar matahari (Usman dkk., 2013).



Gambar 2.2 Serbuk TiO_2

Oksidasi TiO_2 dapat menjadi suatu zat yang baik jika disinari oleh matahari dengan gelombang kepanjangan λ (100-280) nm. Terbentuknya radikal hidroksil (OH) sebagai pengoksidasi hal ini terjadi karena adanya interaksi lubang pita yang terjadi dari senyawa organik. Proses oksidasi yang dihasilkan oleh radikal hidrosil diyakini dapat mendegradasi beberapa limbah seperti limbah tahu, limbah batik, limbah deterjen dan limbah lainnya. Fotokatalis TiO_2 dapat menjernihkan air limbah dengan menurunkan kadar pH, dan kadar TSS. Tingkat tertinggi keaktifan energi foton dibawah $300 \text{ nm} < \lambda < 390 \text{ nm}$ dan untuk menstabilkan katalis dapat dilakukan

secara berulang (Riyani dkk., 2012). Menurut (Rohman dkk., 2018) Setiap penambahan dosis TiO_2 dengan variasi 100 gram, 150 gram dan 200 gram mengalami kenaikan konsentrasi tinggi dibandingkan dengan penambahan konsentrasi TiO_2 rendah dengan variasi 2,0 gram, 2,5 gram dan 3,0 gram. Semakin besar watt pada lampu UV dan bertambahnya waktu kontak dapat menurunkan konsentrasi pencemar pada limbah, karena semakin lama waktu kontak maka radikal OH yang terbentuk dari senyawa yang terdegradasi juga semakin besar. Hal ini terjadi karena banyaknya radikal hidroksil yang dihasilkan oleh proses fotokatalitik (Agung Rachmanto & Pebritama, 2021)



2.8 Penelitian Terdahulu

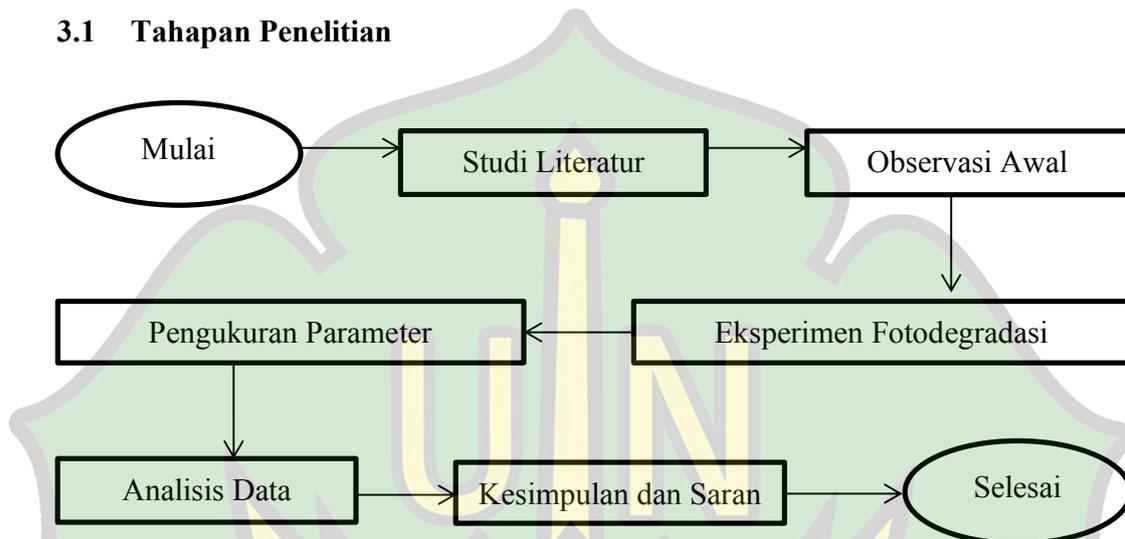
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Jenis Sampel	Parameter
1.	Rohman et al., (2018)	Penurunan Kadar Amoniak Dan Fosfat Limbah Cair Tahu Secara Foto Katalitik Menggunakan TiO_2 dan H_2O_2	Limbah cair tahu	Amoniak dan Fosfat
2.	Pungut et al., (2021)	Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat Pada Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi	Limbah Laundry	COD dan Fosfat
3.	Thomson, (2022)	Perbandingan Efektivitas TiO_2 dan ZnO pada Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT) dalam Menyisihkan BOD pada Limbah Tahu	Limbah Tahu	BOD
4.	Purwasih & Rahayu, (2021)	Pengaruh Penyaringan Terhadap Konsentrasi Chemical Oxygen Demand, Total Suspended Solid, Dan pH Limbah Cair Industri Tahu	Limbah Cair Tahu	COD, TSS dan PH
5.	Agung Rachmanto dan Pebritama, (2021).	Degradasi Limbah Tahu Dengan Koagulasi Flokulasi Alumunium Sulfat Dan Fotokatalis TiO_2 Dalam	Limbah Tahu	COD

		Tangki Berpengaduk		
6.	Andika dkk., (2020).	Penentuan Nilai BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan.	Kelapa Sawit	BOD dan COD
7.	Evila dkk, (2021).	Inovasi Pengolahan Limbah Cair Batik dengan IPAL Ekonomis di Desa Maos Kidul Cilacap	Limbah Cair Batik	pH, BOD, COD dan TSS
8.	Rosmala dan fenty, (2018).	Efektivitas Berat Arang Tempurung Kelapa Terhadap Penurunan Kandungan <i>Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand</i> Dan <i>Total Suspended Solid</i> Limbah Cair Pabrik Tahu Di Desa Balokang	Limbah Cair Tahu	BOD, COD dan TSS
9.	Pangestu, W. P., Sadida, H., & Vitasari, D. (2021).	Pengaruh Kadar BOD, COD, pH dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Media Filter Adsorben Alam dan Elektrokoagulasi	Limbah Cair Industri Tahu	BOD, COD, pH dan TSS
10.	Ramayanti, D., dan Amna, U. (2019).	Analisis parameter COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>) dan pH (<i>potential Hydrogen</i>) limbah cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe.	limbah cair	COD dan pH

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir

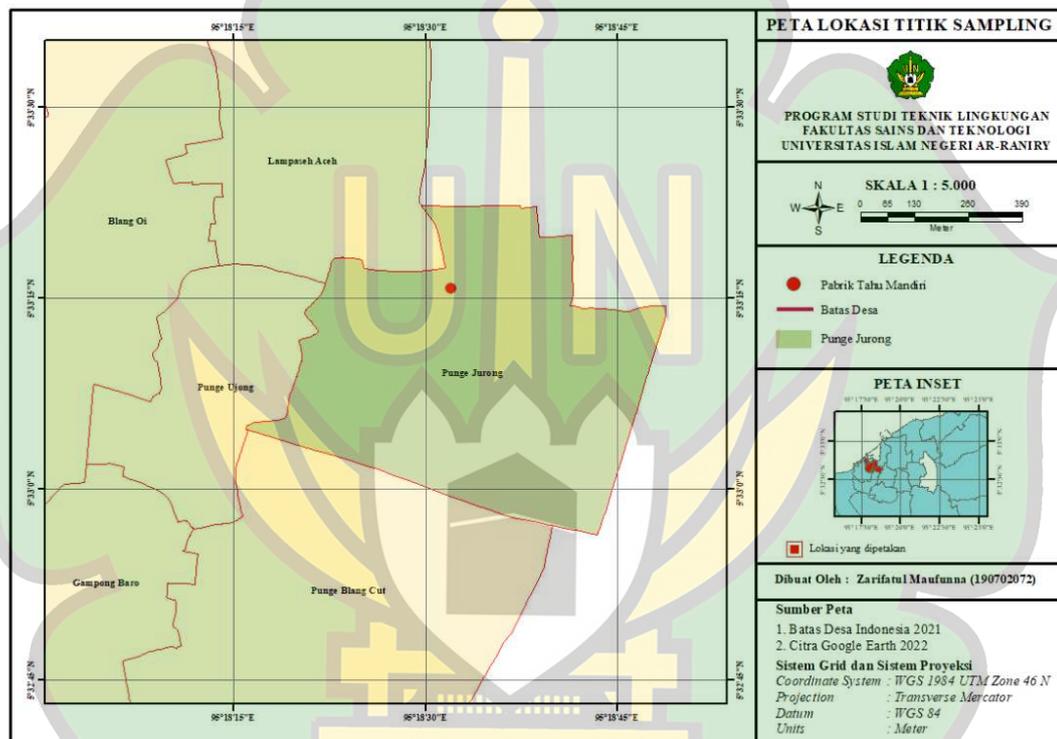
Berikut ini merupakan penjelasan dari tahapan diagram alir yang dilakukan yaitu:

1. Studi literatur adalah tahapan yang digunakan untuk mencari sumber informasi dari peneliti sebelumnya seperti jurnal, buku dan lainnya.
2. Observasi awal adalah tahapan peninjauan lokasi penelitian yang berguna untuk mengetahui kondisi lapangan tempat penelitian.
3. Eksperimen fotodegradasi, tahapan yang digunakan untuk menguji kadar yang telah tercemar dan dibandingkan dengan Permen LH No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah
4. Pengukuran parameter limbah tahu terhadap nilai pH, BOD, COD, TSS, dan fosfat sebelum dan sesudah melakukan eksperimen.
5. Analisis data, tahapan dari hasil data yang didapatkan pada tahapan eksperimen.
6. Kesimpulan dan saran merupakan hasil dari semua tahapan.

