

**REDUKSI PENCEMAR LIMBAH CAIR PENGOLAHAN IKAN
DENGAN METODE FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN
SENG OKSIDA (ZnO)**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

MAILIZA EFRIANA

NIM. 180702050

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



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

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**REDUKSI PENCEMAR LIMBAH CAIR PENGOLAHAN IKAN
DENGAN METODE FOTODEGRADASI MENGGUNAKAN
SENG OKSIDA (ZnO)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

MAILIZA EFRIANA

NIM.180702050

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

Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

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

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PENCUCIAN KENDARAAN MENJADI AIR BERSIH DENGAN METODE FILTRASI MULTIMEDIA MENGUNAKAN ALIRAN UPFLOW

TUGAS AKHIR

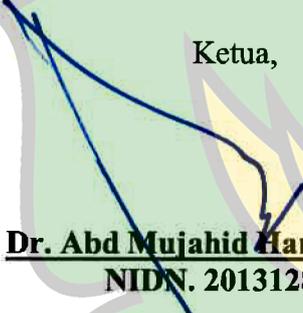
Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Selasa, 6 Desember 2022
12 Jumadil Awal 1444
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

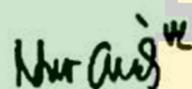
Sekretaris,


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


Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2010038901

Penguji I,

Penguji II,

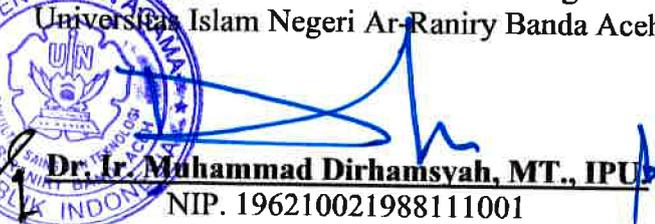

Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
NIDN. 2016067801


Dr. Ir. Hj. Irhamni, ST., M.T, IPM
NIDN. 2009118301

Mengetahui,

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




Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mailiza Efriana
NIM : 180702050
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Reduksi Pencemar Limbah Cair Pengolahan Ikan dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Seng Oksida (ZnO)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

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

Banda Aceh, 22 November 2022



Mailiza Efriana

ABSTRAK

Nama : Mailiza Efriana
NIM : 180702050
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Reduksi Pencemar Limbah Cair Pengolahan Ikan dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Seng Oksida (ZnO)
Tanggal Sidang : 06 Desember 2022
Jumlah Halaman : 70
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.
Pembimbing II : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
Kata Kunci : Fotodegradasi, Limbah cair pengolahan ikan, fotokatalis, ZnO

Meningkatnya pertumbuhan penduduk menyebabkan banyaknya jumlah industri, termasuk industri pengolahan ikan. Berdasarkan kandungan air limbah pengolahan ikan seperti kandungan senyawa organik yang tinggi yaitu COD, nitrogen, minyak dan lemak tentunya berpotensi mencemari lingkungan. Metode fotokatalis telah digunakan dalam pengolahan limbah pencelupan tekstil limbah wirausaha Laundry, limbah cair dari industri mie, limbah cair industri batik dan limbah industri tempe. Namun, limbah pengolahan ikan belum pernah diolah menggunakan metode fotodegradasi. Pengolahan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu fotodegradasi menggunakan seng oksida (ZnO). Fotodegradasi adalah proses degradasi suatu material dengan bantuan energi foton yang berasal dari sinar UV. Penelitian ini akan bermanfaat bagi industri pengolahan ikan untuk mengolah limbah yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi massa dan waktu kontak serta efektivitas dalam menurunkan nilai *chemical oxygen demand* (COD), *total suspended solid* (TSS), dan perubahan pH dalam limbah cair pengolahan ikan. Variabel yang digunakan adalah massa ZnO 0,50, 0,75 dan 1 g dengan waktu kontak 3, 4 dan 5 jam. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa fotodegradasi dengan ZnO mampu mendegradasi zat organik. pH yang didapat mencapai 8, persentase COD mencapai 69,69%, serta persentase TSS mencapai 81,70%. Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini yaitu massa dan waktu kontak berpengaruh terhadap efektivitas fotodegradasi. Hal ini dapat dibuktikan analisis linear yang $<0,05$, COD yaitu 0,000, TSS yaitu 0,004. Selain itu, waktu kontak juga mempengaruhi efektivitas fotodegradasi, hal ini dibuktikan dengan hasil analisis regresi yang $<0,05$, untuk parameter COD yaitu 0,000, TSS yaitu 0,000. Persentase efektivitas fotodegradasi COD yaitu 69,69%, TSS yaitu 81,70%.

ABSTRACT

Name : Mailiza Efriana
NIM : 180702050
Study program : Environmental Engineering
Title : Reduction Pollution Fish Processing Wastewater with Photodegradation Method Using Zinc Oxide (ZnO)
Session Date : 06 December 2022
Number of pages : 72
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan M.Sc.
Advisor II : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc.
Keywords : Photodegradation, Fish processing wastewater, Photocatalyst, ZnO.

The increasing population growth has led to many industries, including the fish processing industry. Based on the content of fish processing wastewater, such as the high content of organic compounds, namely COD, nitrogen, oil and fat, of course, it has the potential to pollute the environment. The photocatalyst method is used in the treatment of textile dyeing waste, laundry business waste, liquid waste from the noodle industry, batik industrial liquid waste and tempeh industrial waste. However, fish processing waste has never been processed using the photodegradation method. The processing carried out in this research was photodegradation using zinc oxide (ZnO). Photodegradation is the process of degradation of a material with the help of photon energy coming from UV light. This research will be useful for the fish processing industry to process the waste it produces. This study aims to determine the variation in mass and contact time as well as the effectiveness in reducing the value of chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), and pH changes in fish processing wastewater. The variables used were the masses of ZnO 0.59, 0.75 and 1 g with contact times of 3, 4 and 5 hours. The conclusion obtained from this study is that the mass and contact time affect the effectiveness of photodegradation. This can be proved with linear analysis <0.05 , COD 0.000 and TSS 0.004. In addition, contact time also affects the effectiveness of photodegradation, evidenced by the results of the regression analysis <0.05 , for the parameters COD 0.000 and TSS 0.000. The percentage of effectiveness COD photodegradation 69.69% and TSS 81.70%.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt. Tuhan semesta Alam yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis masih diberi kesempatan dan Kesehatan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Selawat dan salam senantiasa disanjungkan kepada Nabi Besar Muhammad saw, yang mana beliau telah membawa umat manusia dari alam kebodohan menuju alam yang penuh ilmu pengetahuan.

Atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Reduksi Pencemar Limbah Cair Pengolahan Ikan dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Seng Oksida (ZnO). Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknik pada program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Fakultas Sains dan Teknologi Banda Aceh.

Tugas akhir ini dapat menambah ilmu pengetahuan baik bagi penulis maupun pembaca dan dapat dipergunakan sebaik mungkin. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Ubaidillah serta Ibunda Zubaidah selaku Orang Tua dari penulis yang telah mendukung dalam pembuatan Tugas akhir Rancangan Penelitian. Dengan demikian, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penyelesaian tugas akhir ini, diantaranya yaitu:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.-Si., M.Sc selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi S.T., M.Sc selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh serta koordinator tugas akhir
4. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

5. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
6. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik dan Ketua Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah memberikan bimbingan serta dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan berlangsung.
7. Dr. Eng., Nur Aida M.Si selaku dosen penguji I dalam pelaksanaan sidang Tugas Akhir penulis.
8. Dr. Ir. Hj. Irhamni, ST., M.T, IPM selaku dosen penguji II dalam pelaksanaan sidang Tugas Akhir penulis.
9. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan banyak ilmu selama masa perkuliahan.
10. Ibu Nurul Huda, S.Pd, selaku Laboran Laboratorium Teknik Lingkungan.
11. Saudari Utari Novianti, S.T yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
12. Muhammad Arif Pratama, B.Bus yang telah memberikan semangat dan dukungan serta membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
13. Siti Azzahra, S.T, Salsabila Raiqa, S.T, Dwi Ardianna, S.T, Haifa Dzihninafira, Alfaniati Rahmatillah, Siti Mulyana selaku sahabat yang telah memberikan semangat dan dukungan selama masa perkuliahan.
14. Teman-teman seperjuangan Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Angkatan 2018, yang penulis tidak dapat sebutkan namanya satu persatu.
15. Kepada **diri sendiri** karena tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar penulis dapat melakukan perbaikan untuk penulisan ilmiah lainnya. Akhir kata, semoga ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi pihak yang berkepentingan.

Banda Aceh, 22 Desember 2022

Penulis,

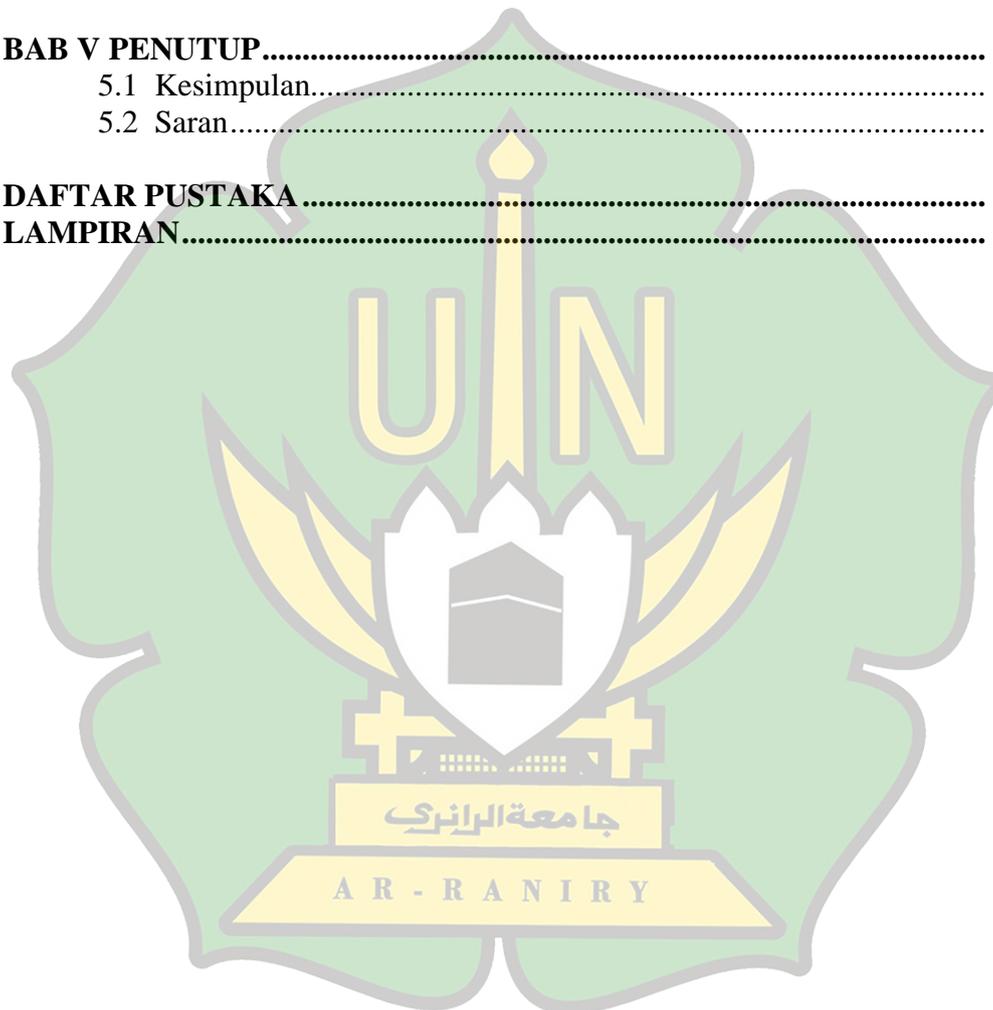
Mailiza Efriana



DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
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 Batasan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Limbah.....	5
2.1.1. Limbah Cair.....	6
2.1.2. Limbah Padat.....	7
2.2 Limbah pengolahan Ikan.....	7
2.2.1 Limbah cair pengolahan ikan.....	8
2.2.2 Limbah padat pengolahan ikan.....	9
2.3 Dampak Bahaya Limbah Pengolahan Ikan.....	9
2.4 Metode Fotodegradasi.....	10
2.5 Metode Fotokatalis.....	11
2.6 Seng Oksida (ZnO).....	12
2.7 ZnO sebagai Semikonduktor Fotokatalis.....	13
2.8 Baku Mutu Limbah Pengolahan Ikan.....	15
2.9 Penelitian Terdahulu Terkait Metode Fotodegradasi.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Tahapan Umum Penelitian.....	19
3.2 Limbah yang Diolah.....	21
3.2.1 Lokasi pengambilan limbah.....	21
3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel.....	22
3.3 Hasil Uji Pendahuluan.....	22
3.4 Eksperimen.....	23
3.4.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.4.2 Desain Reaktor Fotokatalis.....	23
3.4.3 Desain Eksperimen.....	24
3.4.4 Prosedur Eksperimen.....	24
3.5 Pengukuran parameter.....	25
3.6 Analisis Data.....	26

3.6.1 Efektivitas.....	26
3.6.2 Analisis Statistik.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Hasil	28
4.2 Pembahasan.....	30
4.2.1 Pengaruh pengendapan sesudah eksperimen.....	30
4.2.2 Pengaruh massa ZnO.....	31
4.2.3 Pengaruh waktu kontak	34
BAB V PENUTUP.....	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	55



DAFTAR GAMBAR

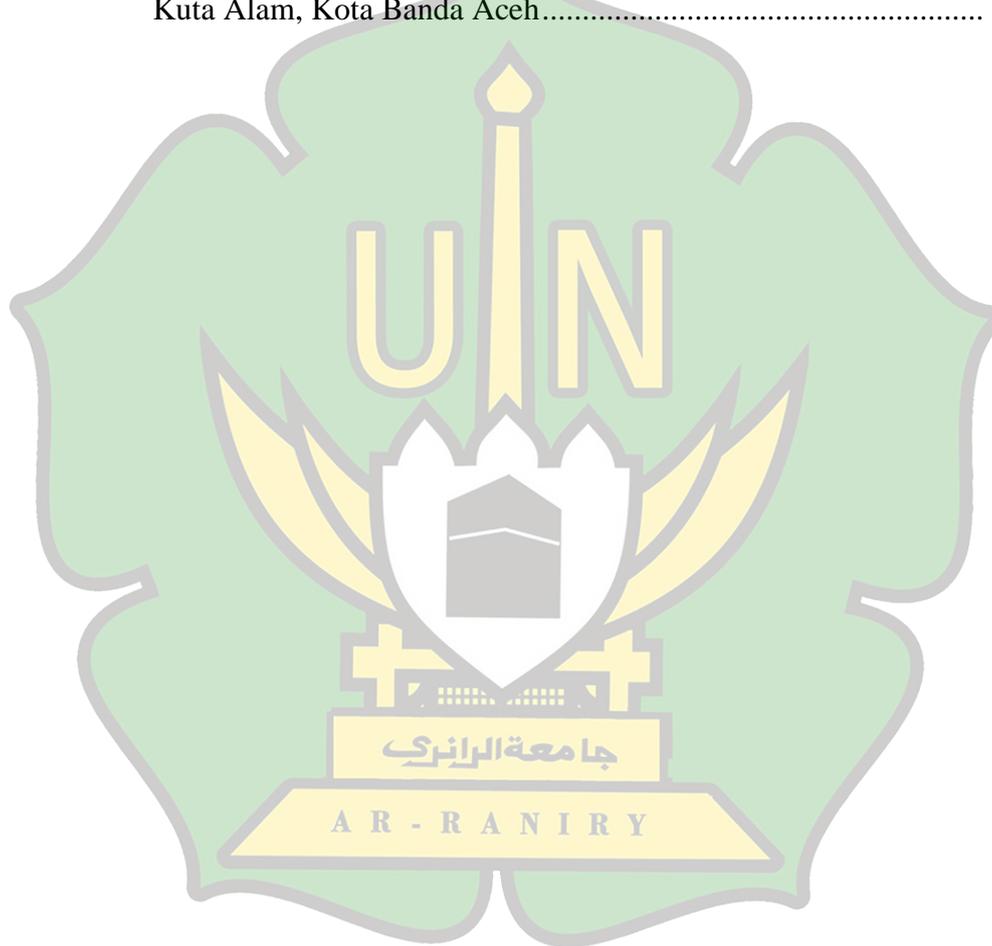
Gambar 2.1 Serbuk ZnO.....	13
Gambar 3.1 Diagram alir tahapan umum penelitian.....	20
Gambar 3.2 Titik lokasi pengambilan sampel	21
Gambar 3.3 Peta lokasi pengambilan sampel	22
Gambar 3.4 Reaktor Fotokatalis	24
Gambar 4.1 Limbah pengolahan ikan (a) sebelum eksperimen, (b) setelah pengendapan dan (c) setelah proses fotokatalis.....	28
Gambar 4.2 Nilai parameter sebelum dan sesudah pengendapan.....	31
Gambar 4.3 Grafik hasil uji massa katalis terhadap nilai pH pada limbah cair pengolahan ikan	32
Gambar 4.4 Grafik hasil uji pengaruh massa katalis terhadap nilai COD pada limbah cair pengolahan ikan	33
Gambar 4.5 Grafik hasil uji pengaruh massa katalis terhadap nilai TSS pada limbah cair pengolahan ikan	34
Gambar 4.6 Grafik pengaruh waktu kontak dengan penurunan parameter pH.....	35
Gambar 4.7 Grafik pengaruh waktu kontak dengan penurunan parameter COD.....	36
Gambar 4.8 Grafik pengaruh waktu kontak dengan penurunan parameter TSS.....	37

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan	15
Tabel 2.2	Penelitian pendahuluan	16
Tabel 3.1	Hasil uji pendahuluan limbah cair pengolahan ikan	23
Tabel 3.2	Alat dan bahan penelitian.....	23
Tabel 4.1	Hasil analisis parameter COD, TSS, pH, Minyak dan lemak limbah pengolahan ikan PT. Yakin Pasifik Tuna, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh.....	29



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Lambang	Kepanjangan	Halaman
BOD	<i>Biochemical oxygen demand</i>	1
COD	<i>Chemical oxygen demand</i>	1
OH	Radikal hidroksil	2
ZnO	Seng oksida	2
pH	<i>power of hydrogen</i>	5
TSS	<i>Total suspended solid</i>	5
DO	<i>Dissolved oxygen</i>	7
UV	Ultraviolet	8
h+	<i>Hole</i>	8
eV	Elektronvolt	10
SNI	Standar nasional Indonesia	20
K ₂ Cr ₂ O ₇	Kalium dikromat	23
H ₂ SO ₄	Asam sulfat	23
SPPS	<i>Statistical package for the social sciences</i>	24
O ₂	Radikal oksigen	31

AR - RANIRY

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Eksperimen.....	50
Lampiran 2. Perhitungan TSS	54
Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas Fotodegradasi	57
Lampiran 4. Hasil Analisis Linear Berganda	61



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat juga meningkatkan banyaknya jumlah industri di Indonesia, termasuk industri Pengolahan Ikan. Industri pengolahan ikan merupakan industri yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya, sehingga kapasitas limbah yang dihasilkan dalam jumlah yang besar (Yuliasni dkk., 2019). Limbah dari hasil pengolahan ikan masih cukup tinggi, yaitu sekitar sampai 30% (Piri dan Mirwan, 2018). Limbah pengolahan ikan dapat berupa limbah padat maupun cair. Limbah padat berupa sisik ikan, cangkang kerang, dan sejenisnya. Sedangkan limbah cair berupa air bekas cucian ikan yang dibuang ke saluran air setempat (Widiyanti dan Hamidah, 2021). Limbah padat ikan pada saat ini sangat sering terurai di tempat pembuangan sampah dan residu cair (Kratky dan Zamazal, 2020).