3.2 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel limbah cair tahu berada di pabrik tahu Mandiri, industri kecil skala rumahan ini merupakan milik warga yang terletak di Punge Jurong, Kecamatan Meuraxa, Kota Banda Aceh. Adapun peta lokasi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel



(Sumber: Google Earth)

3.3 Teknik Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini pada pabrik Tahu Mandiri yang berlokasi di Desa Punge Jurong Kecamatan Meuraxa Kota Banda Aceh. Pedoman yang ditetapkan untuk metode pengambilan sampel tertuju pada SNI 6989-59-2008. Adapun prosedur dalam pengambilan sampel yaitu:

a. Alat

1. Botol plastik

2. Gayung
 3. Kertas label
 4. Spidol
- b. Bahan
1. Es batu untuk membantu pengawetan sampel
- c. Langkah-langkah
1. Siapkan botol plastik kemudian bilas sebanyak 3 kali.
 2. Ambil gayung yang telah terisi air limbah kemudian masukkan kedalam botol plastik hingga terisi dengan penuh.
 3. Botol yang telah diisi air limbah diberikan kertas label dengan mencantumkan waktu dan tanggal pengambilan.
 4. Sampel dimasukkan kedalam kotak fiber yang telah diisi es batu.
 5. Kemudian dilakukan pengecekan parameter yang telah ditentukan.

Berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan di laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry dan Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) terbukti limbah yang dihasilkan melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Untuk hasil pendahuluan dapat di lihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Uji Pendahuluan

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Hasil Uji Pendahuluan
1	pH	-	6-9	3,8
2	BOD	mg/L	150	12,02
3	COD	mg/L	300	15000
4	TSS	mg/L	200	208
5	Fosfat	mg/L	-	4,36

Sumber: Uji Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry dan DLHK (2022)

3.4 Eksperimen Fotodegradasi

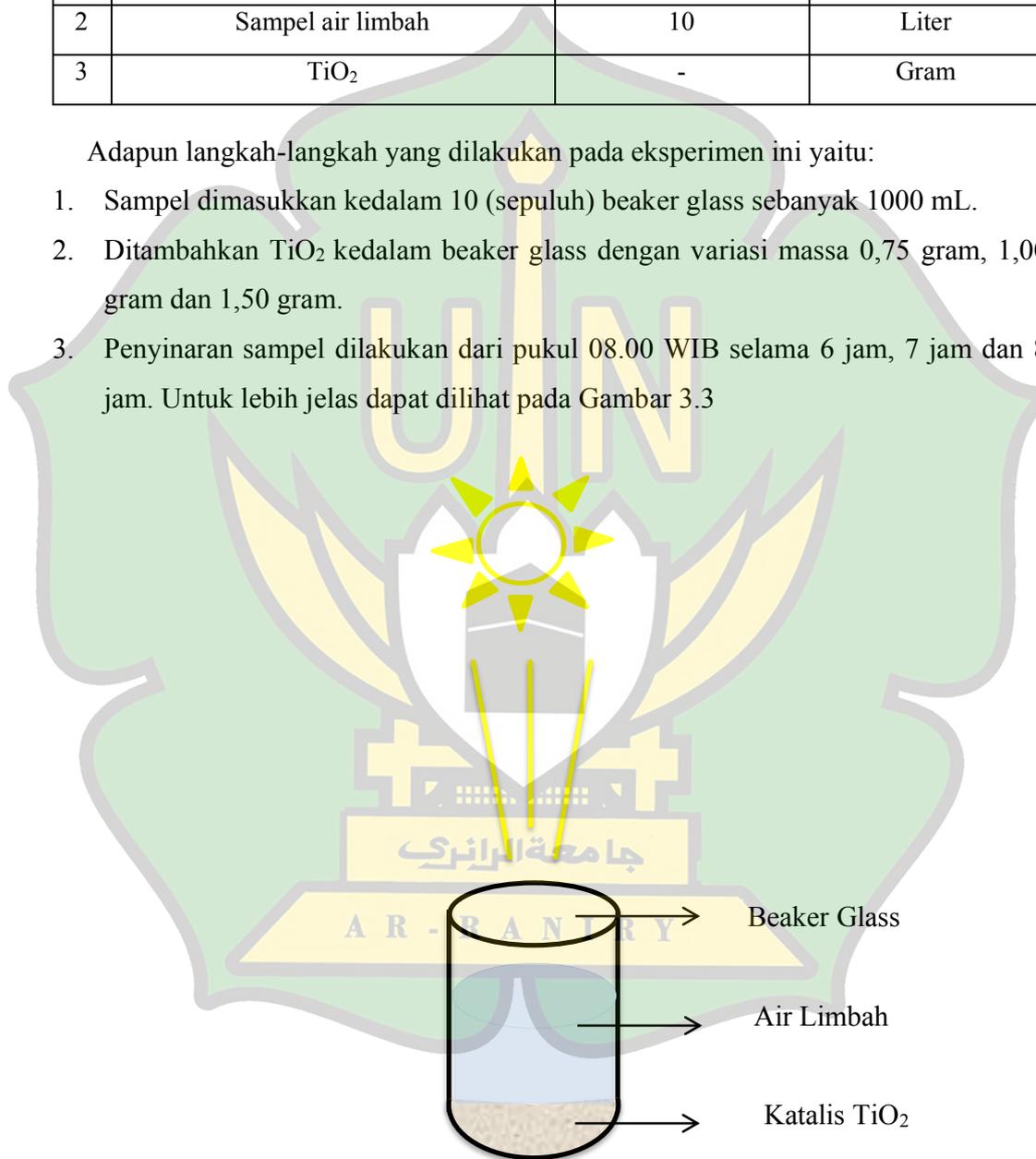
Adapun alat dan bahan yang digunakan saat eksperimen fotodegradasi dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Alat dan Bahan Eksperimen

No	Alat dan bahan	Unit	Satuan
1	Beaker glass	10	ml
2	Sampel air limbah	10	Liter
3	TiO ₂	-	Gram

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada eksperimen ini yaitu:

1. Sampel dimasukkan kedalam 10 (sepuluh) beaker glass sebanyak 1000 mL.
2. Ditambahkan TiO₂ kedalam beaker glass dengan variasi massa 0,75 gram, 1,00 gram dan 1,50 gram.
3. Penyinaran sampel dilakukan dari pukul 08.00 WIB selama 6 jam, 7 jam dan 8 jam. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.3

**Gambar 3.3** Skema Eksperimen Fotodegradasi

4. Akhirnya masing-masing beaker glass dilakukan pengukuran parameter pH, BOD, COD, TSS dan fosfat .

3.5 Pengukuran Parameter

Parameter air limbah yang di uji pada penelitian ini ialah pH, BOD, COD, TSS dan fosfat. Seluruh pengujian terhadap parameter dilakukan berdasarkan SNI yang berlaku dan terbaru.

3.5.1 *Potential Hydrogen (pH)*

pH diukur secara langsung dengan menggunakan alat multiparameter agar dapat mengetahui kandungan asam basa yang terdapat didalam limbah sesuai dengan SNI 6898.11:2004. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut:

1. Elektroda dibilas dengan menggunakan aquades dan dilakukan pengeringan menggunakan tisu.
2. Celupkan elektroda dalam sampel sampai multiparameter menunjukkan pembacaan angka yang stabil.
3. Dicatat hasil pembacaan angka yang ditampilkan dari pH meter
4. Dilakukan pembilasan kembali pada elektroda dengan menggunakan air mineral setelah dilakukan pengukuran.

3.5.2 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Pengujian BOD dilakukan berdasarkan SNI 6989.72:2009 sebagai berikut:

- a. Sampel air limbah dipipet ke dalam Erlenmeyer.
- b. Mangan sulfat ($MnSO_4$) dan larutan alkali azida ditambahkan sebanyak 1 mL, kemudian sampel ditutup dan dikocok dengan membolak-balikkan botol beberapa kali, ditunggu hingga terbentuk endapan.
- c. Asam sulfat (H_2SO_4) pekat ditambahkan sebanyak 1 mL melalui dinding botol, ditutup kembali, dan sampel dikocok sampai endapan larut. Selanjutnya dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan jenuh, diaduk hingga homogen.

- d. Sampel dititrasi dengan Natrium Thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N hingga warnanya menjadi kuning muda.
- e. Indikator kanji ditambahkan ke dalam sampel sebanyak 1-2 mL hingga warnanya berubah menjadi biru dan dititrasi lagi hingga warna biru hilang.

3.5.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Pengukuran COD dilakukan agar dapat mengetahui jumlah bahan organik yang terkandung pada limbah tahu dengan merujuk pada SNI.6989.02.2009. Tahap pengukuran parameter COD yaitu dengan

1. Meletakkan sampel air limbah tahu sebanyak 2,5 mL kedalam tabung kultur yang telah diberikan label nama sesuai variasi eksperimen.
2. Ditambahkan dengan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebanyak 1,5 mL dan H_2SO_4 sebanyak 3,5 mL dengan menggunakan pipet tetes.
3. Kemudian COD dipanaskan dengan suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$.
4. Lalu tabung reaksi dimasukkan ke dalam reaktor dan diatur waktu selama 2 jam.
5. Setelah proses pemanasan selesai tabung reaksi dipindahkan ke rak tabung reaksi untuk pendinginan.

COD diukur dengan menggunakan alat COD meter 571, sebelum digunakan alat dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan aquades yang dimasukkan ke dalam kuvet hingga muncul angka 0,0 mg/L. Kemudian sampel didalam tabung reaksi dihomogenkan lalu dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur dalam COD meter dengan menekan pilihan measure lalu enter hingga angka nilai COD muncul.