Suatu usaha atau kegiatan berpotensi menimbulkan limbah. Menurut *Indonesia Environment & Energy Center* limbah yang ditimbulkan oleh suatu usaha dan atau kegiatan berdasarkan bentuk atau wujudnya dapat dibagi menjadi empat di antaranya yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan limbah suara. Khususnya yang berkaitan dengan limbah cair disebutkan bahwa setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan limbah cair wajib melakukan pengolahan air limbah yang dihasilkan dan dapat dilakukan secara tersendiri maupun terintegrasi.

Salah satu sumber pencemaran limbah cair akibat pengolahan ikan yang dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu, menimbulkan bau yang tidak sedap pada air dan mengakibatkan pencemaran air dan tanah (Rachmanto dan Salamah, 2021). Limbah ikan jika tidak ditangani dengan hati-hati akan menimbulkan bau busuk yang menyengat dan menyebabkan banyak lalat dan nyamuk penyebab berbagai (Kusuma dan Yulianto, 2019). Pengolahan limbah merupakan salah satu pendekatan terbaik untuk menjamin keberlanjutan pengelolaan limbah dalam proses produksi dan pengolahan ikan (Kurniasih dkk.,

2018). Salah satu cara untuk mengetahui tingkat pencemaran air limbah adalah dengan mengukur BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Rachmanto dan Pebritama, 2021).

Belakangan ini banyak munculnya beberapa penelitian untuk mengembangkan teknologi untuk mendegradasi kandungan pencemar yang terdapat pada limbah menggunakan metode fotokatalis (Dwiasi & Setyaningtyas, 2014). Fotokatalis merupakan salah satu metode yang dapat menurunkan senyawa organik yang terdapat dalam air limbah (Putro & Kokoh, 2019). Metode fotokatalis menggunakan energi cahaya untuk mengubahnya menjadi energi kimia, dan dengan demikian menghasilkan radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang bereaksi sebagai agen redoks dengan senyawa organik (polutan). Polutan tersebut akan diubah menjadi O_2 dan H_2 yang lebih ramah lingkungan (Suchaya dkk., 2016). Metode fotokatalis telah digunakan dalam pengolahan limbah pencelupan tekstil (Arifiani dan Hadiwidodo, 2007), limbah wirausaha Laundry (Wahyuono dkk., 2021), limbah cair dari industri mie (Dwiasi dan Setyaningtyas, 2014), limbah cair industri batik (Priantoro, 2020) dan limbah industri tempe (Nisaa, 2018). Namun, limbah pengolahan ikan belum pernah diolah menggunakan metode fotokatalis.

Zinc Oxide atau Seng Oksida (ZnO) sebagai fotokatalis memiliki kualitas yang sangat baik, seperti memiliki kemampuan yang kuat, sifat fotokatalitik yang baik, stabilisasi kimiawi, biokompatibilitas, non-toksisitas, fotosensitivitas tinggi, memiliki sifat piezoelektrik. Di antara berbagai fotokatalis semikonduktor yang diusulkan, ZnO adalah bahan yang umum digunakan untuk aplikasi fotokatalitik karena stabilitas kimianya yang tinggi, biaya rendah dan tidak beracun (Keles dkk., 2020). Namun, ZnO belum pernah digunakan sebagai bahan fotokatalis dalam pengolahan limbah pengolahan ikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas pertanyaan penelitian yang akan dijawab pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Bagaimana efektivitas metode fotodegradasi dengan ZnO dalam mereduksi pencemar limbah cair pengolahan ikan berdasarkan parameter pH, COD, TSS?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu: untuk menganalisis efektivitas metode fotokatalis dengan ZnO dalam mereduksi pencemar limbah cair pengolahan ikan berdasarkan parameter pH, COD, TSS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian limbah cair rumah sakit menggunakan metode fotokatalis yaitu:

1. Bagi peneliti, penelitian ini bermanfaat untuk menambah ilmu pengetahuan tentang pengurangan polutan yang ada pada limbah pengolahan ikan. Menggunakan metode fotokatalis seng oksida (ZnO), untuk menurunkan parameter pH, COD, TSS, pada air limbah pengolahan ikan.
2. Bagi masyarakat, akan sangat membantu mengetahui bahwa air limbah dari pengolahan ikan dapat diolah dan tidak lagi merugikan bagi masyarakat.
3. Bagi pemerintah untuk melengkapi informasi tentang cara pengolahan limbah cair dari pengolahan ikan dengan metode pengolahan Fotokatalis menggunakan seng oksida (ZnO).

1.5 Batasan Penelitian

Agar nantinya penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan fokus terhadap masalah dan tujuan penelitian maka penelitian ini perlu dibatasi. Batasan-batasan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Analisa pencemaran lingkungan hanya akan dilakukan pada air buangan sisa pengolahan ikan pada PT. Yakin Pasifik Tuna.
2. Sistem pengolahan yang digunakan adalah metode fotokatalis menggunakan ZnO dan sinar UV A sebagai sumber penyinaran.
3. Penggunaan masa katalis ZnO yaitu 0,50, 0,75 dan 1 g dan waktu penyinaran selama 3, 4 dan 5 jam.
4. Untuk parameter limbah cair yang diamati yaitu pH, COD, dan TSS.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Limbah merupakan suatu benda yang mengandung zat yang berbahaya bagi kehidupan manusia, hewan serta lingkungan dan umumnya muncul karena perbuatan manusia termasuk industrialisasi (Marlina dkk., 2021). Buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga) dan biasanya dikenal dengan sebutan limbah. Keberadaannya pada suatu saat dan tempat tertentu tidak diinginkan bagi lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis (Faizah dkk., 2022). Limbah adalah sisa dari suatu usaha maupun kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun karena sifat, konsentrasi dan jumlahnya, baik yang secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Uliyandari dkk., 2021).

Limbah merupakan salah satu sumber utama pencemaran air yang berpotensi menimbulkan pencemaran dan berbahaya, khususnya limbah yang mengandung logam dan logam berat (Setiawan dkk., 2019 dan Kurnianingtyas dkk., 2020). Limbah cair merupakan sumber pencemaran air karena mengandung banyak seperti senyawa kimia dan mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan, sehingga sebelum dibuang ke lingkungan limbah cair harus diolah terlebih dahulu (Natsir dkk., 2021). Pencemaran pada air limbah berasal dari beberapa sumber, biasanya dari aktivitas manusia dan kemajuan teknologi. Tergantung dari sumbernya limbah memiliki komposisi yang berbeda-beda, tergantung dari bahan dan proses pengolahan (Afandi dkk., 2017). Air limbah cenderung mengandung zat-zat yang berbahaya bagi lingkungan. Pembuangan limbah yang mengandung zat beracun ke lingkungan perairan akan menimbulkan pencemaran. Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001, beban pencemar adalah banyaknya bahan pencemar yang ada dalam air atau air limbah (Pamungkas, 2016).

Secara umum yang disebut dengan limbah adalah sisa atau buangan yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, baik pada skala rumah tangga

industry, pertambangan, dan sebagainya. Bentuk limbah dapat berupa gas dan debu, cair atau padat. Limbah dibedakan menjadi tiga yaitu limbah organik, anorganik dan limbah B3 (Dewi dkk., 2020). Limbah organik atau limbah basah adalah limbah yang mudah terurai secara alami (*degradable*). Limbah anorganik adalah limbah yang tidak dapat terurai (*undegradable*) (Sundarta dkk., 2018). Sedangkan limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya) adalah limbah yang dalam konsentrasi tertentu dapat membahayakan kesehatan manusia maupun lingkungan (Rahmawati dan Kurniahu, 2017). Dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu, limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia (Enrico, 2019).

2.1.1 Limbah Cair

Limbah cair merupakan gabungan air dan bahan pencemar yang terbawa oleh air baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari berbagai sumber (Apriyani, 2018). Ciri-ciri yang terdapat pada limbah cair adalah merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada pada limbah. COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dengan cara kimia (Rachmanto dan Pebritama, 2021). pH (*power of hydrogen*) atau tingkat keasaman yaitu keadaan seberapa besar tingkat keasaman pada perairan (Pamungkas, 2016). TSS (*Total Suspended Solids*) adalah total padatan yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimum lebih besar dari ukuran partikel koloid (Afandi dkk., 2017).

Limbah cair dipastikan mengandung bahan organik berupa pati atau serat baik terlarut maupun partikel tersuspensi. Tingginya kandungan bahan organik bergantung pada efisiensi proses pengolahannya. Limbah cair industri yang dibuang ke lingkungan tanpa diolah maka air limbah akan berubah warna dan berbau busuk. Perubahan disebabkan terjadinya penguraian bahan organik pada kondisi septik dan kadar oksigen dalam genangan air tersebut menjadi nol. Air limbah dapat meresap ke dalam sumur maupun badan air (sungai) di sekitar tempat

tersebut. Sebagai akibatnya sumur dan sungai akan mengalami penurunan kualitas (Firdayati dan Handajani, 2012).

2.1.2. Limbah Padat

Menurut UU no 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, limbah padat didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Berdasarkan istilah lingkungan limbah padat merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Dengan demikian, limbah pada merupakan sisa/hasil kegiatan manusia, yang berbentuk organik dan anorganik yang dapat membahayakan lingkungan sehingga diperlukan pengelolaan dan pengolahan yang baik (Anggreni, 2012).

2.2 Limbah pengolahan Ikan

Limbah ikan merupakan hasil akhir dari pengolahan ikan yang berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat dan berpotensi merusak lingkungan sekitar bila terus dibiarkan tanpa ada penanganan yang serius untuk mengatasi limbah tersebut (Huwaidi dkk., 2021). Limbah ikan yang tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran bau yang menyengat, dikarenakan proses dekomposisi protein ikan. Penyebab timbulnya bau busuk pada ikan karena terjadi proses penguraian protein, ataupun hasil-hasil peruraian protein dalam proses autolysis serta substansi-substansi non nitrogen oleh bakteri. Proses ini menghasilkan pecahan-pecahan protein sederhana dan berbau busuk seperti ammonia, indol, skatol dan lain-lain (Harahap dan Thamrin, 2013). Meningkatnya produksi ikan akan diiringi dengan meningkatnya limbah ikan dari bagian-bagian ikan seperti kepala, tulang, sisik dan minyak ikan. Limbah dari sektor perikanan selain dihasilkan oleh Tempat pelelangan ikan juga dihasilkan oleh industri-industri yang bergerak di bidang pengolahan ikan (Putra dkk., 2020).

Urgensi penanganan dan pengelolaan limbah hasil industri bahwa hasil produksi menimbulkan limbah yang rentan terhadap lingkungan, baik berupa limbah cair, padat, atau bentuk limbah lainnya (Putra dkk., 2020). Proses utama dari

pengolahan ikan meliputi penerimaan produk, pemilahan (pemotongan daging ikan, pemfiletan, penghilangan sisik kulit, kepala dan isi perut), penimbangan, perendaman, dan proses lain seperti pengalengan serta pengemasan (Agustina dkk., 2016). Proses inilah yang menghasilkan limbah yang apabila dibuang langsung ke lingkungan menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan pesisir dan laut (Oktavia dkk., 2012).

2.2.1 Limbah cair pengolahan ikan

Pesatnya perkembangan industrialisasi di satu sisi dapat memenuhi kebutuhan penduduk, namun di sisi lain limbah industri yang dihasilkan akan menjadi ancaman serius, tidak hanya bagi kesehatan manusia, tetapi juga bagi lingkungan dan ekosistem alam. Hal ini disebabkan jika limbah berbahaya dibuang langsung ke lingkungan tanpa ada pengolahan (Agasti, 2021 dan Kumari, 2019). Karakteristik yang terdapat pada limbah cair yang ditangani secara langsung dapat menimbulkan ancaman bagi lingkungan (Saravanan dan Sasikumar, 2020). Limbah saat ini banyak mengandung logam berat dan senyawa organik. Dengan meningkatnya jumlah pencemaran, limbah menjadi isu penting bagi masyarakat dan pemerintah Indonesia yang perlu ditanggapi secara serius (Endro dan Sri, 2010 dan Purbandini dan Haris, 2018).

Industri pengolahan ikan merupakan salah satu industri yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya, sehingga potensi timbul limbahnya sangat besar (Yuliasni dkk., 2019). Limbah yang dihasilkan dari pengolahan ikan masih cukup tinggi, limbah cair yang timbul dari pengolahan ikan dapat berasal dari proses pencucian ikan yang masih mengandung karbohidrat, protein, garam mineral, lemak, pelarut dan residu kimia yang digunakan dalam proses pengolahan dan pembersihan ikan. (Agustina dkk., 2016; Marlina dkk., 2021). Pada umumnya pada air limbah industri mengandung ion anorganik dan organik (Sali, dkk., 2018). Bahan organik terlarut dan tersuspensi dalam air limbah pengolahan ikan biasa sangat tinggi karena meningkatnya BOD dan COD, selain itu juga dapat meningkatkan kandungan lemak dan minyak pada limbah (Oktavia dkk., 2012).

Limbah pengolahan ikan juga dapat mempengaruhi ekosistem dengan merusak komponen kimia alami dan mata rantai makanan (Gavva dkk., 2020).

2.2.2 Limbah padat pengolahan ikan

Limbah padat pengolahan ikan umumnya adalah bahan-bahan organik seperti protein, lemak, mineral, karbohidrat, serat kasar, dan air. Bahan-bahan ini mudah terdegradasi secara biologis dan menyebabkan pencemaran lingkungan, terutama dapat bau menyengat (Hendrik, n.d.). Limbah ikan yang berupa padatan dapat terkontaminasi mikroorganisme pembusuk, menyebabkan masalah bau dan dalam jumlah banyak dapat menimbulkan permasalahan tempat dan sarana penampungan limbah (Safitri, 2014).

2.3 Dampak Bahaya Limbah Pengolahan Ikan

Industri pengolahan ikan disamping memberikan peningkatan kesejahteraan masyarakat dan pendapatan ekonomi, juga menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya. Salah satu dampak negatif yang telah menjadi sorotan masyarakat luas adalah timbulnya pencemaran terhadap lingkungan sekitarnya (Safitri, 2014). Produksi ikan global mencapai 171 ton pada tahun 2016. Limbah ikan mewakili 25-50% dari total produksi dan merupakan sumber nutrisi yang murah. Akibat pembuangan limbah industri perikanan yang kurang tepat, hal ini menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan (De dkk., 2020). Air limbah yang mengalir langsung ke sungai atau sistem luapan di daerah tersebut akan menjadi sumber pencemaran air jika sistem pengolahannya tidak sesuai (Syukor dkk., 2021). Limbah perairan, khususnya limbah cair hasil pengolahan ikan, sering kali dibuang ke lingkungan, seperti sungai. Limbah yang diolah secara langsung dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan seperti tumbuhnya tanaman yang merugikan, bersifat racun bagi organisme perairan, menurunkan konsentrasi DO (*dissolved oxygen*) dalam air, menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia dan menimbulkan bau yang tidak sedap (Pamungkas, 2016).

Limbah ikan telah menjadi salah satu masalah potensial dengan potensi kerusakan lingkungan yang besar. Berdasarkan kandungan air limbah cair industri

pengolahan ikan, seperti kandungan senyawa organik yang tinggi yaitu BOD, COD, nitrogen, minyak, lemak dan garam dapat menimbulkan ancaman bagi kesehatan manusia dan tentunya berpotensi mencemari lingkungan (Kurniasih dkk., 2018). Tingginya BOD disebabkan oleh fakta bahwa air limbah pengolahan ikan mengandung darah, jaringan dan protein terlarut (Precious dan Angeline, 2011). Selain itu, lemak yang tidak larut dalam air menyebabkan limbah yang mengandung lemak berdampak signifikan terhadap pencemaran dan gangguan ekosistem perairan (Oktavia dkk., 2021). Nutrien dalam limbah akan memicu tumbuhnya racun seperti *Chlorella sp* (Saragih dkk., 2018). Konsentrasi bahan pencemar yang melebihi ambang batas akan menimbulkan gangguan antropogenik yang dapat mengakibatkan perubahan pada sifat fisik, kimia dan biologi pada badan air (Bilotta dan Brazier, 2008).

2.4 Metode Fotodegradasi

Fotodegradasi adalah suatu proses perubahan/pemecahan senyawa organik dengan bantuan energi foton (Apriyanti dan Asri, 2022). Prinsip fotodegradasi adalah adanya perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor jika dikenai energi foton. Perpindahan elektron ini yang akan menyebabkan timbulnya *hole* (lubang electron) yang dapat berinteraksi dengan pelarut (air) dan akan membentuk radikal OH yang bersifat aktif dan mampu menguraikan senyawa organik (I. Fatimah dan Wijaya, 2005). Metode fotodegradasi akan menyebabkan zat organik terurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan lebih ramah lingkungan (Supriyanto dkk., 2021). Banyak metode yang telah digunakan untuk mengolah limbah cair, namun masih banyak kelemahan yang menjadi alasan dikembangkannya fotodegradasi limbah (Setiyawati dkk., 2020).

Fotodegradasi dalam prosesnya menggunakan energi yang berasal dari cahaya (sinar matahari atau lampu UV) untuk mengaktifkan proses katalis pada permukaan dari bahan semikonduktor yang akan menghasilkan radikal hidroksil (OH⁻) pendegradasi polutan organik (Riskiani dkk., 2019). Metode fotodegradasi merupakan metode yang relatif murah dan mudah diterapkan. Radikal hidroksil

yang terbentuk pada proses fotodegradasi memiliki reaktifitas tinggi dalam mengoksidasi reagen sehingga dengan meningkatnya jumlah radikal hidroksil maka semakin banyak bahan organik yang terdegradasi (PratiwiI, 2022).

2.5 Metode Fotokatalis

Fotokatalis merupakan salah satu metode yang ekonomis, menggunakan bantuan cahaya atau energi matahari yang juga telah diakui sebagai cara yang paling efisien karena terjangkau (Zinatloo dkk., 2020). fotokatalis menunjukkan jumlah materi yang terdekomposisi per luas fotokatalis persatuan waktu, serta mampu mengurai cairan maupun gas (Haryati dkk., 2014). Reaksi fotokatalis memiliki sistem yang luas, salah satunya untuk penguraian limbah organik cair (Kurniatun dkk., 2012). Fotokatalis juga mampu dalam mengolah limbah yang mengandung logam berat. Mampu mendegradasi senyawa organik secara fotosintesis, kemudian membentuk radikal hidroksil, akan mengurangi pencemaran senyawa organik dan anorganik serta semua polutan di dalam air (Nurhasanah dkk., 2018 dan Eddy dkk., 2014).

Metode fotokatalis merupakan kombinasi dari fotokimia dan katalis yang dapat menginduksi reaksi transformasi kimia dengan menggunakan cahaya sebagai pemicunya (Agung dan Darmawan, 2020; Riyani dkk., 2015). Proses fotokatalis diawali dengan penyerapan sinar ultraviolet (UV) kemudian energi yang dihasilkan membentuk pasangan elektron *hole* (h^+) pada permukaan katalis bila diinduksi dengan energi foton (cahaya) yang sesuai (Fauzi dan Tuhi Agung, 2018 dan Hartoyo dkk., 2013). Fotokatalis akan memulai reaksi ketika menerima cahaya, proses ini dimulai dengan energi foton yang berasal dari sinar UV dan sumber cahaya akan mempengaruhi aktivitas fotokatalis (Rahma, 2018 dan Jati dan Aviandharie, 2015).

Sebagian besar fotokatalis berbasis logam, digunakan di bawah penerangan dari sumber cahaya (Athira dkk., 2021). Fotokatalis adalah teknik yang menjanjikan untuk memecahkan berbagai masalah lingkungan, seperti pengurangan CO₂ (karbon dioksida), pengolahan air limbah, produksi energi hijau, dan aplikasi medis (Raza dkk., 2021). Keuntungan utama dari fotokatalis ini adalah dapat

menguraikan secara sempurna polutan dari bahan organik menjadi tidak berbahaya karena produk akhir dari proses adalah CO_2 dan H_2O , dan sekaligus mengkondensasikan radiasi sinar matahari sebagai sumber energi untuk mencapai degradasi (Cani dkk., 2021 dan Vaiano dkk., 2018).

Fotokatalis memiliki potensi yang besar untuk mendekomposisi limbah menggunakan cahaya (Ma dkk., 2021). Fotokatalis dapat terjadi jika elektron dan *hole* yang terfotoeksitasi dapat bermigrasi ke permukaan fotokatalis (Chiang dan Lin, 2013). Oksidasi fotokatalis didasarkan pada penggunaan semikonduktor, seperti ZnO, dan digerakkan oleh sinar UV (Saucedo dan Arriaga, 2015 dan Anandan dkk., 2010). Fotokatalis yang berbasis ZnO berguna bagi H_2 dan CO_2 dalam produksi pengurangan dan degradasi polutan berbahaya (Chang dkk., 2021). Signifikan foto aktifnya antara 500-700 nm dikaitkan dengan logam-isolator semikonduktor (Li dkk., 2020). Kriteria penting pada sistem fotokatalitik meliputi celah pita yang diinginkan, luas permukaan yang stabil, morfologi yang sesuai dan dapat digunakan kembali (Roy dan Chakraborty, 2020). Apabila fotokatalis disinari dengan panjang gelombang 100-400 nm dapat merangsang elektron dari pita valensi menuju pita konduksi (Nugroho dan Fajriati, 2017).

2.6 Seng Oksida (ZnO)

Seng oksida (ZnO) merupakan bahan anorganik berbentuk serbuk, yang sulit larut dalam air tetapi mudah larut dalam larutan asam dan basa (Timah dkk., 2020 dan Romadhan dkk., 2016). ZnO merupakan material yang unik karena memiliki sifat ganda yaitu semikonduktor, piezoelektrik, dan termoelektrik (Wang, 2004). Bahan seng oksida, juga dikenal sebagai ZnO, adalah semikonduktor oksida dengan celah pita energi 3,2 eV yang berada pada suhu kamar. Sehingga dengan energi pita ini dapat menyerap cahaya dengan panjang gelombang di bawah 400 nm (Sutanto dkk., 2013; Bemis dan Nurjanah, 2019 dan Kurniatun dkk., 2012). Diantara banyak oksida logam, partikel ZnO memiliki mobilitas elektron yang tinggi, energi ikat eksiton yang besar, celah pita yang lebar, dan transmitansi optik yang tinggi (Jayachandran dkk., 2021).



Gambar 2.1 Serbuk ZnO

Sumber: Dokumen Pribadi

2.7 ZnO sebagai Semikonduktor Fotokatalis

Bahan seng oksida atau dikenal dengan ZnO merupakan semikonduktor oksida dengan celah pita energi 3,2 eV (elektronvolt) sehingga dapat digunakan sebagai fotokatalis (Sutanto dkk., 2013 dan Bemis dan Nurjanah, 2019). Fotokatalis ZnO umumnya digunakan karena fotosensitifitas yang tinggi, karakteristik mekanik yang sangat baik, biaya rendah, dan tidak membahayakan lingkungan (Hakim dan Haris, 2016 dan Oktaviani dan Haris, 2016). Lebih lanjut, penggunaan ZnO dinilai lebih efisien dibandingkan dengan bahan semikonduktor lainnya (Raganata dkk., 2019 dan Kamea dkk., 2018). Berbagai cara telah dilakukan untuk meningkatkan katalis, salah satunya dengan penambahan zat doping logam, seperti logam Zn dalam bentuk oksidanya yaitu ZnO (Fatimah dan Haris, 2014). Penggunaan ZnO sebagai fotokatalis dapat ditingkatkan, dan penggunaan energinya mencapai empat kali lipat, dan pada saat yang sama, kemampuannya dalam menyerap spektrum dan kuantum sinar matahari dibandingkan dengan zat lain (Dini, 2019 dan Darajat dkk., 2015).

Fotokatalis dengan menggunakan semikonduktor menempati tempat penting di antara berbagai metode oksidasi canggih untuk pengolahan air limbah (Yang dkk., 2019). Salah satu oksidan logam seperti Zn banyak digunakan sebagai semikonduktor karena memenuhi kriteria untuk fotokatalis yang memenuhi syarat (Josephine dkk., 2015). Semikonduktor ini tentunya banyak digunakan tentunya

karena lebih efisien, memiliki daya serap yang lebih baik. Banyak penelitian yang telah dilakukan menggunakan ZnO sebagai fotokatalis karena mudah dibuat dan biaya yang relatif murah (Natori dkk., 2009). ZnO memiliki kinerja fotokatalitik yang berada pada daerah sinar UV (Sanjaya, 2018). Oksidasi heterogen dari logam seperti ZnO berpotensi untuk menurunkan kadar senyawa organik dan media air menggunakan sinar UV (Juhra dan Notodarmojo, 2018). Sifat-sifat yang dimiliki ZnO penting untuk menghilangkan anion logam berat organik atau anorganik dan untuk degradasi warna. Nanopartikel ZnO juga telah terbukti menjadi fotokatalis yang efektif untuk degradasi polutan farmasi (Kar dkk., 2020 dan Mirgane dkk., 2021). Celah pita ZnO yang lebar membutuhkan radiasi UV berdaya tinggi untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, tetapi celah pita yang lebar berarti hanya menyerap sinar UV, menghasilkan kuantum rendah yang efisien (Nasir dkk., 2020 dan Thi dan Lee, 2017).

Secara khusus, ZnO telah menarik banyak perhatian mengenai degradasi berbagai polutan karena sensitivitas cahaya yang tinggi, stabilitas dan pita lebar (Lin dkk., 2014). Fotokatalis ZnO menunjukkan stabilitas fisikokimia dan fotonik, toksisitas rendah dan juga murah (Senasu dkk., 2021). ZnO merupakan senyawa semikonduktor oksida tipe-n senyawa IIVI, modifikasi bahan ZnO dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik (Qi dan Yu, 2020; Ong dkk., 2018 dan Ali dkk., 2014). Strategi fotokatalis menggunakan UV/ZnO ini diterima dengan baik, terutama untuk pengolahan air limbah domestik (Ng dkk., 2021). ZnO telah diuji dalam degradasi beberapa larutan pewarna dalam larutan berair, serta banyak polutan, dalam banyak kasus ZnO telah terbukti lebih efektif (Jaramillo dkk., 2018). Seng oksida dapat diubah menjadi seng karbonat dasar dan seng karboksil larut melalui proses fotokatalitik (Yang dkk., 2019).

2.8 Baku Mutu Limbah Pengolahan Ikan

Baku mutu air limbah pengolahan ikan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 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 Pencemar (Kg/ton)			Kadar (mg/L)	Beban Pencemar (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	0,01	0,03	0,02	1	0,012
Ammonia	10	0,1	0,3	0,15	5	0,075	0,15	0,1	5	0,06
Klor Bebas	1	0,01	0,03	0,01	1	0,01	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	0,22	15	0,225	0,45	0,3	15	0,18
Kuantitas Air Limbah (m ³ /ton)		10	30	15		15	30	20		12

(Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan Yang Melakukan Satu Jenis Pengolahan).

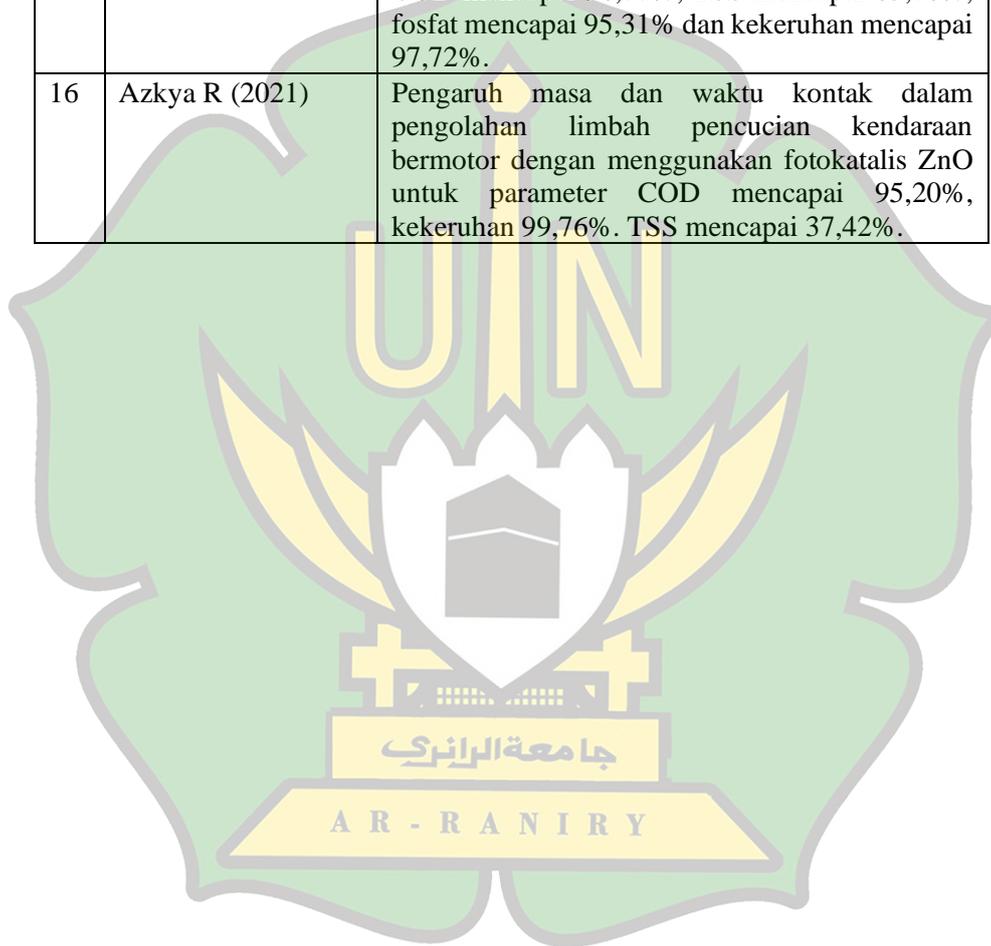
2.9 Penelitian Terdahulu Terkait Metode Fotodegradasi

Tabel 2.2 Penelitian pendahuluan

No	Nama Penulis dan Tahun	Hasil Penelitian
1	Widiyanti, A., dkk (2021)	Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa konsentrasi TSS, TDS dan BOD terbaik terdapat pada tangki reaksi dengan 10 tumbuhan untuk meningkatkan kualitas limbah cair bekas cucian ikan. Hari reduksi terbaik diperoleh pada hari ketiga dengan puncak pada 1.454 ppm TSD, 225 mg/L TSS dan 512,2 mg/L BOD.
2	Pamungkas (2016)	Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa industri perikanan baik di pasar tradisional maupun pasar modern memiliki potensi tinggi pencemaran air yang tinggi karena sebagian besar konsentrasi BOD melebihi baku mutu.
3	Agustina, dkk (2016)	Untuk efektivitas drip filter dalam menurunkan BOD, COD dan TSS, kadar minyak dan lemak tertinggi diperoleh pada limbah pengolahan ikan sebagai sumber mikroorganisme pada sirkulasi vena, masing-masing 87%, 50%, dan 59,57%, 91,85 dan 88,56%.
4	Oktavia, L., dkk (2019)	Selama 5 hari pengamatan eksperimental, diperoleh hasil yang signifikan pada penurunan kadar BOD pada air limbah pencucian ikan, dimana efisiensi reaktor adalah 95,58% pada media zeolit dengan laju alir 10 L/hari dan efisiensi penyisihan bahan organik. Penggunaan zeolit di atas kerikil, meskipun efisiensi penyisihan rata-rata sekitar 90%.
5	Yuliasni, R., dkk. (2019)	Hasil pengujian pengolahan air limbah pada instalasi pengolahan air limbah dengan UASB anaerob menunjukkan penurunan COD rata-rata sebesar 72,3% dengan penurunan terbesar mencapai 95%, dan penurunan COD pada rata-rata proses lahan basah rata-rata 52,9% dengan penurunan terbesar mencapai 78,22%
6	Aditya H, dkk (2012).	Fotokatalis ZnO-TiO ₂ dapat disintesis sesuai dengan analisis yang menunjukkan bahwa konsentrasi ditemukan pada $2\theta = 62.8740$ dan TiO ₂ ditemukan pada $2\theta = 62.8740$ dan $2\theta = 25.1200$; 25.3080; 27.5400 dan 32.1800 dengan energi celah pita sebesar 3,602 eV. Waktu kontak optimal fotokatalis ZnO-TiO ₂ dengan zat warna pada limbah cair industri pencelupan tekstil adalah 3,0144 dengan persentase reduksi COD sebesar 93,5% yang merupakan inaktivator sebenarnya.