3.5.4 Total Suspended Solid (TSS)

Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan secara Gravimetri yang merujuk pada SNI 6989.3.2004. pengukuran ini dilakukan agar dapat mengetahui kadar padatan tersuspensi dalam limbah baik berupa bahan organik maupun anorganik. Adapun langkah-langkah pengukuran TSS yaitu:

1. Saringan pada peralatan vakum dibasahkan dengan menggunakan aquades.

2. Kertas saringan whatman nomor 42 dicuci dengan aquades untuk mensterilkan kemudian dibiarkan mengering.
3. Setelah kering kertas saring dilakukan penimbangan awal.
4. Selanjutnya kertas saring diletakkan pada alat vakum.
5. Kertas saring yang sudah digunakan sesuai dengan variasi perlakuan dikeringkan di dalam oven selama 1 jam dengan suhu 105 °C.
6. Kertas saring didinginkan dalam desikator dan dilakukan penimbangan hingga memperoleh berat konstan. Nilai TSS dari sampel dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.1

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \quad (3.1)$$

3.5.5 Fosfat

Pengukuran fosfat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri dengan acuan SNI 06-6989.31-2005.

a. Bahan

1. Larutan asam sulfat (H_2SO_4) 5N
Masukkan 70 mL asam sulfat pekat dalam gelas beker yang telah diisi 300 mL aquades, kemudian diencerkan dan dihomogenkan hingga 500 mL
2. Larutan kalium antimonil tartrat ($\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$)
Larutkan 1,3715 g kalium antimonil tartrat dengan 400 mL aquades dalam labu ukur 500 mL, kemudian tambahkan aquades hingga tepat pada tanda tera dan dihomogenkan.
3. Larutan amonium molibdat (NH_4) 2M
Larutkan amonium molibdat dalam 500 mL aquades dan dihomogenkan
4. Larutan asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) 0,1 M
Larutkan 1,76 g asam askorbat dalam 100 mL aquades
5. Larutan campuran

Campurkan secara berturut-turut 50 mL asam sulfat 5N, 5 mL larutan kalium antimonil tartrat, 15 mL Larutan amonium molibdat dan 30 mL Larutan asam askorbat

6. Kalium hidrogen fosfat anhidrat (KH_2PO_4)

b. Alat

1. Spektrofotometer
2. Timbangan analitik
3. Erlenmeyer 125 mL
4. Labu Ukur 100 mL; 250 mL dan 1000 mL
5. Gelas ukur 25 mL dan 50 mL
6. Pipet ukur 10 mL
7. Pipet volumetrik 2 mL; 5mL; 10 mL; 20 mL dan 25 mL.

c. Persiapan pengujian

1. Pembuatan larutan induk fosfat 500 mg P/L
larutkan 2,195 g kalium dihidrogen fosfat anhidrat, KH_2PO_4 dengan 100 mL air suling dalam labu ukur 1000 mL dan tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera dan dihomogenkan.
2. Pembuatan larutan baku fosfat 10 mg P/L
Pipet 2 mL larutan induk fosfat 500 mg P/L dan masukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera dan dihomogenkan.
3. Pembuatan larutan kerja fosfat
Pipet 0 mL; 5 mL; 10 mL; 20 mL dan 25 mL larutan baku fosfat yang mengandung 10 mg P/L dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 250 mL dan tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera kemudian dihomogenkan sehingga diperoleh kadar fosfat 0,0 mg P/L; 0,2 mg P/L; 0,4 mg P/L; 0,8 mg P/L dan 1,0 mg P/L.
4. Pembuatan kurva kalibrasi

1. Optimalkan alat spektrofotometer sesuai dengan petunjuk alat untuk pengujian kadar fosfat.
2. Pipet 50 mL larutan kerja dan masukkan masing-masing ke dalam erlenmeyer.
3. Tambahkan 1 tetes indikator fenolftalin. Jika terbentuk warna merah muda, tambahkan tetes demi tetes H_2SO_4 5N sampai warna hilang.
4. Tambahkan 8 mL larutan campuran dan dihomogenkan.
5. Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 880 nm dalam kisaran waktu antara 10 menit sampai 30 menit.
6. Buat kurva kalibrasi dari data (5) di atas atau tentukan persamaan garis lurusnya.

d. Prosedur

1. Pipet 50 mL contoh uji secara duplo dan masukkan masing-masing ke dalam erlenmeyer.
2. Tambahkan 1 tetes indikator fenolftalin. Jika terbentuk warna merah muda, tambahkan tetes demi tetes H_2SO_4 5N sampai warna hilang.
3. Tambahkan 8 mL larutan campuran dan dihomogenkan.
4. Masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 880 nm dalam kisaran waktu antara 10 menit sampai 30 menit.

e. Perhitungan

$$\text{Kadar fosfat (mg P/L)} = C \times fp \quad (3.2)$$

Keterangan:

C = kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L);

fp = faktor pengenceran.

3.6 Analisis Data

Berdasarkan data yang didapatkan dari pengukuran *Potential Hydrogen* (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspensi Solid* (TSS) dan fosfat terhadap pengaruh massa dan waktu kontak diurai secara statistik. Analisis data mampu mencari persentase efektivitas fotodegradasi berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan. Pengukuran persamaan efektivitas untuk mengetahui perbandingan pencemar sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada persamaan 3.3.

$$\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \quad (3.3)$$



BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sebelum Proses Pengolahan

Pada penelitian dilakukan variasi eksperimen massa katalis dan waktu untuk menurunkan efisiensi dari masing-masing parameter. Katalis yang digunakan berupa TiO_2 untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.1. Variasi katalis yang digunakan adalah 0,75 gram, 1,00 gram dan 1,50 gram sedangkan untuk variasi waktunya adalah 6 jam, 7 jam dan 8 jam. Sebelum melakukan proses pengolahan fotodegradasi terlebih dahulu melakukan uji awal pada parameter pH, BOD, COD, TSS dan fosfat tujuannya untuk mengetahui konsentrasi awal pada limbah tahu.



A R Gambar 4.1 Serbuk TiO_2

Hasil dari mendegradasi limbah air tahu pada parameter pH, BOD, COD, TSS dan fosfat pada limbah tahu menggunakan metode fotodegradasi sebelum perlakuan, sesudah perlakuan dan efektivitas dapat dilihat pada Tabel 4.1. Terjadinya proses fotodegradasi dikarenakan limbah yang diolah disinari oleh matahari sebagai sumber energi foton.

Hasil sebelum pengolahan dari limbah air tahu ditunjukkan pada tabel 4.1. Dimana nilai pH 3,6, BOD 450 mg/L, COD 1.500 mg/L, TSS 97 mg/L dan fosfat 42,8 mg/L. Berdasarkan peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau kegiatan Industri, maka limbah air tahu tidak memenuhi standar baku mutu, sehingga perlu diadakan pengolahan.



Tabel 4. 1 Hasil pengukuran awal, setelah fotodegradasi dan tingkat efektivitas parameter pH, BOD, COD, TSS dan Fosfat serta Baku Mutu

Variasi Eksperimen		pH		BOD			COD			TSS			Fosfat		
Waktu (Jam)	Massa Katalis	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi (mg/L)	Efektivitas (%)	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi (mg/L)	Efektivitas (%)	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi (mg/L)	Efektivitas (%)	Hasil Pengukuran Awal	Hasil Pengukuran Setelah Fotodegradasi (mg/L)	Efektivitas (%)
6	0,75	3,6	3,8	450	632	40,4	1.500	1.347	10,2	97	89	8,24	42,8	27,1	34,8
	1,00		4,2		354	21,3		638	57,4		75	22,68		29,9	30,1
	1,50		4,6		310	31,1		427	71,5		73	24,74		35,0	18,2
7	0,75		4,9		1.138	152,8		1.420	5,3		72	25,77		33,8	21,0
	1,00		5,1		700	55,5		947	36,8		62	36,08		44,9	4,9
	1,5		5,4		568	26,2		857	42,8		47	51,54		50,1	17,0
8	0,75		5,9		1.246	176,8		1.482	1,2		37	61,85		36,1	15,6
	1,00		6,2		644	43,1		836	44,2		30	69,07		58,7	37,1
	1,50		6,7		52	88,4		270	82		11	88,65		57,8	35,0
Baku Mutu		6-9		150			300			200			-		

Sumber: Uji Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry dan Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan USK

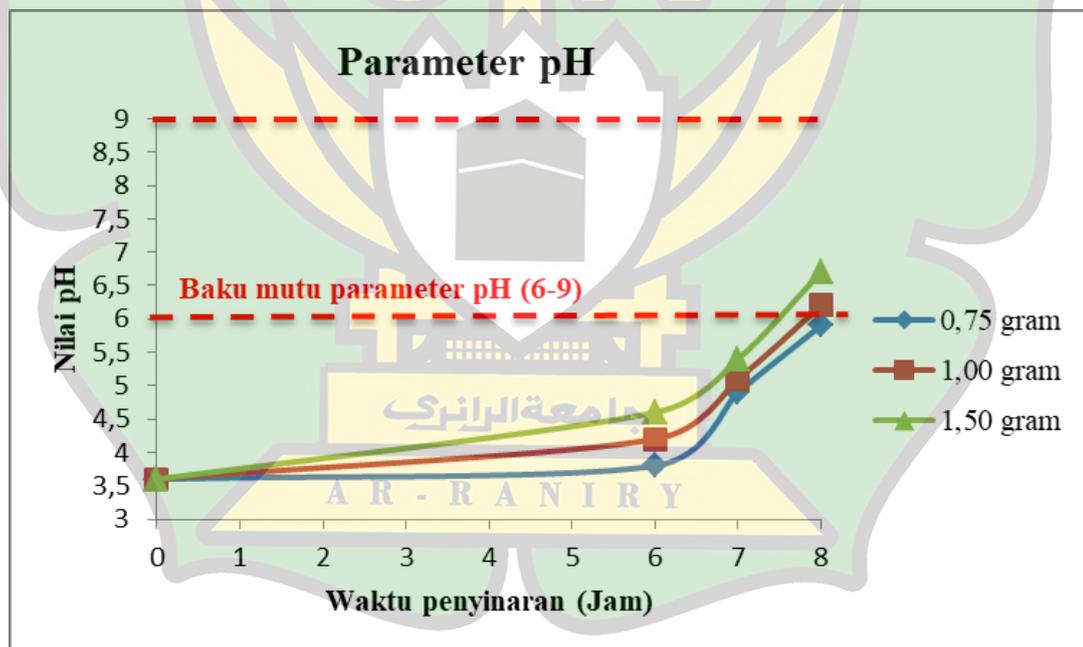
جامعة الرانيري

AR - RANIRY

4.2 Hasil Pengujian Setelah Proses Pengolahan

4.2.1 Pengaruh Massa Katalis TiO_2 Terhadap parameter pH

Pada pengujian parameter pH menunjukkan bahwa nilai pH awal yang dihasilkan sebelum pengolahan 3,6 yang merupakan nilai pH asam. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai pH air limbah cair tahu yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan adalah 6-9, sehingga limbah cair tahu tidak layak untuk dibuang ke lingkungan karena tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. Rendahnya nilai pH pada limbah tahu menunjukkan bahwa adanya mikroorganisme yang mendegradasi bahan organik (Ali & Widodo, 2019). Perubahan konsentrasi pH yang diperoleh dari hasil fotodegradasi menggunakan katalis TiO_2 untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.2.