7	Permata G, dkk (2016).	Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ZnO hasil sintesis yang dikarakterisasi dengan XRD memiliki struktur wurtzite heksagonal dengan ukuran kristal 28,05 nm. Kondisi optimal untuk reaksi degradasi fotokatalitik fenol dengan fotokatalis ZnO adalah pada pH optimal 8. Jumlah fotokatalis ZnO yang optimal adalah 40 mg dan waktu penyinaran yang optimal adalah 8 jam.
8	Priantoro B dan Agung T (2020).	Sinar UV cocok untuk digunakan pada mekanisme fotokatalis. Sinar UV lebih besar dari energi celah pita sebesar (4,43 – 12,4 eV). pH naik menjadi 7,5 pada suhu 38° C dan mengalami perubahan warna. Sedangkan pada suhu 35°C pH sebesar 7,4 dan perubahan warna.
9	Wahyono RA (2021).	Hasil uji fotokatalis N-ZnO doping N sebesar 5% terhadap limbah pewarna batik menghasilkan persentase redaman tertinggi sebesar 11,83% dari kondisi awal selama 12 jam, COD sebesar 6,12% dan BOD sebesar 6,40%.
10	Naa O, dkk (2013)	ZnO memiliki aktivitas fotokatalitik yang lebih baik dibandingkan Na-magadite untuk fotodegradasi produk metil orange, karena selain metilen biru selain terjadi proses fotokatalitik juga terjadi proses adsorpsi, dan ZnO/Magadiite yang diiradiasi dengan penyinaran menghasilkan hasil fotodegradasi yang lebih baik dibandingkan metilen biru tanpa iradiasi.
11	Raganata T, dkk (2019)	Nanopartikel ZnO dapat disintesis dengan metode kopresipitasi dengan berat 0,3489. Aktivitas fotokatalitik ZnO dan degradasi <i>methylene blue</i> semakin meningkat dengan bertambahnya waktu penyinaran.
12	Riyani K, dkk (2014)	Penambahan logam Zn pada TiO ₂ dapat mengurangi energi celah pita fotokatalis. Aktivitas fotokatalis untuk produksi metanol dipengaruhi oleh perbandingan mol TiO ₂ : Zn serta pH limbah cair yang digunakan. Rasio molar TiO ₂ : Logam yang optimal adalah 98 : 2. pH optimal limbah cair organik adalah pH 2.
13	Darajat S dkk (2008)	Fotodegradasi senyawa metilen biru dalam larutan air oleh sumber cahaya lampu Merkuri ($\lambda = 365 \text{ nm}$) dapat meningkatkan efisiensi waktu dan penggunaan sumber energinya hingga mencapai empat kali lipat apabila ZnO digunakan sebagai fotokatalis.
14	Amri H dkk (2021)	Larutan fenol 25 ppm memiliki panjang gelombang 270 nm. Nilai degradasi tertinggi fenol menggunakan metode fotolisis ditemukan 44,82%.

15	Arsa (2022)	Penggunaan metode saringan bertingkat dan fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO_2 efektif terhadap penurunan serta degradasi dari limbah cair domestik. Nilai efektivitas proses degradasi COD mencapai 95,87%, TSS mencapai 94,67%, kekeruhan mencapai 94,61%, dan <i>total coliform</i> 99,58%.
15	Risma (2022)	Lama waktu kontak dan massa nanopartikel $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ berpengaruh terhadap efektivitas proses fotodegradasi. Nilai perubahan pH menjadi 7,80, COD mencapai 96,77%, TSS mencapai 83,78%, fosfat mencapai 95,31% dan kekeruhan mencapai 97,72%.
16	Azky R (2021)	Pengaruh masa dan waktu kontak dalam pengolahan limbah pencucian kendaraan bermotor dengan menggunakan fotokatalis ZnO untuk parameter COD mencapai 95,20%, kekeruhan 99,76%. TSS mencapai 37,42%.



BAB III

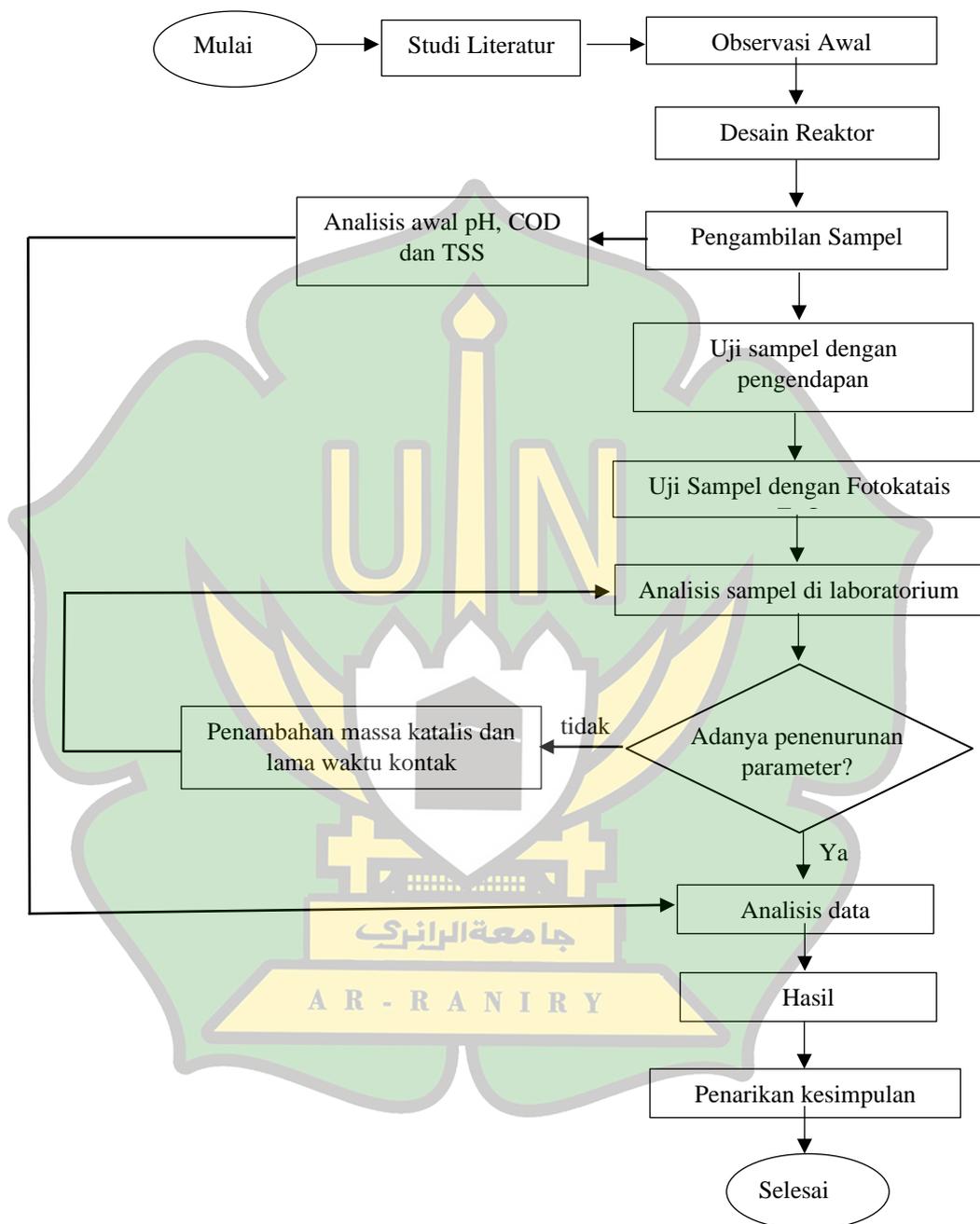
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Tahapan penelitian secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan yang dapat dijelaskan secara detail, yaitu sebagai berikut:

1. Tahapan studi literatur. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui informasi yang bertujuan untuk menambah wawasan dan meningkatkan pemahaman dan mengumpulkan data terkait dengan penelitian yang dilakukan.
2. Tahap observasi awal. Tahapan ini merupakan kegiatan yang dilakukan dengan mengunjungi lokasi yang menjadi tempat pengambilan sampel yaitu salah satu industri pengolahan ikan yang ada di Kota Banda Aceh.
3. Tahap desain reaktor. Tahapan ini berupa kegiatan desain rangkaian reaktor yang digunakan pada eksperimen.
4. Pada tahap pengambilan sampel. Sampel limbah diambil dari industri pengolahan ikan yang berlokasi di jln. Sisingamangaraja, No. ujung, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh. Kemudian dilakukan analisis awal untuk parameter pH, COD dan TSS.
5. Tahap pengujian sampel dengan pengendapan. Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter setelah dilakukan perlakuan dengan menggunakan pengendapan.
6. Tahapan analisis sampel dengan fotodegradasi menggunakan fotokatalis ZnO.
7. Tahapan analisis data dan hasil, tahap ini dilakukan setelah semua langkah analisis data selesai, data yang telah diperoleh kemudian dianalisis agar menjadi informasi sehingga data tersebut bisa dipahami, dan menjadi informasi yang selanjutnya dapat digunakan untuk menarik kesimpulan
8. Tahapan penarikan kesimpulan, yaitu menjawab beberapa persen efisiensi metode fotokatalis menggunakan ZnO dapat mengolah limbah cair pengolahan ikan agar sesuai standar baku mutu yang berlaku.

Tahapan umum penelitian diperlukan untuk mempermudah dalam pelaksanaan proses analisis.



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan umum penelitian

3.2 Limbah yang Diolah

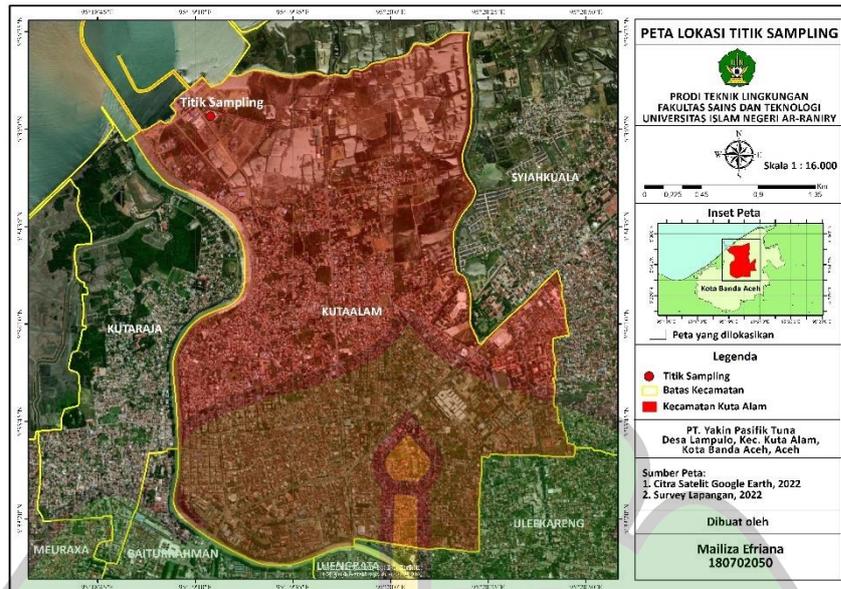
3.2.1 Lokasi pengambilan limbah

Proses observasi dan pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan di salah satu industri pengolahan ikan yaitu PT Yakin Pasifik Tuna yang berlokasi di Jln Sisingamangaraja No. Ujung, Lampulo, Kuta Alam, Banda Aceh. PT yakin Pasifik Tuna merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan ikan, khususnya ikan tuna dan ikan cakalang segar. Perusahaan yang resmi berdiri pada tahun 2017 ini memasarkan produknya ke dalam negeri dan juga ekspor produk ke luar negara yaitu Jepang, Brunei dan Singapura. Produk yang dihasilkan adalah ikan tuna, ikan cakalang dan ikan segar yang diminta khusus untuk diproduksi. Lokasi ini dipilih karena limbah yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan ikan hanya dilakukan pengolahan pada bak filtrasi dan dibuang langsung ke badan air. Oleh karena itu, dapat menyebabkan pencemaran pada lokasi pembuangan dan dapat menyebabkan bau yang tidak sedap. Jika tidak ditangani, bau yang ditimbulkan akan berdampak buruk bagi lingkungan dan warga sekitar.



Gambar 3.2 Titik lokasi pengambilan sampel

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022



Gambar 3.3 Peta lokasi pengambilan sampel

Sumber: Google Earth dan Qgis 2022

2.2.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel yang dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan sampel sesaat (*grab sample*) berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 689.59-2008, dengan tahapan sebagai berikut:

1. Sampel limbah cair diambil pada tempat pengolahan ikan pada pukul 10.00 – 11.00 WIB. Waktu ini dipilih karena operasi pengolahan ikan dilakukan pada waktu tersebut.
2. Sampel ditampung dan kemudian dimasukkan ke dalam sebuah jerigen 10 L. Kategori ini disesuaikan dengan SNI 6989.59-2008.

3.3 Hasil Uji Pendahuluan

Hasil uji pendahuluan pada limbah pengolahan ikan PT. Yakin Pasifik Tuna adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 hasil uji awal pada limbah cair pengolahan ikan

No	Parameter	Sebelum Filtrasi	Setelah Filtrasi	Baku Mutu	Unit
1	COD	408	316	200	mg/L
2	TSS	251	207	100	mg/L
3	pH	6,8	7,1	6-9	-

Sumber: Data Pribadi

3.4 Eksperimen

3.4.1 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam eksperimen ini dapat dilihat pada tabel berikut:

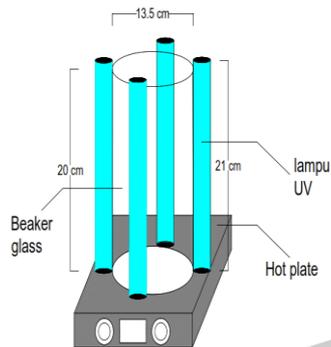
Tabel 3.2 Alat dan bahan penelitian

No	Alat dan Bahan	Jumlah	Satuan	Kegunaan
1.	Limbah cair pengolahan ikan	1	Liter	Sampel yang akan diuji
2.	Serbuk ZnO	6,75	Gram	Sebagai semikonduktor fotokatalis
3.	Beaker glass 2 Liter	1	Buah	Sebagai media sampel
4.	Lampu UV	1	Buah	Sebagai sumber penyinaran
5.	Hot plate	1	Buah	Memanaskan dan mengaduk sampel
6.	Magnetic stirrer	1	Buah	Menghomogenkan
7.	Aquades	5	Liter	pelarut
8.	Kertas saring	12	Lembar	Pengujian TSS
9.	Kertas label	12	Lembar	Penanda sampel
10.	Asam Sulfat	100	ml	Reagent COD
11.	Kalium dikromat	50	ml	Reagent COD

Sumber: Data Pribadi

3.4.2 Desain Reaktor Fotokatalis

Perancangan dan pembuatan alat pengolahan limbah cair dengan metode fotokatalis dimulai dari tahap desain alat proses dan tahap perancangan alat proses. Reaktor fotokatalis menggunakan *Beaker Glass* 2 L. Reaktor ini dilengkapi 4 lampu UV dengan panjang masing-masing 21 cm. Di dalamnya terdapat *magnetic stirrer* dengan ukuran 17×16 cm dan *hot plate*.



Gambar 3.4 Reaktor Fotokatalis

3.4.3 Desain Eksperimen

a. Variabel Penelitian

1. Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang akan mempengaruhi perubahan atau variabel yang mampu untuk dimanipulasi agar dapat menentukan antara perubahan yang akan diamati. Pada penelitian ini yang akan menjadi variabel bebasnya adalah perbedaan dosis ZnO yang ditambahkan pada proses fotokatalis dan variasi waktu kontak.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah faktor-faktor yang diamati dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variasi bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yakni limbah cair pengolahan ikan dan konsentrasi penurunan kadar pH, COD dan TSS

3.4.4 Prosedur Eksperimen

a. Pemilihan waktu pengendapan optimum

1. Sampel limbah cair pengolahan ikan dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1 L.
2. Sampel limbah cair pengolahan ikan endapkan selama 4 jam.
3. Dilakukan pengecekan terhadap parameter pH, COD, dan TSS.

b. Eksperimen Fotokatalis ZnO

1. Sampel dimasukkan sebanyak 1 L ke dalam tabung reaktor.

2. ZnO ditambahkan ke dalam sampel dengan varian 0,50, 0,75 dan 1 g.
3. Sampel dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*.
4. Sampel disinari menggunakan sinar UV dengan variabel waktu 3, 4, dan 5 jam.
5. *Beaker Glass* dikeluarkan dan dilakukan pengendapan.
6. Setelah sampel melewati proses fotokatalis, dilakukan pengecekan parameter pH, COD, TSS (Jayadi dkk., 2014).

3.5 Pengukuran parameter

1. Pengukuran pH

- a. Elektroda dikeringkan menggunakan kertas tissue, dan dicuci dengan air suling.
- b. Elektroda dicuci dengan sampel uji.
- c. Kemudian elektroda dicelupkan kedalam sampel sampai pembacaan konstan ditampilkan.
- d. Skala atau pembacaan angka ada pH meter ditampilkan dan dicatat (SNI 06-6989.11-2004).

2. Pengukuran COD

- a. Sampel diambil sebanyak 2,5 mL menggunakan pipet. Sampel dimasukkan ke dalam tabung COD yang sudah dibilas dengan H_2SO_4 .
- b. Larutan digesti (campuran dari $K_2Cr_2O_7$ dan H_2SO_4) ditambahkan sebanyak 1,5 mL. Tambahkan 3,5 mL larutan H_2SO_4 sehingga larutan menjadi warna kuning. Tutup tabung dengan rapat dan homogenkan.
- c. Tabung dimasukkan ke dalam termoreaktor COD. Panaskan dengan suhu $150^{\circ}C$. Tabung diamkan dalam termorekator selama 2 jam.
- d. Tabung COD didinginkan, kemudian dilakukan pengukuran menggunakan COD meter) (SNI 06-6989.3-2004).

3. Pengukuran TSS

- a. Kertas saring whatman nomor 42 dicuci menggunakan aquades, kertas saring dibiarkan mengering.
- b. Kertas saring dipindahkan ke wadah timbangan sebagai penyangga.

- c. Kertas saring dikeringkan di oven selama 1 jam dengan suhu 105⁰C
- d. Kertas saring didinginkan didalam desikator, lalu ditimbang.
- e. Tahapan pengeringan, pendinginan dan penimbangan diulang sampai berat konstan.

Nilai TSS dari sampel dapat dihitung dengan persamaan 3.1.

$$\text{TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji.mL}} \dots\dots\dots 3.1$$

Dengan:

A : berat kertas saring + residu kering (mg)

B : berat kertas saring (mg) (SNI 06-6989.3-2004)

3.6 Analisis Data

3.6.1 Efektivitas

Tahap analisis data yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui persentase penurunan beban pencemar pada limbah cair pengolahan ikan dari masing-masing parameter yang telah diuji pada sebelum dan sesudah dilakukannya pengolahan dengan menggunakan fotodegradasi ZnO. Untuk mencari efektivitas proses fotokatalis digunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Efektivitas} = \frac{\text{kadar awal} - \text{kadar akhir}}{\text{kadar awal}} \times 100 \dots\dots\dots 3.2$$

3.6.2 Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan pada eksperimen ini yaitu *software* untuk melakukan pengolahan data dan menganalisis data. SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) adalah *software* atau program yang digunakan untuk melakukan analisis statistika tingkat lanjut, analisis data dengan menggunakan algoritma *machine learning*, analisis string, serta analisis *big data* yang dapat diintegrasikan untuk platform dan analisis. SPSS merupakan bagian integral proses analisa, SPSS dapat mengetahui nilai rata-rata, simpangan baku, skor terkecil, ataupun skor terbesar dari data yang dimiliki (Janna dan Herianto, 2021).