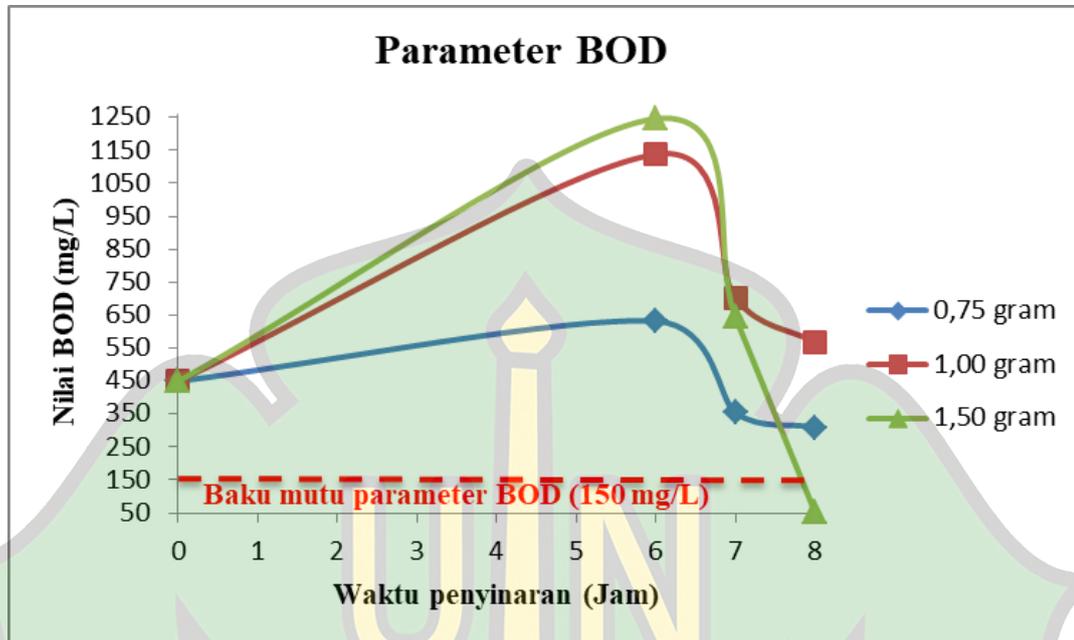
Gambar 4. 2 Grafik Perubahan parameter pH

Pada Gambar 4.2 setelah melakukan pengolahan dengan metode fotodegradasi nilai pH mengalami peningkatan dari setiap massa katalis yang digunakan karena

adanya aktifitas mikroorganisme pada saat pengolahan dapat dilihat pada penggunaan massa katalis 1,50 gram dan waktu penyinaran selama 8 jam menjadikan nilai pH yang sebelumnya asam menjadi netral yaitu 6,7. Menurut (Ika Meicahayanti dan Fahrizal Adnan, 2021) standar nilai pH yang dapat dibuang kedalam badan air adalah 6-9, sehingga telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh masa katalis yang digunakan, semakin banyak katalis yang digunakan maka merubah nilai pH limbah dari pH asam menjadi netral (Simbolon dkk., 2022).

4.2.2 Pengaruh Massa Katalis TiO_2 Terhadap parameter BOD

Berdasarkan Tabel 4.1, limbah tahu sebelum adanya perlakuan sebesar 450 mg/L, nilai tersebut melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan terhadap air limbah tahu untuk dapat menurunkan kadar BOD pada air limbah. Tingginya zat organik pada BOD dikarenakan proses pengolahan air limbah tahu, pengolahan air limbah tahu dengan fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO_2 mampu menurunkan kandungan BOD yang terdapat pada air limbah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.3.

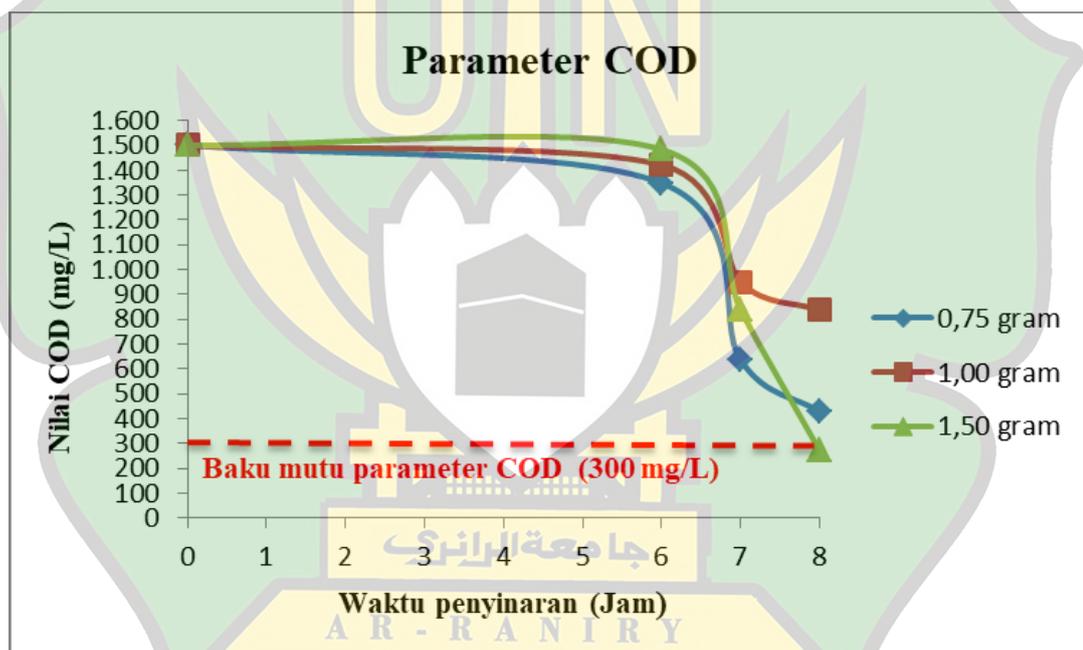


Gambar 4.3 Grafik Perubahan Parameter BOD

Hasil parameter BOD kandungan yang terdapat sebelum pengolahan adalah 450 mg/L. Berdasarkan eksperimen yang dilakukan katalis TiO_2 mampu mendegradasi parameter BOD hingga mencapai hasil dibawah Standar Baku Mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai yang dibolehkan sebesar 150 mg/L. Efektivitas fotodegradasi tertinggi mencapai 176,8% dalam mendegradasi BOD menghasilkan nilai 1.246 mg/L dengan massa katalis 0,75 gram dan waktu penyinaran selama 8 jam. Persentase efektivitas fotodegradasi terendah yaitu 21,3% dalam mendegradasi BOD menghasilkan nilai 354 mg/L dengan massa katalis 1,00 gram dan waktu penyinaran selama 6 jam. Penurunan BOD yang sangat signifikan terdapat pada massa katalis 1,50 gram dan massa kontak 8 jam yang menghasilkan 52 mg/L. Menurut (Thomson, 2022) hal ini terjadi karena adanya perubahan konsentrasi BOD dari hasil variasi waktu dan massa katalis yang digunakan serta perbedaan waktu saat dilakukan pengecekan sampel.

4.2.3 Pengaruh Massa Katalis TiO_2 Terhadap parameter COD

Berdasarkan Tabel 4.1, limbah tahu sebelum adanya perlakuan sebesar 1.500 mg/L, nilai tersebut melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Kedelai. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan terhadap air limbah tahu untuk dapat menurunkan kadar COD pada air limbah. Tingginya zat organik pada COD dikarenakan proses pengolahan air limbah tahu, pengolahan air limbah tahu dengan fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO_2 mampu menurunkan kandungan COD yang terdapat pada air limbah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.4



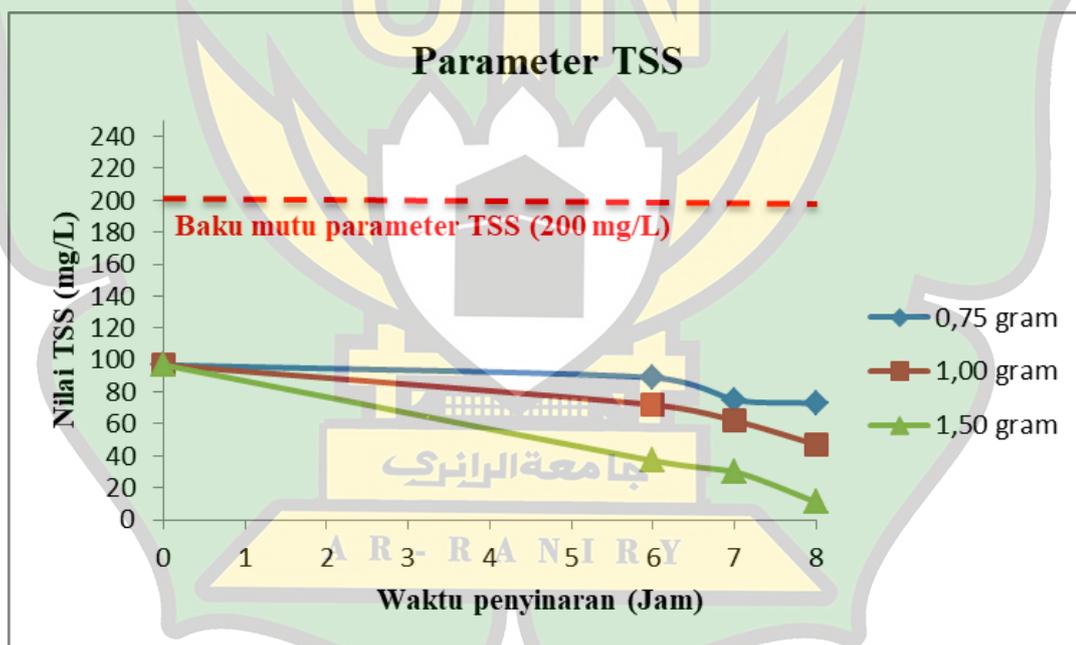
Gambar 4. 4 Grafik Perubahan parameter COD

Perubahan konsentrasi limbah tahu pada parameter COD dengan variasi massa katalis 1,50 gram dan waktu 8 jam mengalami perubahan nilai yang sangat signifikan dari nilai awal 1.500 mg/L menjadi 270 mg/L dengan efektivitasnya 82% sedangkan untuk nilai efektivitas terendah terdapat pada masa katalis 0,75 gram dengan waktu 8

jam dimana nilai efektivitasnya sebesar 1,2% dalam mendegradasi COD menghasilkan nilai 1.482 mg/L. Menurut (Agung Rachmanto dan Pebritama, 2021) lamanya waktu penyinaran dan penambahan katalis persentase senyawa COD semakin meningkat, karena lamanya waktu penyinaran dan penambahan katalis maka pembentukan radikal OH pada senyawa COD yang terdegradasi jumlahnya semakin besar.

4.2.4 Pengaruh Massa Katalis TiO_2 Terhadap parameter TSS

Limbah cair tahu pada parameter TSS, menunjukkan bahwa efektivitas fotodegradasi dalam penurunan kadar TSS meningkat seiring dengan penambahan katalis TiO_2 . Penyisihan kadar TSS berdasarkan variasinya dapat dilihat pada Gambar 4.5.



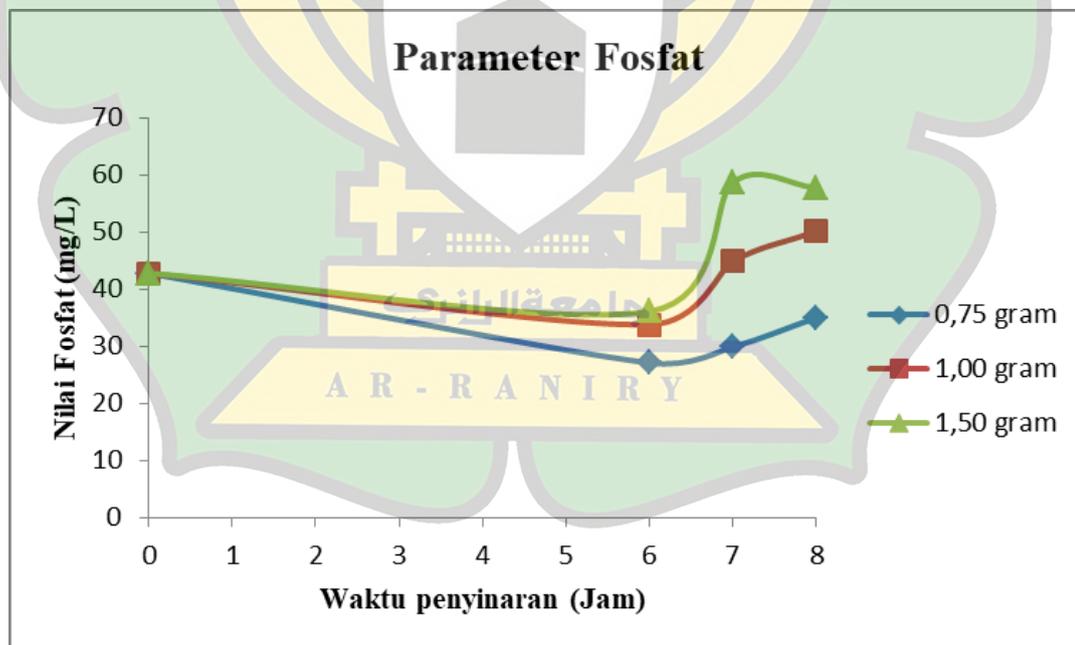
Gambar 4. 5 Grafik Perubahan Parameter TSS

Hasil fotodegradasi parameter TSS sangat berpengaruh terhadap massa yang digunakan, berdasarkan hasil efektivitasnya parameter TSS mampu mencapai 88,65% pada massa penggunaan katalis 1,50 gram dan waktu penyinaran selama 8 jam

mampu menurunkan nilai parameter TSS dari 97 mg/L menjadi 11 mg/L. Menurut (Srilestari & Munawwaroh, 2021) Tingginya efektivitas yang didapatkan karena padatan yang terdapat pada limbah tahu telah diikat oleh TiO_2 sehingga limbah yang sebelum keruh setelah pengolahan menjadi jernih.

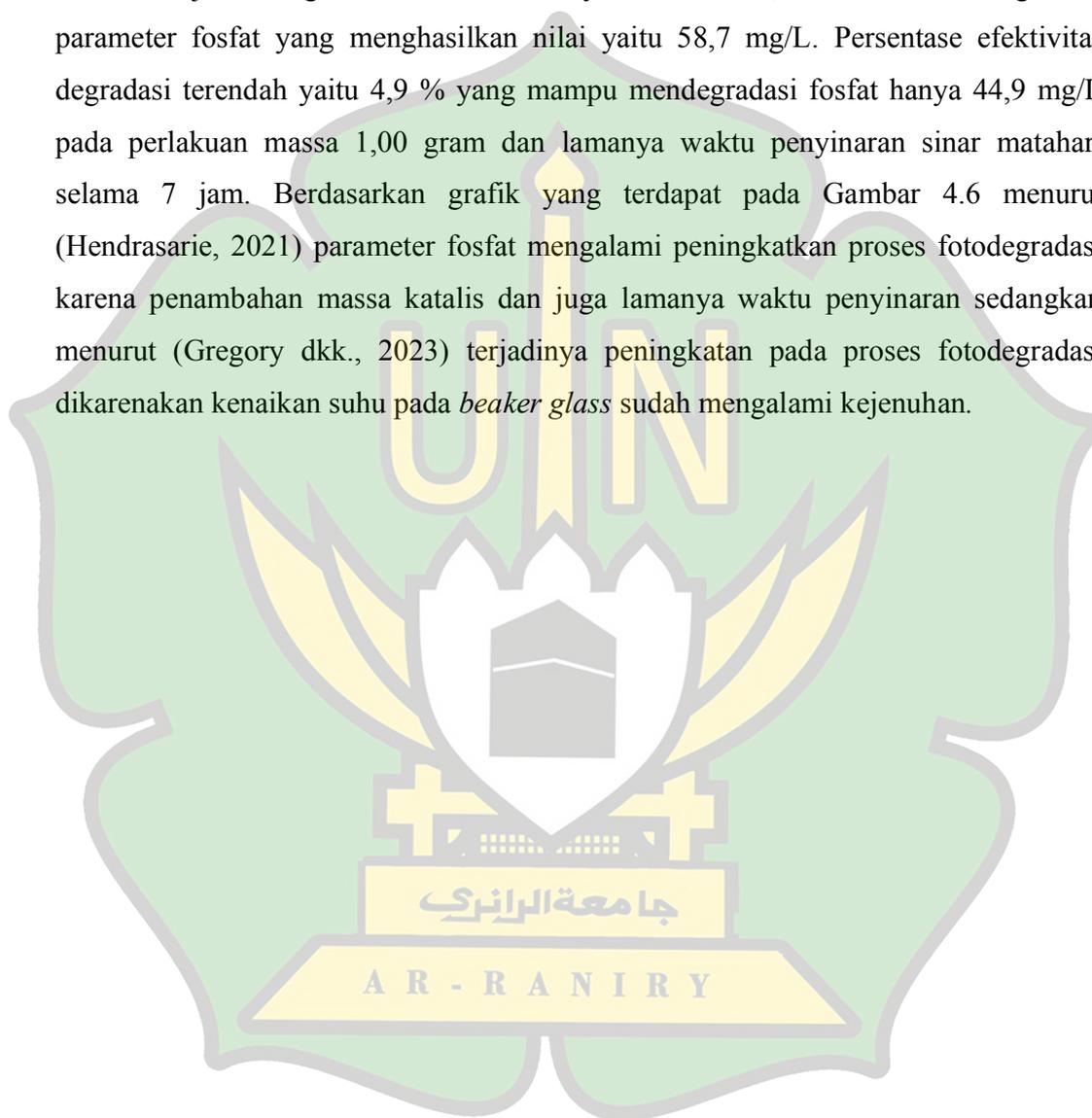
4.2.5 Pengaruh Massa Katalis TiO_2 Terhadap parameter Fosfat