Uji t adalah salah satu uji statistik untuk menguji kebenaran hipotesis yang dilakukan dalam membedakan rata-rata pada dua populasi. Uji t merupakan salah satu uji statistik yang secara umum membandingkan nilai t hitung dengan t tabel. Uji dapat dipergunakan untuk menguji hipotesis berdasarkan nilai t yang diperoleh dari perhitungan statistik (T hitung) lalu dibandingkan dengan nilai t yang terdapat pada tabel (T tabel) (Soeprajogo dan Ratnaningsih, 2020).



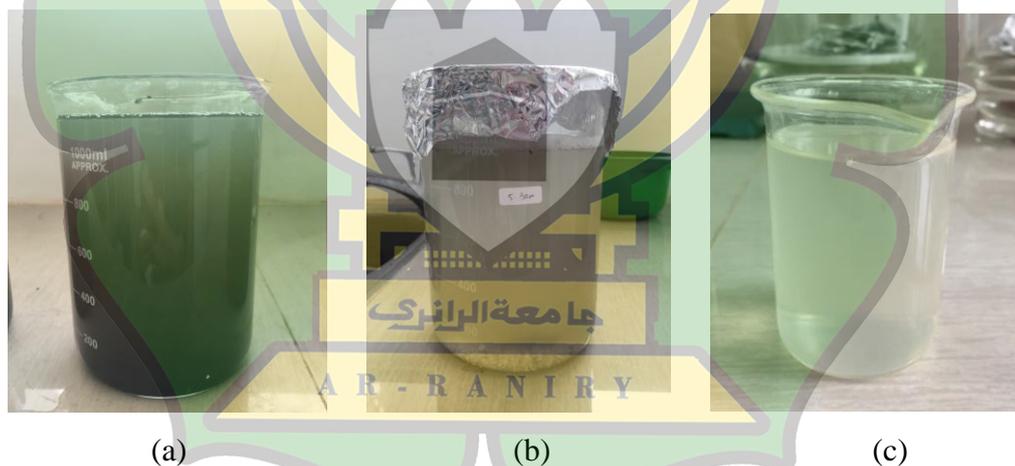
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Limbah cair pengolahan ikan yang telah diolah menggunakan metode fotodegradasi menggunakan katalis ZnO mengalami degradasi terhadap parameter pH, COD, dan TSS. Penurunan terhadap parameter tersebut sebelum dan sesudah pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Perubahan fisik yang terjadi pada limbah cair pengolahan ikan sebelum eksperimen menunjukkan warna yang keruh dan pekat. Setelah eksperimen dengan fotokatalis ZnO warna limbah pengolahan ikan menjadi lebih jernih. Gambar 4.1 menunjukkan kenampakan fisik limbah cair pengolahan ikan (a) sebelum eksperimen, (b) setelah proses fotokatalis dan (c) setelah diendapkan.



Gambar 4.1 Limbah pengolahan ikan (a) sebelum eksperimen, (b) setelah pengendapan dan (c) setelah proses Fotokatalis

Tabel 4.1 Hasil analisis parameter COD, TSS, pH pada limbah cair pengolahan ikan di PT. Yakin Pasifik Tuna, Kecamatan Kuta Alam, Kota Banda Aceh

Variasi Eksperimen		pH				COD (mg/L)					TSS (mg/L)				
Waktu Kontak (jam)	Massa Katalis (gram)	Baku Mutu	Hasil pengukuran awal (sebelum pengendapan)	Hasil pengukuran setelah pengendapan	Hasil pengukuran setelah Fotokatalis	Baku Mutu	Hasil pengukuran awal (sebelum pengendapan)	Hasil pengukuran setelah pengendapan	Hasil pengukuran setelah fotokatalis	Efektivitas Fotokatalis (%)	Baku Mutu	Hasil pengukuran awal (sebelum pengendapan)	Hasil pengukuran setelah pengendapan	Hasil pengukuran setelah Fotokatalis	Efektivitas fotokatalis (%)
3	0,0	6-9	6,8	6,8	7,6	200	424	386	455	15,16	100	443	224	212	5,36
4	0,0				7,7				351	9,07				210	6,26
5	0,0				7,8				345	10,62				206	8,04
3	0,50				7,5				310	19,69				178	20,54
	0,75				7,2				248	35,75				138	38,39
	1,0				7,1				211	45,34				113	49,55
4	0,5				7,9				245	36,53				107	52,23
	0,75				7,7				198	48,70				97	56,70
	1,0				7,7				134	65,28				93	58,48
5	0,5				7,9				185	52,07				82	63,39
	0,75				7,8				129	66,58				57	74,55
	1,0				8				117	69,69				41	81,70

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil analisis awal parameter limbah cair telah melewati baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PERMEN LHK) Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode fotodegradasi dengan variasi massa katalis 0,50, 0,75, dan 1 g dengan variasi waktu 3, 4, dan 5 jam. Parameter limbah cair pengolahan ikan mengalami penurunan dan telah mencukupi standar baku mutu yang telah ditetapkan PERMEN LHK Nomor 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Air limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Hasil Perikanan Yang Melakukan Satu Jenis Kegiatan Pengolahan.

4.2 Pembahasan

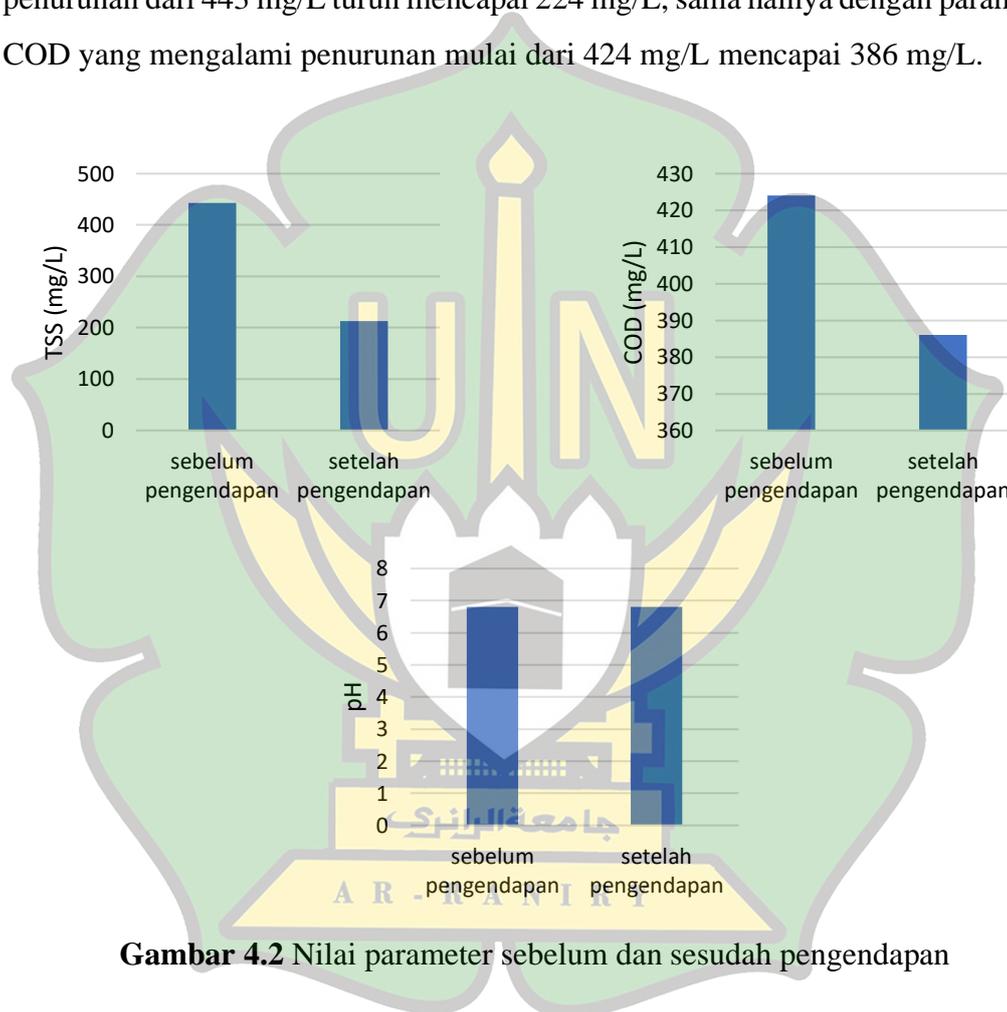
4.2.1 Pengaruh pengendapan sesudah eksperimen

Pengendapan bertujuan untuk memisahkan padatan yang mengendap pada permukaan air menggunakan gaya gravitasi (Indrayani dan Rahmah, 2018). Pengendapan pada eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses pengendapan terhadap persentase penurunan parameter yang diuji. Berdasarkan Gambar 4.2 bahwa parameter COD dan TSS mengalami penurunan setelah dilakukan pengendapan. Keuntungan dari pengendapan karena berlangsung secara gravitasi tanpa adanya penambahan zat kimia, sehingga lebih ramah lingkungan dikarenakan buangan yang dihasilkan tidak mengandung bahan kimia. Akan tetapi, pengendapan membutuhkan banyak waktu dan bak untuk pengendapan.

Kekeruhan disebabkan oleh partikel padat yang tidak larut dalam air baku, kekeruhan ini dapat mengganggu proses fotokatalis berbasis ZnO. Partikel tersuspensi atau terdispersi memiliki pengaruh besar pada sifat optik air dan akan menghambat transmisi cahaya UV dengan dispersi dan adsorpsi cahaya. Hal ini menyebabkan perubahan muatan ZnO yang diharapkan dan akan mempengaruhi jalur dan intensitas sinar UV. Selain itu, kekeruhan secara signifikan dapat menurunkan transmisi cahaya, melindungi kontaminan dari sinar UV dan membatasi kinerja fotokatalis. Akibat dari faktor tersebut menyebabkan kegagalan proses pengolahan air dengan fotokatalis. Untuk memastikan laju reaksi fotokatalis,

kekeruhan air tidak boleh melebihi 5 NTU yang memungkinkan penggunaan sinar UV secara optimal. Fotokatalis ZnO merupakan proses tahap lanjut, penurunan kekeruhan dapat dilakukan salah satunya dengan proses pengendapan atau sedimentasi (Bodzek dan Rajca, 2012).

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai TSS mengalami penurunan dari 443 mg/L turun mencapai 224 mg/L, sama halnya dengan parameter COD yang mengalami penurunan mulai dari 424 mg/L mencapai 386 mg/L.



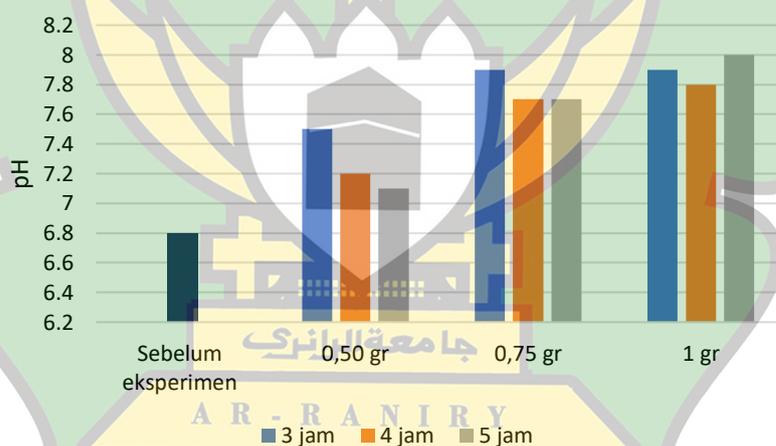
Gambar 4.2 Nilai parameter sebelum dan sesudah pengendapan

4.2.2 Pengaruh massa ZnO

Hasil eksperimen fotodegradasi menunjukkan bahwa penambahan massa ZnO mengakibatkan pH menjadi basa. Nilai pH awal limbah cair pengolahan ikan dalam keadaan asam yaitu 6,8, pada penambahan 1 g ZnO nilai pH mencapai 8. Nilai pH memiliki peranan yang sangat penting dalam pembentukan radikal hidroksil. Jumlah radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$) yang dihasilkan dipengaruhi oleh kondisi

pH larutan, pada kondisi asam (<7), pembentukan elektron- *hole* terhambat sehingga menghasilkan sedikit $\cdot\text{OH}$. Pada pH basa, $\cdot\text{OH}$ yang dihasilkan akan lebih banyak. (Dwiasi dan Setyaningtyas, 2014). Hasil pengujian nilai pH menunjukkan bahwa massa katalis tidak mempengaruhi nilai yang dihasilkan. Hasil analisis regresi linear parameter pH diketahui nilai signifikan adalah sebesar $0,229 > 0,05$ dan nilai t hitung $1,338 < t$ tabel $1,894$, sehingga dapat disimpulkan bahwa massa katalis tidak berpengaruh terhadap nilai pH.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa penambahan massa katalis mengakibatkan pH menjadi lebih basa karena fotodegradasi ZnO akan bermuatan negatif pada pH basa. Hal ini karena akan lebih mudah mendegradasi limbah yang bermuatan positif pada ZnO yang bermuatan negatif (Permata dkk., 2015). Pada pH yang semakin basa akan menyebabkan tingkat reduksi semakin tinggi, sehingga tingkat penyerapan akan semakin tinggi pula. Pada pH yang tinggi terdapat kelebihan anion OH yang akan memudahkan fotodegradasi OH radikal (Dini, 2019).

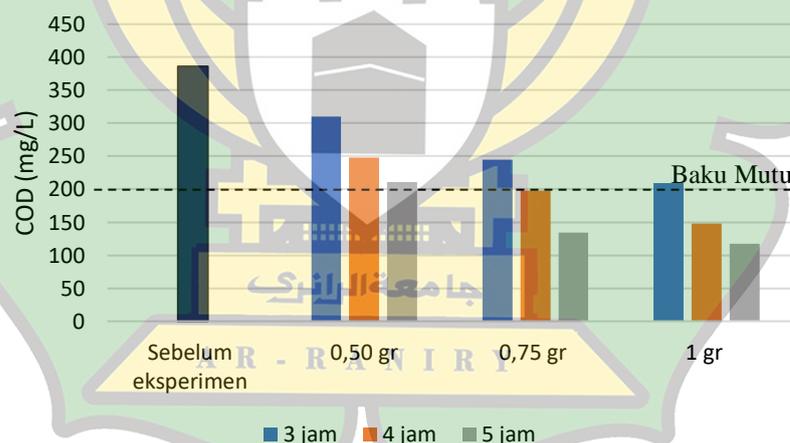


Gambar 4.3 Grafik hasil uji massa katalis terhadap nilai pH pada limbah cair pengolahan ikan

Eksperimen fotodegradasi menunjukkan hasil bahwa massa katalis ZnO yang digunakan mempengaruhi degradasi parameter COD. Efektivitas penurunan COD mencapai 69,69% dengan massa katalis ZnO 1 g dengan waktu kontak 5 jam. Hasil degradasi terendah terlihat pada penambahan 0,50 g katalis ZnO dengan waktu kontak 3 jam yaitu 19,69%. Grafik 4.4 menunjukkan dengan penggunaan ZnO

1 g dapat dilihat bahwa persentase penyisihan akan semakin tinggi, dimulai dari waktu kontak 3 jam sampai 5 jam.

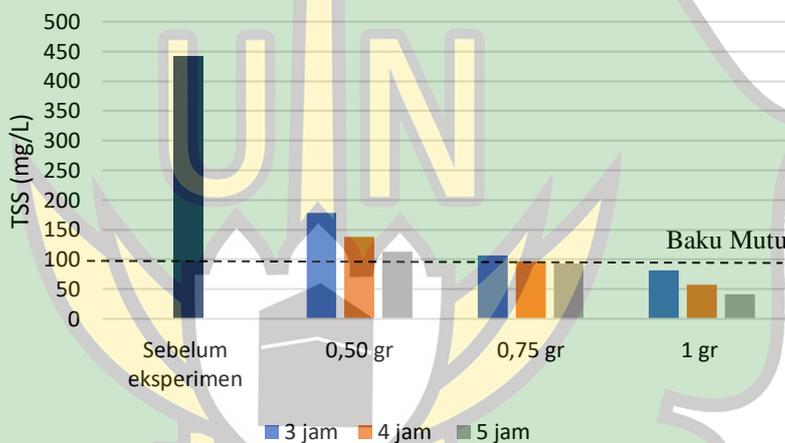
Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh dari variasi massa katalis yaitu $0,000 < 0,050$ dan nilai t hitung $8,440 > t$ tabel $1,894$. Hal tersebut membuktikan bahwa massa katalis berpengaruh dalam mendegradasi parameter COD. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa nilai COD menurun seiring dengan bertambahnya massa katalis. Reaksi fotokatalis dapat dipercepat dengan adanya material ZnO dan bantuan dari foton, selanjutnya foton yang sesuai dengan celah pita akan menstimulasi elektron yang terdapat pada ZnO dan akan membentuk *hole*. Elektron yang terstimulasi pada energi konduksi akan mengikat oksigen terlarut, dan akan menghasilkan radikal oksigen ($O_2\cdot$) sedangkan *hole* yang terbentuk pada tingkat energi valensi akan mengikat elektron yang terdapat pada ion OH^- yang terdapat pada limbah cair, sehingga akan membentuk $\cdot OH$. Selanjutnya, $O_2\cdot$ dan $OH\cdot$ yang akan berperan untuk menguraikan zat-zat yang menyebabkan pencemaran pada perairan (Mohar dkk., 2021).