Pada Tabel 4.1 parameter fosfat sebelum pengolahan adalah 42,8 mg/L. Pada massa katalis 0,75 dengan waktu 6 jam hasil pengolahan mengalami penurunan menjadi 27,1 mg/L akan tetapi pada setiap penambahan massa katalis dan waktu nilai parameter fosfat mengalami kenaikan. Berdasarkan Permen LH No.5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Badan Usaha dan/atau Industri Produk Sabun, Detergen, dan Minyak Nabati. Nilai pada parameter fosfat mengalami kenaikan yang sangat signifikan dari baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini disebabkan oleh kejenuhan TiO_2 yang tidak dapat lagi bereaksi dengan limbah air tahu. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Grafik Perubahan Parameter Fosfat

Hasil kandungan parameter fosfat sebelum pengolahan adalah 42,8 mg/L dimana efektivitas tertinggi terdapat pada massa katalis 1,00 gram dan waktu penyinaran selama 8 jam dengan nilai efektivitasnya sebesar 37,1% dalam mendegradasi parameter fosfat yang menghasilkan nilai yaitu 58,7 mg/L. Persentase efektivitas degradasi terendah yaitu 4,9 % yang mampu mendegradasi fosfat hanya 44,9 mg/L pada perlakuan massa 1,00 gram dan lamanya waktu penyinaran sinar matahari selama 7 jam. Berdasarkan grafik yang terdapat pada Gambar 4.6 menurut (Hendrasarie, 2021) parameter fosfat mengalami peningkatan proses fotodegradasi karena penambahan massa katalis dan juga lamanya waktu penyinaran sedangkan menurut (Gregory dkk., 2023) terjadinya peningkatan pada proses fotodegradasi dikarenakan kenaikan suhu pada *beaker glass* sudah mengalami kejenuhan.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang diperoleh, maka dapat diambil kesimpulan mengenai fotodegradasi menggunakan TiO_2 yaitu:

1. Katalis TiO_2 mampu mendegradasikan nilai parameter BOD, COD dan TSS. Setelah melakukan pengolahan pada variasi masa katalis 1,5 gram dan waktu 8 jam nilai awal BOD sebelum perlakuan adalah 450 mg/L setelah pengolahan menjadi 52 mg/L. Nilai COD sebelum pengolahan 1.500 mg/L setelah pengolahan menjadi 270 mg/L. Nilai TSS sebelum pengolahan 97 mg/L setelah pengolahan menjadi 11 mg/L. Nilai pH dan fosfat mengalami kenaikan karena dipengaruhi oleh masa katalis yang digunakan, sebelum perlakuan nilai pH adalah 3,6 dan nilai yang didapatkan setelah pengolahan ialah 6,7. Nilai fosfat sebelum pengolahan 42,8 mg/L setelah pengolahan menjadi 57,8 mg/L, hal ini disebabkan oleh kejenuhan TiO_2 yang tidak dapat bereaksi lagi.
2. Pengolahan limbah tahu dengan metode fotodegradasi menggunakan TiO_2 mampu mendegradasikan parameter parameter BOD, COD, TSS dan fosfat. Tingkat efektivitas paling tinggi terjadi yaitu perubahan nilai BOD dari 1.246 mg/L dengan efektivitas 176,8%, COD dari 270 mg/L dengan efektivitas 82%, TSS dari 11 mg/L dengan efektivitas 88,65% dan fosfat 58,7 mg/L dengan efektivitas 37,1%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Untuk menyisihkan partikel yang tidak dapat disisihkan oleh katalis TiO_2 dapat dilakukan dengan mengkombinasikan metode filtrasi.
2. Perlunya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai parameter fosfat yang mengalami kenaikan pada saat penambahan waktu dan dosis katalis TiO_2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Rachmanto, T., & Pebritama, E. (2021). Degradasi Limbah Tahu Dengan Koagulasi Flokulasi Alumunium Sulfat Dan Fotokatalis Tio₂ Dalam Tangki Berpengaduk. *EnviroUS*, 2(1), 56–60.
- Agung, T., & Darmawan, M. D. (2020). Penyisihan Linear Alklybenzene Sulfonate (Las) Dan Total Dissolved Solid (Tds) Menggunakan Proses Fotokatalis Dengan Kombinasi Katalis TiO₂ - ZnO. *Jurnal Envirotek*, 12(1), 35–43.
- Aini, N., Rahayu, A., & Jamilatun, S. (2022). Potensial Biosorben Dalam Removal Fosfat Dengan Metode Adsorpsi: a Review. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 23–28.
- Ali, M., & Widodo, A. A. (2019). Biokonversi Bahan Organik Pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*, 11(2), 30–37.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai Bod Dan Cod Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (Ppks) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14–22.
- Apriyanti., Asri, A. (2022). Pabrikasi dan Uji Kinerja Bulir Propilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO₂ pada Fotodegradasi Air Gambut. *Prisma Fisika*, 10(1), 82–86.
- Astuti, F. (2018). Efek Fotodegradasi Pada Pengolahan Surfaktan Anionik Dari Limbah Laundry. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(1).
- Banin, M. M., Yahya, Y., & Nursyam, H. (2021). Pengolahan limbah cair industri pembekuan ikan kaca piring (Sillago sihama) menggunakan kombinasi bakteri

- Acinetobacter baumannii, Bacillus megaterium, Nitrococcus sp. dan Pseudomonas putida secara aerob. *Journal of Tropical AgriFood*, 3(1), 49.
- Brontowiyono, W., Sulistyono, E. N., Rahmawati, S., & Agustin, N. I. (2021). Penerapan Clarity Meter Sebagai Alat Ukur Sederhana Kualitas Influen Dan Effluen Pengujian Parameter Tss, Tds, Cod, Dan Bod Di Ipal Palgading Dan Tirto Asri. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2), 177–194.
- Evila, T., Sri, P., Dwityaningsih, R., & Handayani, M. (2021). Inovasi Pengolahan Limbah Cair Batik dengan IPAL Ekonomis di Desa Maos Kidul Cilacap. 3(2), 28–34.
- Fatimah, I., & Wijaya, K. (2005). Sintesis Tio₂/Zeolit Sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4), 257–267.
- Fitriyanti, R. (2020). Karakteristik Limbah Domestik Di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara. *Jurnal Redoks*, 5(2), 72.
- Gregory, V., Sutanto, H. B., & Prihatmo, G. (2023). Potensi Kombinasi Sistem Biofilter dan Constructed Wetland Menggunakan Kana Air (*Thalia geniculata*) dalam Pengolahan Limbah Industri Tahu. *Sciscitatio*, 4(1), 50–56.
- Haryo Putro, R. K. (2019). Degradasi Surfaktan (Linear Alkyl Benzene) Pada Limbah Laundry Dengan Metode Fotokatalis ZnO. *Jurnal Envirotek*, 11(1), 25–30.
- Hendra, H., Barlian, E., Razak, A., & Sanjaya, H. (2016). Photo-Degradation of Surfactant Compounds Using Uv Rays With Addition of Tio₂ Catalysts in Laundry Waste. *Sainstek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 7(1), 59.
- Hendrasarie, I. I. Y. dan N. (2021). Pengaruh Penambahan Impeller Terhadap Kinerja Sequencing Batch Reactor Pada Limbah Cair Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*,

7(1), 1.

Herlambang, A. (2020). *Pengaruh Pemakaian Biofilter Struktur Sarang Tawon Pada Pengolah Limbah Organik Sistem Kombinasi Anaerob-Aerob (Studi Kasus : Limbah Tahu Dan Tempe)*. 2(1), 28–36.

Ika Meicahayanti*, Fahrizal Adnan, M. R. B. S. (2021). *Pengaruh Jenis Media Pada Trickling Filter Terhadap*. 5(2), 44–51.

Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41.

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 13(April), 15–38.

Khasna, S. (2021). Evaluasi Kebijakan Pengelolaan Limbah Batik di Kota Pekalongan. *Transparansi: Jurnal Ilmiah Ilmu Administrasi*, 4(1), 28–36.

Larasati, E. D., Rukmi, M. I., Kusdiyantini, E., & Ginting, R. C. B. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 20(1), 1. 

Listyaningrum, R. (2022). Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta Ristyana Listyaningrum Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta. *Teknologi Industri*, June.

Mhd. Hasbi Wardhana Purba, Lukman Hakim, M. Y. W. (2020). Strategi Pengembangan Industri Kecil Tahu Solo Di Desa Punge Blang Cut Kecamatan

- Meuraxa Kota Banda Aceh. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 4(4), 1–10.
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah. (2018). Kadar TSS dan BOD Abstrak Info Artikel. *Jurnal Vokasi Kesehatan, JVK 4 (2)*, 56–62.
- Pungut, P., Al Kholif, M., & Pratiwi, W. D. I. (2021). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (Cod) Dan Fosfat Pada Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(2).
- Purwasih, R., & Rahayu, W. E. (2021). Pengaruh Penyaringan Terhadap Konsentrasi Chemical Oxygen Demand, Total Suspended Solid, Dan Ph Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Ilmiah Ilmu Dan Teknologi Rekayasa*, 4(5), 30–37.
- Ramayanti, D., & Amna, U. (2019). Analisis parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (potential Hydrogen) limbah cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Quimica: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 1(1), 16–21.
- Riyani, K., Setyaningtyas, T., & Dwiasih, D. W. (2012). Pengolahan Limbah Cair Batik menggunakan Fotokatalis TiO₂-Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(5).
- Robin, & Supendi, A. (2015). Analisis Dampak Limbah Cair Industri Tahu terhadap Penurunan Kualitas Air dan Keragaman Ikan Air Tawar di Sungai Cipelang Kota Sukabumi. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Sains Dan Terknologi*, 10(2), 52–56.
- Robitul, N., & Suryo, Y. (2018). Untuk Pembuatan Pupuk Cair Secara Aerobik. *Teknologi Terpadu*, 9(2).
- Rohman, T., Irwan, A., & Rahmi, Z. (2018). Penurunan Kadar Amoniak Dan Fosfat

Limbah Cair Tahu Secara Foto Katalitik Menggunakan TiO₂ dan H₂O₂. *Jurnal Sains Natural*, 8(2), 87.