Gambar 4.4 Grafik hasil uji pengaruh massa katalis terhadap nilai COD pada limbah cair pengolahan ikan

Hasil eksperimen fotokatalis menunjukkan bahwa penambahan masa ZnO mempengaruhi degradasi TSS. Nilai TSS awal sebelum dilakukan pengolahan sebesar 443 mg/L, setelah pengolahan TSS yang dihasilkan mencapai 41 mg/L. Degradasi parameter TSS dapat dilihat pada Gambar 4.5, parameter TSS

mengalami penurunan. Efektivitas degradasi parameter TSS sebesar 81,70% pada massa katalis 1 g dengan waktu kontak 5 jam. Hal ini menunjukkan bahwa ZnO memiliki peran penting dalam fotodegradasi karena katalis dapat menghasilkan *hole* (h^+) yang akan bereaksi dengan ion hidroksil (OH^-) yang kemudian akan membentuk radikal hidroksil ($\cdot OH$) yang akan mendegradasi zat organik sehingga proses degradasi menjadi lebih cepat. Semakin tinggi pembentukan radikal hidroksil maka akan semakin besar kemampuan fotokatalis untuk mendegradasi (Sibarani dkk., 2016). Hasil analisis regresi linear menunjukkan bahwa nilai signifikan yang diperoleh dari massa katalis yaitu $0,004 < 0,050$ dan nilai t hitung $4,471 > t$ tabel 1,894.

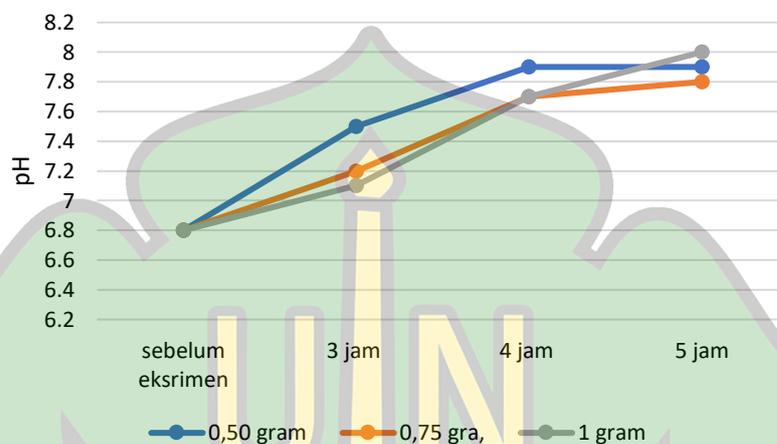


Gambar 4.5 Grafik hasil uji pengaruh massa katalis terhadap nilai TSS pada limbah cair pengolahan ikan

4.2.3 Pengaruh waktu kontak

Pengaruh waktu kontak terhadap parameter pH tidak mempengaruhi lamanya waktu kontak. Pada waktu kontak 3 jam dengan massa katalis 0,50, 0,75 dan 1 g yaitu 7,5, 7,2, 7,1. Pada waktu kontak 4 jam dengan masa katalis 0,50, 0,75 dan 1 g yaitu 7,9, 7,9, 7,7. Sedangkan waktu kontak 5 jam dengan masa katalis 0,50, 0,75 dan 1 g yaitu 7,9, 7,8, 8. Perubahan nilai ini bersifat fluktuatif, perubahan nilai tidak stabil dengan bertambahnya waktu kontak. Pada lama waktu penyinaran 5 jam pH mencapai 8, hal ini didukung oleh pleh penelitian terdahulu Palupi, (2006) menyatakan bahwa semakin lamanya waktu penyinaran, maka semakin banyak

foton yang mengenai katalis ZnO, sehingga $\cdot\text{OH}$ yang dihasilkan dari proses fotodegradasi semakin meningkat. Hasil regresi linear untuk parameter pH menunjukkan bahwa nilai signifikan yang diperoleh dari variasi waktu kontak yaitu nilai sig sebesar $0,230 < 0,05$ dan nilai t hitung $1,335 > t$ tabel 1,894.

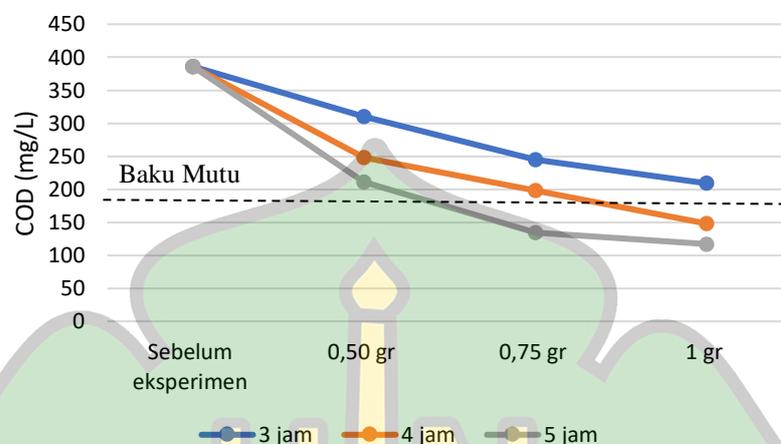


Gambar 4.6 Grafik pengaruh waktu kontak dengan penurunan parameter pH

Hasil eksperimen fotokatalis menunjukkan bahwa parameter COD berpengaruh terhadap variasi waktu kontak. Jika dilihat dari Gambar 4.7 terlihat bahwa COD menurun seiring bertambahnya waktu kontak. Kandungan COD yang terdapat pada limbah pengolahan ikan sebelum dilakukannya fotodegradasi katalis ZnO. Pada waktu kontak 5 jam dengan masa katalis 1 g diperoleh persentase fotokatalis mencapai 69,69%.

Gambar 4.7 menunjukkan semakin lama waktu kontak antara limbah cair dengan fotokatalis maka persentase penurunan COD akan semakin besar. Akibat dari waktu kontak yang singkat menyebabkan benturan antara zat organik dengan fotokatalis terlalu singkat. Hal ini memicu terjadinya proses fotodegradasi pada permukaan fotokatalis kurang optimal karena terdorong oleh zat organik lain yang akan melewati fotokatalis, sehingga hal tersebut mempengaruhi proses degradasi yang belum sempurna menyebabkan penurunan COD menjadi rendah. Berbanding terbalik dengan waktu kontak yang lama, sehingga memperoleh hasil degradasi yang maksimal (Aditya dkk., 2012). Hasil pengujian nilai COD menunjukkan bahwa

waktu kontak dapat mempengaruhi nilai yang dihasilkan. Hasil analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa nilai signifikan yang didapatkan yaitu nilai sig sebesar $0,000 < 0,05$ dan nilai t hitung $10,262 > t$ tabel 1,894.

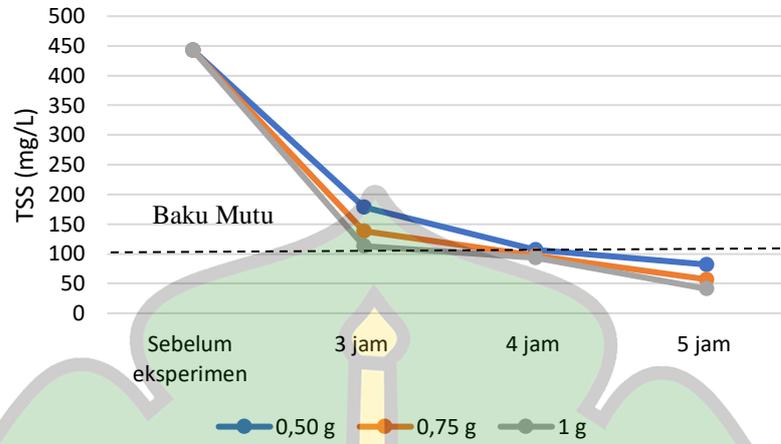


Gambar 4.7 Grafik pengaruh waktu kontak dengan penurunan parameter COD

Hasil eksperimen fotokatalis menunjukkan bahwa waktu kontak mempengaruhi penurunan nilai TSS. Parameter TSS memiliki efektivitas degradasi sebesar 81,70% pada masa 1 g katalis ZnO dengan waktu kontak 5 jam. Degradasi parameter TSS dapat dilihat pada Gambar 4.8 kadar TSS mengalami penurunan nilai sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan. Secara fisik air yang telah dilakukan eksperimen lebih jernih. Hal ini didukung dengan penelitian terdahulu Fauzi dan Tuhu Agung, (2018) menyatakan bahwa semakin banyak waktu kontak akan menyebabkan persentase penyisihan akan semakin meningkat. Berdasarkan hasil penelitian penyisihan TSS tertinggi diperoleh 94,5% dengan waktu kontak 120 menit dan persentase penyisihan TSS terendah 43,8% dengan waktu kontak 10 menit dari konsentrasi awal.

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa semakin lamanya waktu penyinaran terhadap bahan organik yang terdegradasi. Hal ini dikarenakan semakin lamanya waktu penyinaran maka semakin banyak foton yang mengenai katalis ZnO, sehingga menyebabkan bertambahnya jumlah $\cdot\text{OH}$, radikal $\cdot\text{OH}$ bekerja dengan menyerang molekul bahan organik dan mendegradasinya menjadi lebih sederhana (Sanjaya, 2017). Hasil pengujian nilai TSS menunjukkan bahwa waktu kontak dapat

mempengaruhi nilai yang dihasilkan. Hasil analisis linear menunjukkan bahwa nilai signifikan yang dihasilkan yaitu $0,000 < 0,05$ dan nilai t hitung $9,276 < t$ tabel $1,894$.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh waktu kontak dengan penurunan parameter TSS



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan mengenai reduksi limbah cair pengolahan ikan menggunakan metode fotodegradasi ZnO untuk parameter pH, COD dan TSS paling efektif yaitu pada massa 1 g. Hasil pH mencapai 8, persentase fotodegradasi parameter COD mencapai 69,69%, TSS mencapai 81,70%. Hasil uji T untuk parameter pH 0,229, COD yaitu 0,000, TSS adalah 0,004. Pengaruh variasi waktu kontak 3, 4, dan 5 jam dalam fotodegradasi limbah cair pengolahan ikan menggunakan ZnO untuk parameter ZnO paling efektif pada waktu 5 jam. Persentase fotodegradasi COD mencapai 69,69%, dan TSS 81,70%.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penambahan pengecekan parameter pencemar pada limbah pengolahan ikan seperti BOD, amoniak, minyak dan lemak.
2. Perlu dilakukan pengujian dalam skala yang lebih besar atau *pilot project* untuk melihat sejauh mana efektivitas dari metode fotodegradasi menggunakan seng oksida terhadap limbah cair pengolahan ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, H., Kartika, D., YD, E. V., dan Lestari, P. (2012). *Sintesis ZnO-TiO₂/zah dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Tekstil*.
- Afandi, A. M., Rijal, I., dan Aziz, T. (2017). Pengaruh Waktu dan Tegangan Listrik Terhadap Limbah Cair Rumah Tangga dengan Metode Elektrolisis. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(2), 114–119.
- Agasti, N. (2021). Decontamination of Heavy Metal Ions from Water by Composites Prepared From Waste. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 100088.
- Agung, T., dan Darmawan, M. D. (2020). Penyisihan Linear Alklybenzene Sulfonate (Las) dan Total Dissolved Solid (TDS) Menggunakan Proses Fotokatalis dengan Kombinasi Katalis TiO₂-ZnO. *ENVIROTEK: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 12(1), 35–43.
- Agustina, A., Suprihatin, I. E., dan Sibarani, J. (2016). Pengaruh Biofilm Terhadap Efektivitas Penurunan BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak dari Limbah Pengolahan Ikan Menggunakan Trickling Filter. *Jurnal Cakra Kimia*, 4.
- Ali, A. M., Ismail, A. A., Najmy, R., and Al-Hajry, A. (2014). Preparation and Characterization of ZnO-SiO₂ Thin Films as Highly Efficient Photocatalyst. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 275, 37–46.
- Anandan, S., Ohashi, N., and Miyauchi, M. (2010). ZnO-based Visible-Light Photocatalyst: Band-Gap Engineering and Multi-Electron Reduction by Co-Catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, 100(3–4), 502–509.
- Anggreni, M. W. (2012). Pengelolaan Limbah Padat Sebagai Bagian Penerapan Konsep Green Building. *Studi Kasus: Kantor Pusat PT. Pertamina, Jakarta. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia*.
- Apriyani, N. (2018). Industri batik: kandungan limbah cair dan metode pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 3(1), 21–29.
- Apriyanti, A., dan Asri, A. (2022). Pabrikasi dan Uji Kinerja Bulir Polipropilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO₂ pada Fotodegradasi Air Gambut. *PRISMA FISIKA*, 10(1), 82–86.
- Arifiani, N. F., dan Hadiwidodo, M. (2007). Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten. *Jurnal Presipitasi*, 3(2), 78–85.
- Arsa, D. A., (2022). Pengolahan Limbah Cair Domestik Menjadi Air Bersih dengan Metode Saringan Bertingkat Dan Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis TiO₂.
- Athira, T. K., Roshith, M., Babu, T. G. S., and Kumar, D. V. R. (2021). Fibrous

Red Phosphorus as a Non-Metallic Photocatalyst for The Effective Reduction of Cr (Vi) Under Direct Sunlight. *Materials Letters*, 283, 128750.

Azky, R. (2021). Pengolahan Air Limbah Pencucian Kendaraan Bermotor dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis Seng Oksida (ZnO).

Bemis, R., dan Nurjanah, S. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis ZnO/karbon aktif dan Aplikasinya Pada Degradasi Rhodamin B. *CHEMPUBLISH JOURNAL*, 4(2), 101–113.

Bilotta, G. S., and Brazier, R. E. (2008). Understanding the Influence of Suspended Solids On Water Quality and Aquatic Biota. *Water Research*, 42(12), 2849–2861.

Bodzek, M., dan Rajca, M. (2012). Photocatalysis in The Treatment and Disinfection of Water. Part I. Theoretical Backgrounds. *Ecological Chemistry and Engineering*, 19(4), 489.

Cani, D., van der Waal, J. C., and Pescarmona, P. P. (2021). Highly-accessible, doped TiO₂ Nanoparticles Embedded at The Surface of SiO₂ as Photocatalysts For The Degradation of Pollutants Under Visible and UV Radiation. *Applied Catalysis A: General*, 621, 118179.

Chang, C.-J., Chen, J.-K., Lin, K.-S., Huang, C.-Y., and Huang, C.-L. (2021). Improved H₂ production of ZnO@ ZnS nanorod-decorated Ni foam Immobilized Photocatalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(20), 11357–11368.

Chiang, Y.-J., and Lin, C.-C. (2013). Photocatalytic Decolorization of Methylene Blue in Aqueous Solutions Using Coupled ZnO/SnO₂ photocatalysts. *Powder Technology*, 246, 137–143.

Darajat, S., Aziz, H., dan Alif, A. (2015). Seng Oksida (ZnO) Sebagai Fotokatalis pada Proses Degradasi Senyawa Biru Metilen. *Jurnal Riset Kimia*, 1(2), 179.

De, D., Sandeep, K. P., Kumar, S., Raja, R. A., Mahalakshmi, P., Sivaramakrishnan, T., Ambasankar, K., and Vijayan, K. K. (2020). Effect of Fish Waste Hydrolysate on Growth, Survival, Health of *Penaeus Vannamei* and Plankton Diversity in Culture Systems. *Aquaculture*, 524, 735240.

Dewi, N. A. K., Pratiwi, R., dan Muzayyanah, L. (2020). Pelatihan Keterampilan Kain Perca untuk Mengurangi Limbah Anorganik. *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)*, 2(2), 49–56.

Dini, E. W. P. (2019). Degradasi Metilen Blue Menggunakan Fotokatalis ZnO-zeolit. *Chemistry Progress*, 7(1).

Dwiasi, D. W., dan Setyaningtyas, T. (2014). Fotodegradasi Zat Warna Tartrazin Limbah Cair Industri Mie Menggunakan Fotokatalis TiO₂-Sinar Matahari. *Molekul*, 9(1), 56–62.