Rosmala, fenty. (2018). Efektivitas Berat Arang Tempurung Kelapa Terhadap Penurunan Kandungan Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand Dan Total Suspended Solid Limbah Cair Pabrik Tahu Di Desa Balokang. *Sereal Untuk*, 51(1), 51.

Said, A. (2021). Degradasi Pewarna Tartrazin Dengan Fotokatalis Titanium. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 3, 21–27.

Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245.

Shaskia, N., & Yunita, I. (2019). Persepsi Masyarakat terhadap Dampak Limbah Tahu di Sekitar Sungai. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 10(2), 59–68.

Simbolon, V. A., Kinanti, R. P., & Erda, G. (2022). Efektivitas limbah tahu dengan aktivator kulit pisang kepok menjadi pupuk organik cair terhadap tanaman bayam hijau (*Amaranthus tricolor* L). *Sulolipu: Media Komunikasi Sivas Akademika Dan Masyarakat*, 22(1), 80–87.

Sitasari, A. N., & Khoironi, A. (2021). Evaluasi Efektivitas Metode dan Media Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Tahu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 565–575. <https://doi.org/10.14710/jil.19.3.565-575>

Siti Sartika, Isna Apriani, S. P. (2014). *Efektivitas Tanaman Kiambang (Salvinia Molesta) Dan Tanaman Coontail (Ceratophyllumdemersum) Dalam Pengolahan Limbah Cair Pencucian Ikan*. 1–10.

Srilestari, E., & Munawwaroh, A. (2021). Effectiveness of Subsurface Flow-

Wetlands to Reducing TSS Levels and Stabilizing pH in Tofu Liquid Waste. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(1), 15–21.

Sucahya, T. N., Permatasari, N., Bayu, A., & Nandiyanto, D. (2016). Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1–15.

SUHADIYAH, S. R. I., JOHANNES, E. V. A., & ... (2016). Akumulasi Cemaran Plumbum (Pb) dan Cadmium (Cd) Pada Tumbuhan Lotus Nelumbo nucifera Gaertn di Kanal Daya dan Danau Balang Tonjong Antang Makassar. *Prosiding ...*, Cd, 156–158.

Sulianto, A. A., Aji, A. D. S., & Alkahi, M. F. (2020). Rancang Bangun Unit Filtrasi Air Tanah untuk Menurunkan Kekeruhan dan Kadar Mangan dengan Aliran Upflow. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(2), 72–80.

Sutanto, H., Diponegoro, U., Hidayanto, E., Diponegoro, U., Subagio, A., Diponegoro, U., Widiyandari, H., & Diponegoro, U. (2011). Pembuatan Sistem Pengolah Air Bersih Menggunakan Material. *Semnas Sains Dan Teknologi*, 2(July), 21–26.

Tchobanoglous, G., L. Burton, F., & Stensel, D. H. (2014). Metcalf & Eddy : Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. In *McGraw Hill Companies, Inc.* (Issue 7, p. 421).

Thomson, N. R. (2022). Perbandingan Efektivitas TiO₂ dan ZnO Pada Resin Immobilized Photocatalyst Technology (Ript) Dalam Menisihkan Bod Pada Limbha Tahu. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 18(1), 159–159.

Usman, M. R., Noviyanti, A. R., & Eddy, D. R. (2013). Sintesis Titanium Dioksida (TiO₂) Menggunakan Titanium Tetraklorida(TiCl₄) dengan Metode Hidrotermal sebagai Fotokatalis Degradasi Diazinon. 1–6.

- Verawati, N., Aida, N., & Aufa, R. (2021). Analisa Mikrobiologi Cemaran Bakteri Coliform Dan Salmonella Sp Pada Tahu Di Kecamatan Delta Pawan. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 6(1), 61.
- Vidyawati, D. S., & Fitrihidajati, H. (2019). Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 8(2), 113–119.
- Windy Dwiasi, D., & Setyaningtyas, T. (2014). Fotodegradasi Zat Warna Tartrazin Limbah Cair Industri Mie Menggunakan Fotokatalis TiO₂ - Sinar Matahari. *Molekul*, 9(1), 56.
- Wulandari, M., Astuti, A., & Muldarisnur, M. (2018). Sintesis Nanopartikel TiO₂-SiO₂ Berpori Sebagai Fotokatalis untuk Penjernihan Air Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Fisika Unand*, 7(1), 33–38.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

Pengambilan air limbah	Katalis TiO_2
	
Penuangan sampel dalam <i>beaker glass</i>	Proses Fotodegradasi
	
Sampel sebelum pengolahan	Sampel setelah pengolahan
	

Pengukuran pH	Pemanasan COD Reaktor
	
Pengukuran COD	Proses TSS
	
Penimbangan Kertas Saring	Proses BOD
	

Proses Fosfat	Awal dan massa waktu 6 jam
	
Massa Waktu 7 jam	Massa Waktu 8 jam
	

جامعة الرانري

AR - RANIRY

Lampiran 2. Perhitungan TSS

Rumus yang digunakan untuk menghitung TSS adalah:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}}$$

Ket: A = Berat Sampel

B = Berat Kertas Saring

- Limbah tahu sebelum perlakuan

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,1396 - 0,1299) \times 1000}{0,1} \\ &= 97 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,1388 - 0,1299) \times 1000}{0,1} \\ &= 89 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 1,00 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,1374 - 0,1299) \times 1000}{0,1} \\ &= 75 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 1,50 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,1372 - 0,1299) \times 1000}{0,1} \\ &= 73 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{TSS (mg/L)} &= \frac{(0,1371 - 0,1299) \times 1000}{0,1} \\ &= 72 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan massa 1,00 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(0,1361-0,1299) \times 1000}{0,1}$$

$$= 62 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan massa 1,50 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(0,1346-0,1299) \times 1000}{0,1}$$

$$= 47 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan massa 0,75 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(0,1336-0,1299) \times 1000}{0,1}$$

$$= 37 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan massa 1,00 gram dengan waktu kontak 8 jam

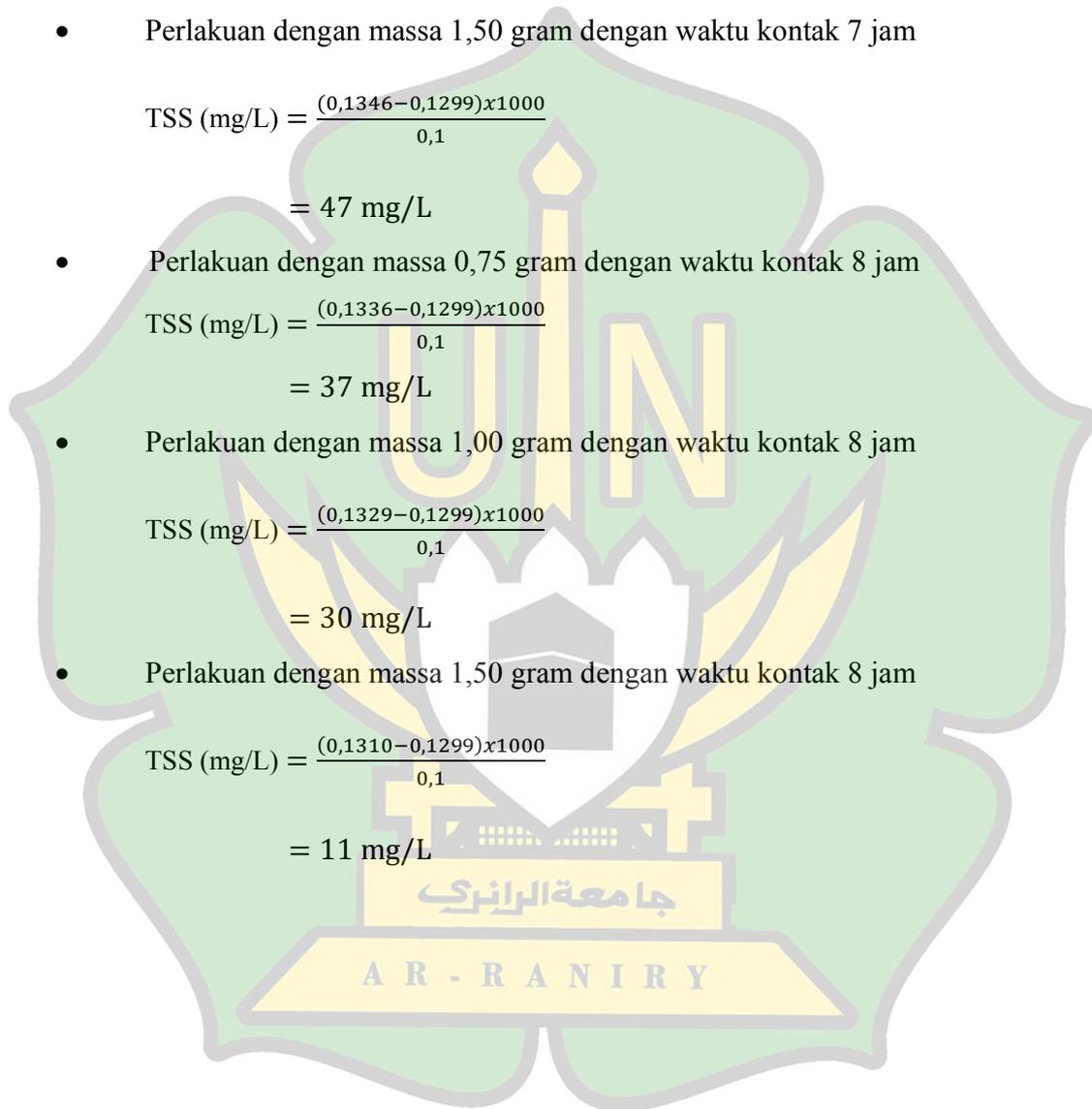
$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(0,1329-0,1299) \times 1000}{0,1}$$

$$= 30 \text{ mg/L}$$

- Perlakuan dengan massa 1,50 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(0,1310-0,1299) \times 1000}{0,1}$$

$$= 11 \text{ mg/L}$$



Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas Fotodegradasi

Hasil persentase nilai efektivitas proses fotodegradasi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\%$$