Eddy, D. R., Pratama, A., dan Noviyanti, A. R. (2014). Penurunan Nilai COD Pada

- Pestisida Sipermetrin dengan Fotokatalis Titanium (IV) Oksida-Platina. *Molekul*, 9(2), 136–143.
- Endro, S., dan Sri, S. (2010). Pengaruh Tanaman Rumput Bebek (*Lemna Minor*) Terhadap Penurunan bi Dan COD Limbah Cair Domestik. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 7(1), 42–47.
- Enrico, E. (2019). Dampak Limbah Cair Industri Tekstil Terhadap Lingkungan dan Aplikasi Tehnik Eco Printing Sebagai Usaha Mengurangi Limbah. *Moda*, 1(1), 1–9.
- Faizah, M., Rizky, A., Zamroni, A., dan Khasan, U. (2022). Pembuatan Briket sebagai Salah Satu Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Bonggol Jagung di Desa Tampingmojo. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 65–68.
- Fatimah, I., dan Wijaya, K. (2005). Sintesis TiO₂/zeolit sebagai Fotokatalis Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka Secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Teknoin*, 10(4).
- Fatimah, S., dan Haris, A. (2014). Pengaruh Dopan Zink Oksida Pada TiO₂ Terhadap Penurunan Kadar Limbah Fenol dan Cr (VI) secara Simultan Dengan Metode Fotokatalisis. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 17(3), 86–89.
- Fauzi, A. R., dan Tuhu Agung, R. (2018). Kombinasi Fenton dan Fotokatalis sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik. *Jurnal Envirotek*, 10(1).
- Firdayati, M., dan Handajani, M. (2012). Studi karakteristik dasar limbah industri tepung aren. *Unnes Journal of Biology Education*, 1(1).
- Gavva, C., Patel, K., Kudre, T., Sharan, K., and Chilkunda, D. N. (2020). Glycosaminoglycans from Fresh Water Fish Processing Discard-Isolation, Structural Characterization, and Osteogenic Activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 558–567.
- Hakim, A. R., dan Haris, A. (2016). Sintesis Fotokatalis ZnO-Al dan Aplikasinya pada Degradasi Fenol dan Reduksi Cd (II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 7–10.
- Harahap, M. F., dan Thamrin, B. S. (2013). Pengolahan Limbah Ikan Patin Menjadi Biodiesel. *Jurnal Kajian Lingkungan*, 1(01), 113–120.
- Hartoyo, A. W. W., Wahyuni, S., dan Harjito, H. (2013). Penurunan Kadar Linear Alkyl Sulfonate oleh Fotokatalis TiO₂/Zeolit Alam. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2).
- Haryati, T., Andari, N., dan Mardhiyah, S. (2014). Pengaruh Suhu Sol-Gel dan Pelarut PEG Pada Aktivitas Fotokatalis ZnO-TiO₂ Sebagai Pendegradasi Limbah Cair Pewarna Tekstil. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 10(2), 148–156.
- Hendrik, H. (n.d.). Studi Kelayakan Usaha dan Analisis Resiko Lingkungan

- Pengolahan Limbah Padat Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), 78–86.
- Hasegawa, M. C., Daniel, J. F. de S., Takashima, K., Batista, G. A., and da Silva, S. M. C. P. (2014). COD Removal And Toxicity Decrease From Tannery Wastewater By Zinc Oxide-Assisted Photocatalysis: a case study. *Environmental Technology*, 35(13), 1589–1595.
- Huwaidi, N., Panggabean, E. L., dan Apriliya, I. (2021). Peningkatan Pengetahuan dan Keterampilan Pengolahan Limbah Ikan Kepada Kelompok Nelayan Tradisional Secara Daring di Belawan, Sumatera Utara. *JPKMI (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Indonesia)*, 2(3), 191–201.
- Indrayani, L., dan Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41–50.
- Janna, N. M., dan Herianto, H. (2021). *Konsep Uji Validitas dan Reliabilitas dengan Menggunakan SPSS*.
- Jaramillo-Páez, C. A., Navío, J. A., Hidalgo, M. C., and Macías, M. (2018). ZnO and Pt-ZnO Photocatalysts: Characterization and Photocatalytic Activity Assessing by Means of Three Substrates. *Catalysis Today*, 313, 12–19.
- Jati, B. N., dan Aviandharie, S. A. (2015). Kombinasi Teknologi Elektrokoagulasi dan Fotokatalisis dalam Mereduksi Limbah Berbahaya dan Beracun Cr (VI). *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 37(2), 133–140.
- Jayachandran, A., Aswathy, T. R., and Nair, A. S. (2021). Green Synthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles Using Cayratia Pedata Leaf Extract. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 26, 100995.
- Jayadi, S. F., Destiarti, L., dan Sitorus, B. (2014). Pembuatan Reaktor Fotokatalis dan Aplikasinya Untuk Degradasi Bahan Organik Air Gambut Menggunakan Katalis TiO₂. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 3(3).
- Josephine, G. A. S., Ramachandran, S., and Sivasamy, A. (2015). Nanocrystalline ZnO Doped Lanthanide Oxide: an Efficient Photocatalyst for The Degradation of Malachite Green Dye Under Visible Light Irradiation. *Journal of Saudi Chemical Society*, 19(5), 549–556.
- Juhra, F., dan Notodarmojo, S. (n.d.). Degradasi Zat Warna Pada Air Gambut Menggunakan Metode Fotokatalitik ZnO Degradation Color Substances In Peat Water Using Photocatalytic ZnO. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 2(2).
- Kamea, O., Aritonang, H., dan Koleangan, H. (2018). Sintesis Nanopartikel ZnO yang Terimpregnasi di Dalam Nata de coco Serta Aktivitasnya Sebagai Fotokatalis. *CHEMISTRY PROGRESS*, 11(2).
- Kar, P., Shukla, K., Jain, P., Sathiyam, G., and Gupta, R. K. (2020). Semiconductor

- Based Photocatalysts for Detoxification of Emerging Pharmaceutical Pollutants From Aquatic Systems: A critical review. *Nano Materials Science*.
- Keles, E., Yildirim, M., Öztürk, T., and Yildirim, O. A. (2020). Hydrothermally Synthesized UV Light Active Zinc Stannate: Tin Oxide (ZnO:SnO₂) Nanocomposite Photocatalysts for Photocatalytic Applications. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 110, 104959. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2020.104959>
- Kratky, L., and Zamazal, P. (2020). Economic Feasibility and Sensitivity Analysis of Fish Waste Processing Biorefinery. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118677.
- Kumari, P., Alam, M., and Siddiqi, W. A. (2019). Usage of Nanoparticles as Adsorbents for Waste Water Treatment: an Emerging Trend. *Sustainable Materials and Technologies*, 22, e00128.
- Kurnianingtyas, E., Prasetya, A., dan Yuliansyah, A. T. (2020). Kajian Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 5(1), 62–70.
- Kurniasih, S. D., Soesilo, T. E. B., and Soemantojo, R. (2018). Pollutants of Fish Processing Industry and Assessment of its Waste Management by Wastewater Quality Standards. *E3S Web of Conferences*, 68, 3006.
- Kurniatun, P. A. P., Kadarwati, S., dan Priatmoko, S. (2012). Sintesis Nano ZnO yang Diembankan Pada Abu Vulkanik Untuk Katalis Fotodegradasi Dikloro Difenil Trikloroetana. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(1).
- Kusuma, I. M., and Yulianto, B. (2019). Utilization of Fish Waste Processing as Compost Raw Material in Tambak Lorok Market. *E3S Web of Conferences*, 125, 7004.
- Li, Y., Zhu, S., Liang, Y., Li, Z., Wu, S., Chang, C., Luo, S., and Cui, Z. (2020). Synthesis of α -Fe₂O₃/g-C₃N₄ Photocatalyst for High-Efficiency Water Splitting Under Full Light. *Materials dan Design*, 196, 109191.
- Lin, S.-T., Thirumavalavan, M., Jiang, T.-Y., and Lee, J.-F. (2014). Synthesis of ZnO/Zn Nano Photocatalyst Using Modified Polysaccharides for Photodegradation of Dyes. *Carbohydrate Polymers*, 105, 1–9.
- Ma, M., Yang, Y., Chen, Y., Ma, Y., Lyu, P., Cui, A., Huang, W., Zhang, Z., Li, Y., and Si, F. (2021). Photocatalytic Degradation of Mb Dye by The Magnetically Separable 3D Flower-Like Fe₃O₄/SiO₂/MnO₂/BiOBr-Bi Photocatalyst. *Journal of Alloys and Compounds*, 861, 158256.
- Marlina, H., Aini, Q., Fuady, H., dan Fauzy, R. (2021). Identifikasi Sistem Pengelolaan Limbah pada Pasar Ikan di Kecamatan Baiturrahman Kota Banda Aceh. *Rumoh: Journal of Architecture*, 11(2), 71–76.
- Mirgane, N. A., Shivankar, V. S., Kotwal, S. B., Wadhawa, G. C., and Sonawale,

- M. C. (2021). Waste Pericarp of Ananas Comosus in Green Synthesis Zinc Oxide Nanoparticles and Their Application in Waste Water Treatment. *Materials Today: Proceedings*, 37, 886–889.
- Mohar, R. S., Soewoto, H. P., dan Garinas, W. (2021). Tinjauan Penggunaan Material Fotokatalis Untuk Peningkatan Reaksi Degradasi Sianida. *Jurnal Rekayasa Pertambangan*, 1(1).
- Nasir, A. M., Jaafar, J., Aziz, F., Yusof, N., Salleh, W. N. W., Ismail, A. F., and Aziz, M. (2020). A Review on Floating Nanocomposite Photocatalyst: Fabrication and Applications for Wastewater Treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 36, 101300. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101300>
- Natori, H., Kobayashi, K., and Takahashi, M. (2009). Preparation and Photocatalytic Property of Phosphorus-Doped TiO₂ Particles. *Journal of Oleo Science*, 58(7), 389–394. <https://doi.org/10.5650/jos.58.389>
- Natsir, M. F., Amaludin, A., Liani, A. A., Fahsa, A. D., dan Marlina, D. (2021). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Menggunakan Media Tutup Galon Bekas. *Sulolipu: Media Komunikasi Sivitas Akademika Dan Masyarakat*, 21(2), 311–317.
- Ng, K. H., Chen, K., Cheng, C. K., and Vo, D.-V. N. (2021). Elimination of Energy-Consuming Mechanical Stirring: Development of Auto-Suspending ZnO-based Photocatalyst For Organic Wastewater Treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 409, 124532.
- Nisaa, A. K. (2018). Degradasi Limbah Cair Industri Tempe Menggunakan Granul Fotokatalis TiO₂-N-Bentonit/Alginat. Universitas Brawijaya.
- Nugroho, R. T., dan Fajriati, I. (2017). Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Alizarine Red-S Menggunakan Oksidator Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dan Fotokatalis TiO₂. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 2(2).
- Nurhasanah, I., Priyono, P., Karnaji, K., dan Richardina, V. (2018). Fotokatalisis Nanopartikel Magnetis Zinc Ferrite dengan Penyinaran Cahaya UV dan Cahaya Tampak. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 13(1), 33–39.
- Oktavia, D. A., Febrianti, D., dan Yanuar, V. (2021). Pertumbuhan Bakteri pada Limbah Cair Perikanan Secara Spontan. *Prosiding Simposium Nasional Kelautan Dan Perikanan*, 8.
- Oktavia, D. A., Mangunwidjaja, D., Wibowo, S., Sunarti, T. C., dan Rahayuningsih, M. (2012). Pengolahan Limbah Cair Perikanan Menggunakan Konsorsiummikroba Indigenous Proteolitik Dan Lipolitik. *Agrointek*, 6(2), 65–71.
- Oktaviani, Z. P., dan Haris, A. (2016). Sintesis ZnO-SiO₂ dan Aplikasinya pada Fotokatalisis Degradasi Limbah Organik Fenol dan Penurunan Kadar Cd (II) secara Simultan. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(2), 45–49.

- Ong, C. B., Ng, L. Y., and Mohammad, A. W. (2018). A review of ZnO Nanoparticles As Solar Photocatalysts: Synthesis, Mechanisms and Applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 536–551.
- Palaniandy, P., Aziz, H. B. A., and Feroz, S. (2015). Evaluating The TiO₂ as a Solar Photocatalyst Process by Response Surface Methodology To Treat The Petroleum Waste Water. *Karbala International Journal of Modern Science*, 1(2), 78–85.
- Palupi, E. (2006). Degradasi methylene blue dengan metode fotokatalisis dan fotoelektrokatalisis menggunakan film TiO₂.
- Pamungkas, M. T. O. A. (2016). Studi Pencemaran Limbah Cair dengan Parameter BOD₅ dan pH Di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 4(2), 166–175.
- Permata, D. G., Diantariani, N. P., dan Widihati, I. A. G. (2015). Degradasi fotokatalitik fenol menggunakan fotokatalis ZnO dan sinar UV. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*.
- Piri, G. A., dan Mirwan, M. (2018). Pembuatan Pupuk Cair Dari Limbah Pengolahan Ikan Tradisional. *Jurnal Envirotek*, 9(2).
- Pratiwi, S. W. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis Perak Fosfat (Ag₃PO₄) Menggunakan Metode Kopresipitasi Dan Aktivitas Degradasi Zat Warna Methylene Blue (Mb).
- Precious, M., dan Angeline, N. (2011). Performance and Loading of Domestic Wastewater Treatment Plants Receiving Aquaculture Processing Effluent.
- Priantoro, B. (2020). Efektivitas Intensitas Cahaya UV-C untuk Menurunkan Parameter Pencemar Limbah Batik. *Prosiding ESEC*, 1(1), 1–8.
- Purbandini, S. R., and Haris, A. (2018). Effect of ZnO Dopant on TiO₂ on Simultaneous Decrease of Phenol, Pb (II) and COD using Photocatalysis Method. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 21(1), 34–38.
- Putra, M. N. P., Imsiyah, N., dan Ariefianto, L. (2020). Pengolahan Limbah Ikan Terhadap Keberdayaan Masyarakat Pesisir Di Dusun Sampangan Desa Kedungrejo Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi. *Learning Community: Jurnal Pendidikan Luar Sekolah*, 4(1), 16–19.
- Putro, H., dan Kokoh, R. (2019). Degradasi Surfaktan (Linear Alkyl Benzene) Pada Limbah Laundry dengan Metode Fotokatalis ZnO. *Jurnal Envirotek*, 11(1).
- Qi, K., and Yu, J. (2020). Modification of ZnO-based Photocatalysts For Enhanced Photocatalytic Activity. In *Interface Science and Technology* (Vol. 31, pp. 265–284). Elsevier.
- Rachmanto, T. A., dan Pebritama, E. (2021). Degradasi Limbah Tahu dengan Koagulasi Flokulasi Alumunium Sulfat dan Fotokatalis TIO₂ dalam Tangki Berpengaduk. *EnviroUS*, 2(1), 56–60.

- Rachmanto, T. A., dan Salamah, U. H. (2021). Pengaruh Media Biofiltrasi Anaerob Untuk Mendegradasi COD, TSS, dan NH₃-N pada Limbah Cair Pencucian Ikan. *Prosiding ESEC*, 2(1), 117–121.
- Raganata, T. C., Aritonang, H., dan Suryanto, E. (2019). Sintesis Fotokatalis Nanopartikel ZnO Untuk Mendegradasi Zat Warna Methylene Blue. *CHEMISTRY PROGRESS*, 12(2).
- Rahma, C. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Material Fotokatalis Na₂Ti₆O₁₃ Menggunakan Metode Hidrotermal. *Jurnal Optimalisasi*, 3(4).
- Rahmawati, A., dan Kurniahu, H. (2017). Efek Pemberian Cairan Rumen Sapi terhadap Massa Kompos Limbah Kertas dan Limbah Organik Rumah Tangga. *Prosiding SNasPPM*, 2(1), 31–34.
- Raza, N., Raza, W., Gul, H., and Kim, K.-H. (2021). ZnO–ZnTe Hierarchical Superstructures as Solar-Light-Activated Photocatalysts for Azo Dye Removal. *Environmental Research*, 194, 110499.
- Riskiani, E., Suprihatin, I. E., dan Sibarani, J. (2019). Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ Untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 7(1).
- Risma, H. (2022). Pengolahan Limbah Penatu dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Fotokatalis Nanopartikel TiO₂-SiO₂.
- Riyani, K., Setyaningtyas, T., dan Dwiasi, D. W. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis TiO₂-Cu. *Molekul*, 10(2), 104–111.
- Romadhan, M. F., Suyatma, N. E., and Taqi, F. M. (2016). Synthesis of ZnO Nanoparticles by Precipitation Method With Their Antibacterial Effect. *Indonesian Journal of Chemistry*, 16(2), 117–123.
- Roy, N., and Chakraborty, S. (2020). ZnO as Photocatalyst: an Approach To Waste Water Treatment. *Materials Today: Proceedings*.
- Safitri, F. E. (2014). Pemanfaatan Limbah Padat Surimi Ikan Swanggi (*Priacanthus macracanthus*) Secara Kimiawi Terhadap Kandungan Nutrisi Sebagai Alternatif Bahan Pakan Ikan. UNIVERSITAS AIRLANGGA.
- Sali, G. P., Suprabawati, A., dan Purwanto, Y. (2018). Efektivitas Teknik Biofiltrasi dengan Media Sarang Tawon Terhadap Penurunan Kadar Nitrogen Total Limbah Cair. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 1–6.
- Sanjaya, H. (2017). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis Zno-Peg dengan Metode Fotosonolisis. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN: 2549-7464)*, 18(02), 21–29.
- Sanjaya, H. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis Zno-Tio₂ Secara Fotosonolisis. *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA (E-ISSN: 2549-7464)*, 19(1), 91–99.

- Saragih, H. S., Rudiyanthi, S., dan Haeruddin, H. (2018). Toksisitas Limbah Cair Pencucian Udang dari Pasar Kobong, Semarang Terhadap Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(1), 99–109.
- Saravanan, N., and Sasikumar, K. S. K. (2020). Waste Water Treatment Process Using Nano TiO₂. *Materials Today: Proceedings*, 33, 2570–2572.
- Saucedo-Lucero, J. O., and Arriaga, S. (2015). Study of ZnO-photocatalyst Deactivation During Continuous Degradation of n-hexane Vapors. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 312, 28–33.
- Senasu, T., Chankhanittha, T., Hemavibool, K., and Nanan, S. (2021). Visible-light-Responsive Photocatalyst Based on ZnO/CdS Nanocomposite For Photodegradation of Reactive Red Azo Dye and Ofloxacin Antibiotic. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 123, 105558.
- Sibarani, J., Purba, D. L., Suprihatin, I. E., dan Manurung, M. (2016). Fotodegradasi Rhodamin B menggunakan ZnO/UV/Reagen Fenton. *Cakra Kimia*, 4, 84–93.
- Setiawan, A., Basyiruddin, F., and Dermawan, D. (n.d.). Biosorpsi Logam Berat Cu (II) Menggunakan Limbah *Saccharomyces Cerevisiae*. *Jurnal Presipitasi: Media saKomunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(1), 29–35.
- Setiyawati, D., Simpen, I. N., dan Ratnayani, O. (2020). Fotodegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Pencelupan Dengan Katalis Zeolit Alam dan TiO₂ dan Sinar UV. *Journal of Applied Chemistry*, 8(10).
- Sinaga, B. B., Suteja, Y., dan Dharma, I. G. B. S. (2020). Fluktuasi Total Padatan Tersuspensi (Total Suspended Solid) dan Kekeruhan di Selat Lombok. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 6(2), 238–245.
- Slamet, S., Arbianti, R., dan Marlina, E. (2007). Pengolahan Limbah Cr (VI) dan Fenol Dengan Fotokatalis Serbuk TiO₂ Dan CuO/TiO₂. *Reaktor*, 11(2), 78–85.
- Soeprajogo, M. P., dan Ratnaningsih, N. (2020). Perbandingan Dua Rata-Rata Uji-T. *Pusat Mata Nasional. Rumah Sakit Mata CICENDO*.
- Sucahya, T. N., Permatasari, N., dan Nandiyanto, A. B. D. (2016). Fotokatalis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(2).
- Sundarta, I., Sari, A. Y., dan Wibowo, H. P. (2018). Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Kompos Melalui Pembuatan Tong Super. *Abdi Dosen: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(3).
- Supriyanto, R., Anggraini, S. P., Bahri, S., dan Rilyanti, M. (2021). Fotodegradasi Pewarna Tekstil Kristal Violet Terkatalis ZnO/ZEOLIT Y Secara Spektrofotometri UV-VIS. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6(1), 33–45.

- Sutanto, H., Hidayanto, E., Irwanto, M., Romadhon, A., dan Wahyono, Y. (2017). Pengaruh Konsentrasi Doping Nitrogen (N) pada Material Fotokatalis Seng Oksida (ZnO) Terhadap Degradasi Limbah Zat Pewarna Tekstil. *Reaktor*, 17(1), 36–42.
- Sutanto, H., Nurhasanah, I., Hidayanto, E., dan Arifin, Z. (2013). Deposisi Lapisan Tipis Foto Katalis Seng Oksida (ZnO) Berukuran Nano dengan Teknik Penyemprotan dan Aplikasinya untuk Pendegradasi Pewarna Methylene Blue. *Jurnal Fisika*, 3(1).
- Syukor, A. R. A., Sulaiman, S., Chandrakant, J. P., Mishra, P., Nasrullah, M., Singh, L., and Zularism, A. W. (2021). Energy Generation from Fish-Processing Waste Using Microbial Fuel Cells. In *Delivering Low-Carbon Biofuels with Bioproduct Recovery* (pp. 101–121). Elsevier.
- Thi, V. H.-T., and Lee, B.-K. (2017). Effective Photocatalytic Degradation Of Paracetamol Using La-doped ZnO Photocatalyst Under Visible Light Irradiation. *Materials Research Bulletin*, 96, 171–182.
- Timah, J. T. R. K., Cimanggis, D., Nasional, B. T. N., Puspitek, K., dan Serpong, T. S. (2020). Green Synthesis Nanopartikel ZnO Menggunakan Media Ekstrak Daun Tin (*Ficus carica* Linn). *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(1), 1–6.
- Uliyandari, M., Candrawati, E., dan Latipah, N. (2021). Peningkatan Produktivitas Pupuk Kompos Bioaktivator dengan Bahan Baku Limbah Organik Rumah Tangga. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 203–208.
- Vaiano, V., Matarangolo, M., Murcia, J. J., Rojas, H., Navío, J. A., and Hidalgo, M. C. (2018). Enhanced Photocatalytic Removal of Phenol from Aqueous Solutions Using ZnO Modified With Ag. *Applied Catalysis B: Environmental*, 225, 197–206.
- Wahyuono, R. A., Risanti, D. D., Sawitri, D., Mawarani, L. J., Afif, Y., Rahmawati, V., dan Alhusna, M. Z. (2021). Pengenalan Reaktor Batch Tipe Fixed Bed dengan Fotokatalis ZnO/TiO₂ untuk Pengolahan Limbah Buang Surfaktan Wirausaha Laundry. *SEWAGATI*, 5(1), 42–47.
- Wang, Z. L. (2004). Nanostructures of Zinc Oxide. *Materials Today*, 7(6), 26–33.
- Widiyanti, A., dan Hamidah, L. N. (2021). Pengolahan Limbah Cair Bekas Pencucian Ikan Menggunakan *Scirpus grossus*. *Journal of Research and Technology*, 7(1), 61–70.
- Yang, C., Wang, X., Ji, Y., Ma, T., Zhang, F., Wang, Y., Ci, M., Chen, D., Jiang, A., and Wang, W. (2019). Photocatalytic Degradation of Methylene Blue With ZnO@C Nanocomposites: Kinetics, Mechanism, And The Inhibition Effect on Monoamine Oxidase A And B. *NanoImpact*, 15, 100174. <https://doi.org/10.1016/j.impact.2019.100174>
- Yuliasni, R., Marlina, B., Kusumastuti, S. A., dan Syahroni, C. (2019). Pengolahan

Limbah Industri Pengolahan Ikan dengan Teknologi Gabungan Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)-Wetland. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(1), 123–132.

Yuningrat, N. W. (2015). Fotodegradasi Senyawa Organik Dalam Lindi Dengan Menggunakan Katalis TiO₂ terimobilisasi Pada Plat Kaca. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 4(2).

Zinatloo-Ajabshir, S., Baladi, M., Amiri, O., and Salavati-Niasari, M. (2020). Sonochemical Synthesis and Characterization of Silver Tungstate Nanostructures as Visible-Light-Driven Photocatalyst for Waste-Water Treatment. *Separation and Purification Technology*, 248, 117062.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Eksperimen

GAMBAR	KETERANGAN
	<p>Lokasi sampel limbah cair pengolahan ikan PT. Yakin Pasifik Tuna</p>
	<p>Persiapan pengendapan sampel selama 4 jam</p>
	<p>Bubuk Zn</p>

	<p>Reaktor fotokatalis</p>
	<p>Proses fotokatalis</p>
	<p>Sampel sebelum pengolahan</p>



Sampel setelah diendapkan selama 4 jam



Sampel setelah pengolahan



Reaksi pengukuran COD



Pengukuran COD



Proses penyaringan kertas saring untuk pengukuran TSS



Proses Oven kertas saring selama 1 jam dengan suhu 105⁰

Lampiran 2. Perhitungan TSS

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai TSS adalah:

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

Dimana A merupakan nilai berat dari residu kering ditambah dengan kertas saring dan B merupakan nilai berat kertas saring (mg).

- Limbah cair pengolahan ikan sebelum eksperimen

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2141 - 0,1698) \times 1000}{0,1} \\ &= 443 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Limbah cair pengolahan ikan setelah pengendapan

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1922 - 0,1698) \times 1000}{0,1} \\ &= 224 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam dengan massa katalis 0,50 g

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1876 - 0,1698) \times 1000}{0,1} \\ &= 178 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- Waktu kontak 3 jam dengan massa katalis 0,75 g

$$\begin{aligned}\text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1836 - 0,1698) \times 1000}{0,1}\end{aligned}$$

= 138 mg/L

- Waktu kontak 3 jam dengan massa kontak 1 g

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,2141 - 0,1698) \times 1000}{0,1} \\ &= 113 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam dengan massa katalis 0,50 g

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1805 - 0,1698) \times 1000}{0,1} \\ &= 107 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam dengan massa katalis 0,75 g

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1795 - 0,1698) \times 1000}{0,1} \\ &= 97 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 4 jam dengan massa kontak 1 g

$$\begin{aligned} \text{TSS mg/L} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh uji (mL)}} \\ &= \frac{(0,1791 - 0,1698) \times 1000}{0,1} \\ &= 93 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Waktu kontak 5 jam dengan massa katalis 0,50 g

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

$$= \frac{(0,1780 - 0,1698) \times 1000}{0,1}$$

$$= 82 \text{ mg/L}$$

- Waktu kontak 5 jam dengan massa katalis 0,75 g

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

$$= \frac{(0,1755 - 0,1698) \times 1000}{0,1}$$

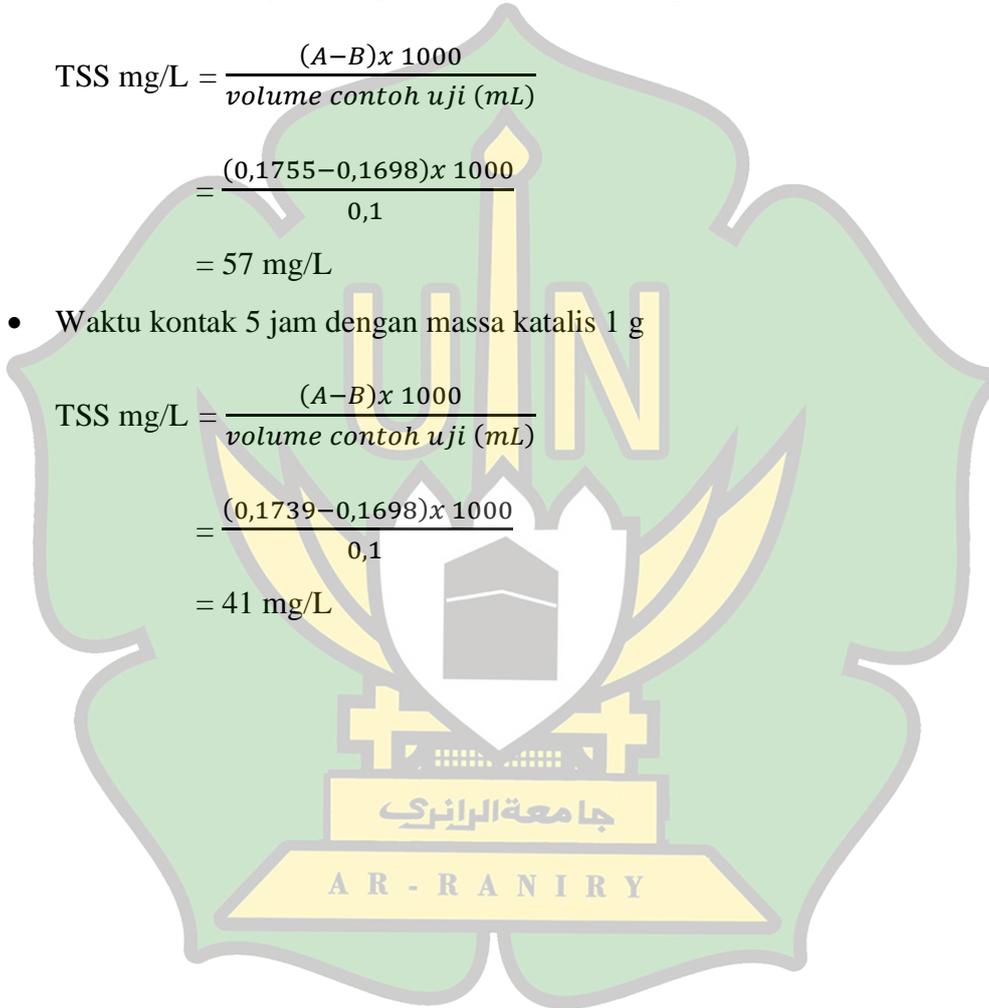
$$= 57 \text{ mg/L}$$

- Waktu kontak 5 jam dengan massa katalis 1 g

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

$$= \frac{(0,1739 - 0,1698) \times 1000}{0,1}$$

$$= 41 \text{ mg/L}$$



Lampiran 3. Perhitungan Efektivitas Fotodegradasi

Hasil persentase nilai efektivitas proses fotodegradasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Efektivitas fotodegradasi} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dimana a merupakan nilai konsentrasi awal sebelum eksperimen dan b merupakan konsentrasi setelah dilakukan eksperimen fotokatalis.

a. Parameter COD

- Massa katalis ZnO 0,50 g dengan waktu kontak 3 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-310}{386} \times 100\% \\ &= 19,69\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,75 g dengan waktu kontak 3 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-248}{386} \times 100\% \\ &= 35,75\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 1 g dengan waktu kontak 3 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-211}{386} \times 100\% \\ &= 45,34\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,50 g dengan waktu kontak 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-245}{386} \times 100\% = 36,53\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,75 g dengan waktu kontak 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-198}{386} \times 100\% \\ &= 48,70\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 1 g dengan waktu kontak 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-134}{386} \times 100\% \\ &= 62,28\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,50 g dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-185}{386} \times 100\% \\ &= 52,07\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,75 g dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{386-129}{386} \times 100\% \\ &= 66,69\% \end{aligned}$$

b. Parameter TSS

- Massa katalis ZnO 0,50 g dengan waktu kontak 3 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-178}{213} \times 100\% \\ &= 16,43\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,75 g dengan waktu kontak 3 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-138}{213} \times 100\% \\ &= 35,21\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 1 g dengan waktu kontak 3 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-113}{213} \times 100\% \\ &= 46,95\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,50 g dengan waktu kontak 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-107}{213} \times 100\% \\ &= 49,77\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,75 g dengan waktu kontak 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-97}{213} \times 100\% \\ &= 54,34\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 1 g dengan waktu kontak 4 jam

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-93}{213} \times 100\% \\ &= 56,34\% \end{aligned}$$

- Massa katalis ZnO 0,50 g dengan waktu kontak 5 jam

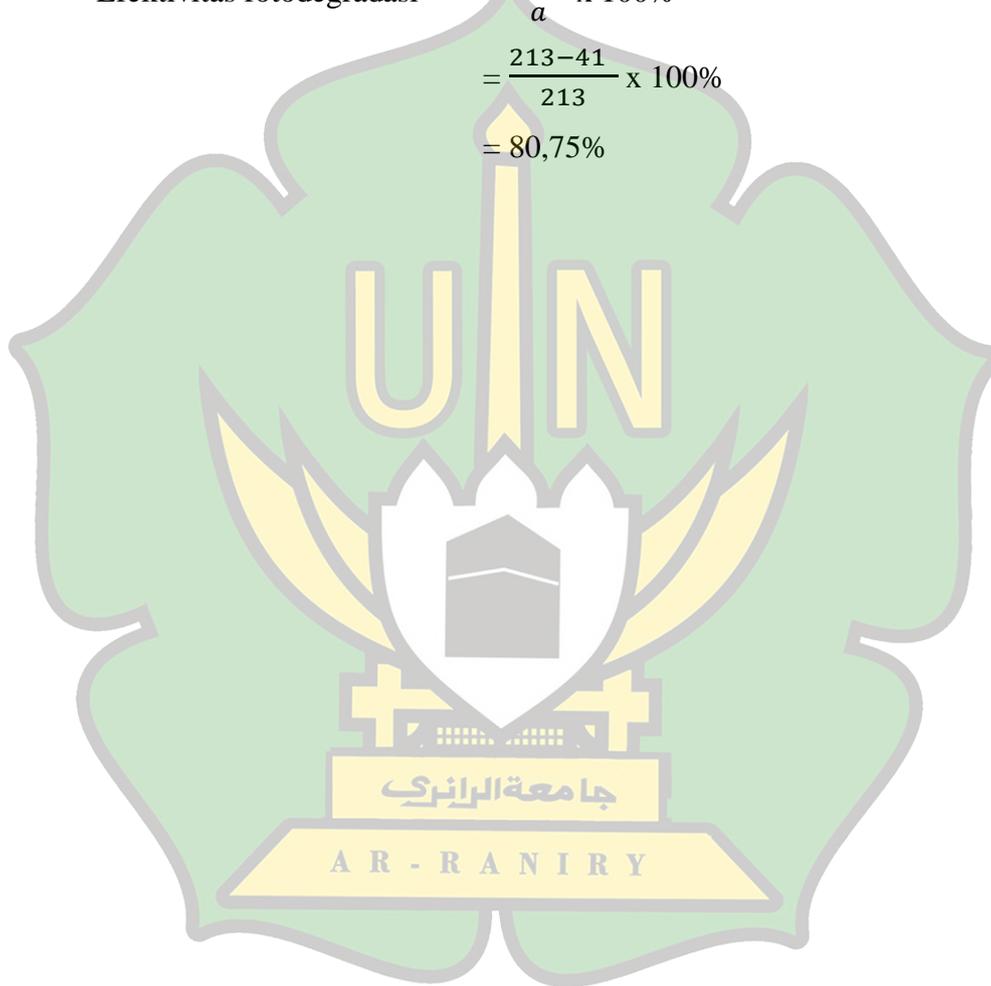
$$\begin{aligned} \text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-82}{213} \times 100\% \\ &= 61,50\% \end{aligned}$$

- Massa katalis 0,75 g dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-57}{213} \times 100\% \\ &= 73,24\%\end{aligned}$$

- Massa katalis 1 g dengan waktu kontak 5 jam

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas fotodegradasi} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{213-41}{213} \times 100\% \\ &= 80,75\%\end{aligned}$$



Lampiran 4. Hasil Analisis Linear Berganda

1. Regression massa dan waktu kontak (jam) terhadap pH

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam) ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: PH

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.611 ^a	.373	.164	92.14550

a. Predictors: (Constant), Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	30341.017	2	15170.508	1.787	.246 ^b
	Residual	50944.763	6	8490.794		
	Total	81285.780	8			

a. Dependent Variable: PH

b. Predictors: (Constant), Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	393.117	190.583		2.063	.085
	Waktu Kontak (Jam)	-50.217	37.618	-.431	-1.335	.230
	Massa katalis (gram)	-201.400	150.473	-.433	-1.338	.229

a. Dependent Variable: PH

2. Regression massa dan waktu kontak (jam) terhadap COD

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.983 ^a	.967	.956	13.44674

a. Predictors: (Constant), Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	31921.333	2	15960.667	88.271	.000 ^b
	Residual	1084.889	6	180.815		
	Total	33006.222	8			

a. Dependent Variable: COD

b. Predictors: (Constant), Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	31921.333	2	15960.667	88.271	.000 ^b
	Residual	1084.889	6	180.815		
	Total	33006.222	8			

a. Dependent Variable: COD

b. Predictors: (Constant), Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam)

ARRA Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	561.778	27.812		20.199	.000
	Waktu Kontak (Jam)	-56.333	5.490	-.760	-10.262	.000
	Massa katalis (gram)	-185.333	21.958	-.625	-8.440	.000

a. Dependent Variable: COD

3. Regression massa dan waktu kontak (jam) terhadap TSS

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam) ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.973 ^a	.946	.929	10.95825

a. Predictors: (Constant), Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	12733.500	2	6366.750	53.019	.000 ^b
	Residual	720.500	6	120.083		
	Total	13454.000	8			

a. Dependent Variable: TSS

b. Predictors: (Constant), Massa katalis (gram), Waktu Kontak (Jam)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	326.667	22.665		14.413	.000
	Waktu Kontak (Jam)	-41.500	4.474	-.876	-9.276	.000
	Massa katalis (gram)	-80.000	17.895	-.422	-4.471	.004

a. Dependent Variable: TSS