Ket: A = Nilai Awal

B = Nilai Akhir

1. Parameter BOD

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-632)}{450} \times 100\% \\ &= 40,4 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-354)}{450} \times 100\% \\ &= 21,3 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-310)}{450} \times 100\% \\ &= 31,1 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-1.138)}{450} \times 100\% \\ &= 152,8 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-700)}{450} \times 100\% \\ &= 55,5 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-568)}{450} \times 100\% \\ &= 26,2 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-1.246)}{450} \times 100\% \\ &= 176,8 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-644)}{450} \times 100\% \\ &= 43,1 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(450-52)}{450} \times 100\% \\ &= 88,4 \% \end{aligned}$$

2. Parameter COD

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-1.347)}{1.500} \times 100\% \\ &= 10,2 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-638)}{1.500} \times 100\% \\ &= 57,4 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-427)}{1.500} \times 100\% \\ &= 71,5 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-1.420)}{1.500} \times 100\% \\ &= 5,3 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-947)}{1.500} \times 100\% \\ &= 36,8 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-857)}{1.500} \times 100\% \\ &= 42,8 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-1.482)}{1.500} \times 100\% \\ &= 1,2 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-836)}{1.500} \times 100\% \\ &= 44,2 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(1.500-270)}{1.500} \times 100\% \\ &= 82 \% \end{aligned}$$

3. Parameter TSS

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-89)}{97} \times 100\% \\ &= 8,24 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-75)}{97} \times 100\% \\ &= 22,68 \%\end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-73)}{97} \times 100\% \\ &= 24,74 \%\end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-72)}{97} \times 100\% \\ &= 25,77 \%\end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-62)}{97} \times 100\% \\ &= 36,08 \%\end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-47)}{97} \times 100\% \\ &= 51,54 \%\end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-37)}{97} \times 100\% \\ &= 61,85 \%\end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-30)}{97} \times 100\% \\ &= 69,07 \%\end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(97-11)}{97} \times 100\% \\ &= 88,65 \% \end{aligned}$$

4. Parameter Fosfat

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-27,1)}{42,8} \times 100\% \\ &= 34,8 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-29,9)}{42,8} \times 100\% \\ &= 30,1 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 6 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-35,0)}{42,8} \times 100\% \\ &= 18,2 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-33,8)}{42,8} \times 100\% \\ &= 21,0 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-44,9)}{42,8} \times 100\% \\ &= 4,9 \% \end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 7 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-50,1)}{42,8} \times 100\% \\ &= 17,0 \% \end{aligned}$$

- Massa 0,75 gram dengan waktu kontak 8 jam

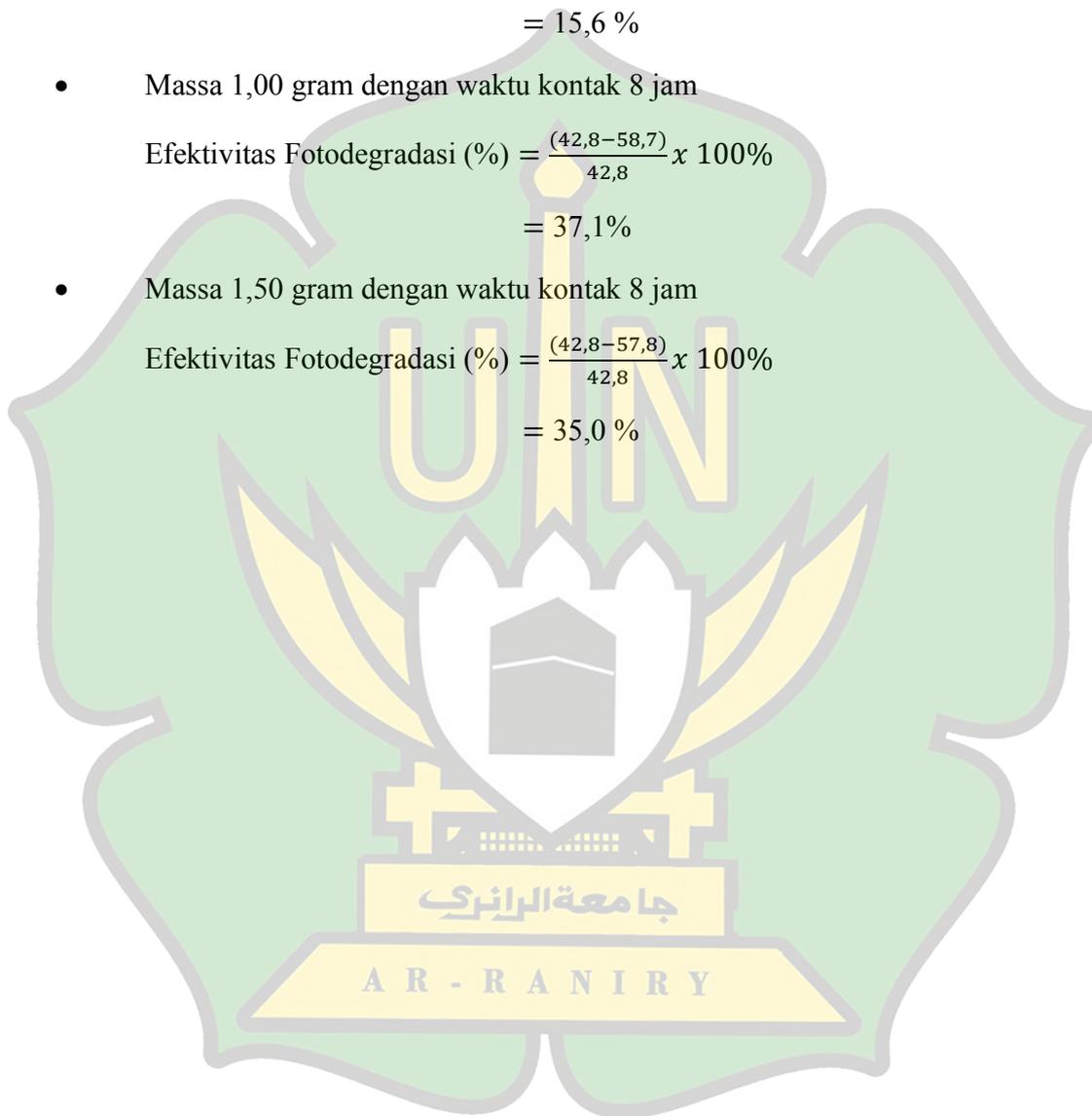
$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-36,1)}{42,8} \times 100\% \\ &= 15,6 \%\end{aligned}$$

- Massa 1,00 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-58,7)}{42,8} \times 100\% \\ &= 37,1\%\end{aligned}$$

- Massa 1,50 gram dengan waktu kontak 8 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas Fotodegradasi (\%)} &= \frac{(42,8-57,8)}{42,8} \times 100\% \\ &= 35,0 \%\end{aligned}$$



Lampiran 3



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA

LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN

Jalan Tengku Syech Abdur Raut No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>, e-mail: itpkla@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

Nomor. 353/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Zarifatul Maufunna
Alamat Pelanggan : Lambhuk-Banda Aceh
Tanggal di Terima : 20 Juni 2023
Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
Parameter Uji : Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)
Tanggal di Analisa : 21 Juni 2023 s/d 17 Juli 2023
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Awal	mg/l	150	450	
2.	P1-0,75	mg/l	150	632	
3.	P1-1	mg/l	150	354	
4.	P1-1,5	mg/l	150	310	
5.	P2-0,75	mg/l	150	1.138	
6.	P2-1	mg/l	150	700	
7.	P2-1,5	mg/l	150	568	
8.	P3-0,75	mg/l	150	1.246	
9.	P3-1	mg/l	150	644	
10.	P3-1,5	mg/l	150	52	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 17 Juli 2023

Ketua,

معة الرانرى

AR - RA

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001

Lampiran 4



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA

LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN

Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: itpkl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 354/JTK-USK/LTPKL/2023

Nama Pelanggan : Zarifatul Maufunna
Alamat Pelanggan : Lambhuk-Banda Aceh
Tanggal di Terima : 20 Juni 2023
Jenis Contoh Uji : Limbah Cair Tahu
Parameter Uji : Fosfat (PO_4)
Tanggal di Analisa : 21 Juni 2023 s/d 17 Juli 2023
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Baku Mutu : Lampiran XVIII Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Awal	mg/l	-	42,8	
2.	P1-0,75	mg/l	-	27,1	
3.	P1-1	mg/l	-	29,9	
4.	P1-1,5	mg/l	-	35,0	
5.	P2-0,75	mg/l	-	33,8	
6.	P2-1	mg/l	-	44,9	
7.	P2-1,5	mg/l	-	50,1	
8.	P3-0,75	mg/l	-	36,1	
9.	P3-1	mg/l	-	58,7	
10.	P3-1,5	mg/l	-	57,8	

Catatan: Pengambilan contoh dilakukan oleh pelanggan dan contoh diterima di laboratorium dalam kemasan botol plastik.

Darussalam, 17 Juli 2023

Ketua,

جامعة الرانري

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210.199802.1001

AR - RANIRY