

LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN UNGGULAN PROFESI  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM DENGAN METODE  
ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOPs) DAN PRETREATMENT  
KOAGULASI DAN ADSORPSI



Oleh :

Ketua peneliti : Prof. Tuty Emilia Agustina, ST, MT, PhD (0009087208)  
Anggota peneliti : 1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA (0011057504)  
2. **Novia, ST, MT, PhD** (0018079302)  
3. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA (0014055803)

Dibiayai oleh:

Anggaran DIPA Badan Layanan Umum  
Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2022  
No. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2022  
Sesuai dengan SK Rektor  
Nomor : 0111/UN9.3.1/SK/2022  
Tanggal 28 April 2022

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
Tahun anggaran 2022

Bidang penelitian :  
Lingkungan

**LAPORAN AKHIR  
PENELITIAN UNGGULAN PROFESI  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM DENGAN METODE  
ADVANCED OXIDATION PROCESSES (AOPs) DAN PRETREATMENT  
KOAGULASI DAN ADSORPSI**



Oleh :

Ketua peneliti : Prof. Tuty Emilia Agustina, ST, MT, PhD (0009087208)  
Anggota peneliti : 1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA (0011057504)  
2. Novia, ST, MT, PhD (0018079302)  
3. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA (0014055803)

Dibiayai oleh:  
Anggaran DIPA Badan Layanan Umum  
Universitas Sriwijaya Tahun Anggaran 2022  
No. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2022  
Sesuai dengan SK Rektor  
Nomor : 0111/UN9.3.1/SK/2022  
Tanggal 28 April 2022

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
Tahun anggaran 2022**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR  
SKEMA PENELITIAN UNGULAN PROFESI

1. Judul Penelitian : Pengolahan air limbah laboratorium dengan metode Advanced Oxidation Processes (AOPs) dan pretreatment koagulasi dan adsorpsi
2. Bidang Penelitian : Lingkungan
3. Ketua Peneliti : Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph.D
- a. Nama Lengkap : 0009087208
- b. NIDN/NIDK : Pembina/ IVB
- c. Pangkat dan Golongan : Teknik/Teknik Kimia
- d. Fakultas/Jurusan/Prodi : 081368920872/tuty\_agustina@unsri.ac.id
- e. Telepon/HP/E-mail : 3
- 4 Jumlah Anggota Peneliti : 3
- a. Nama Anggota I : Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA  
NIDN/NIDK : NIDN. 0011057504
- b. Nama Anggota II : Novia, ST, MT, PhD  
NIDN/NIDK : NIDN. 0018079302
- c. Nama Anggota III : Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA  
NIDN/NIDK : NIDN. 0014055803
- 6 Jangka Waktu Penelitian : 2 tahun
7. Jumlah Dana yang Disetujui : Rp.100.000.000
8. Target Luaran TKT : 5
9. Nama, NIM dan Jurusan/  
Program Studi/BKU  
Mahasiswa yang Terlibat
1. Yuniar (03013681924012) S3/Doktor Ilmu Teknik
  2. Novi Anggraini (03012682024001) S2 Teknik Kimia/BKU Teknologi Lingkungan
  3. Maria Siswi Wijayanti (03012682024009) S2 Teknik Kimia/BKU Teknologi Lingkungan

Indralaya, 17 November 2022  
Ketua Peneliti,

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.  
NIP. 196706151995121002

Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, Ph.D  
NIP. 197208092000032001



## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	
Daftar Isi	
Identitas Peneliti	
Ringkasan	
BAB I. Latar Belakang .....	1
BAB II. Tinjauan Pustaka.....	3
BAB III. Metode Penelitian.....	9
BAB IV. Hasil dan Pembahasan.....	16
BAB V. Kesimpulan.....	26
BAB VI. Target Luaran dan TKT (Tingkat Kesiapterapan Teknologi) .....	27
BAB VII. Anggaran Biaya .....	29
BAB VIII. Jadwal Kegiatan dan Tempat Riset .....	34
Daftar Pustaka.....	35
Pernyataan Persetujuan Mahasiswa.....	37
Lampiran Biodata Ketua dan Anggota Tim Peneliti .....	40
Lampiran Publikasi .....	94

## RINGKASAN

Laboratorium merupakan salah satu penunjang kegiatan pendidikan dan penelitian di perguruan tinggi. Aktivitas laboratorium menghasilkan limbah yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Limbah laboratorium ini berasal dari sisa bahan-bahan kimia yang digunakan saat praktikum dan penelitian yang sudah tidak digunakan lagi. Air limbah laboratorium merupakan salah satu air limbah yang banyak mengandung senyawa organik maupun anorganik yang bahkan dapat mengandung bahan beracun dan berbahaya (B3). Oleh sebab itu setiap laboratorium seharusnya dilengkapi dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk meminimalkan dampak buruk terhadap lingkungan.

Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya belum memiliki unit pengolahan air limbah maupun saluran khusus untuk mengelola air limbahnya, sehingga air limbah yang dihasilkan dari berbagai praktikum dikumpulkan di dalam suatu wadah yang mengakibatkan terjadinya penumpukan limbah. Limbah laboratorium yang dikumpulkan berasal dari sisa reagen-reagen yang digunakan saat praktikum dan penelitian, tidak termasuk air pencucian atau bilasan peralatan. Saat ini, air limbah laboratorium di Laboratorium Terpadu hanya ditampung di wadah tertutup, kemudian dinetralisasi dan diencerkan dengan air keran sebelum dibuang ke badan air. Selain konsumsi air menjadi besar, tentunya pengolahan yang diterapkan belum menjamin terpenuhinya baku mutu air limbah sebelum dilepas ke lingkungan. Untuk itu diperlukan pengolahan air limbah laboratorium yang sederhana, mudah untuk diterapkan dan hasil pengolahannya dapat memenuhi baku mutu lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengolah air limbah laboratorium dengan menggunakan kombinasi metode fisika dan kimia, dimana dipilih metode Advanced Oxidation Processes (AOPs) dengan pretreatment koagulasi dan adsorpsi.

Salah satu cara untuk mengolah air limbah tersebut adalah dengan metode Advanced Oxidation Processes (AOPs). Reagen Fenton dan Fotokatalisis termasuk salah satu dari metode AOPs yang akan digunakan dalam penelitian ini. Berdasarkan praktikum yang dilaksanakan, air limbah ini umumnya mengandung suspended solid, senyawa organik dan anorganik, serta logam berat diantaranya Cu, Fe, Pb, dan Zn. Penyisihan solid, senyawa organik dan anorganik serta logam berat dilaksanakan dengan penambahan koagulan yang diikuti dengan penyaringan. Untuk memaksimalkan penyisihan logam berat digunakan adsorpsi dengan mengaplikasikan zeolit dan karbon aktif. Senyawa organik yang tersisa didegradasi dengan Reagen Fenton, dan pada tahap akhir senyawa-senyawa yang sulit terurai didegradasi dengan metode fotokatalisis. Di antara metode modern penanggulangan air limbah, fotodegradasi dengan menggunakan fotokatalis merupakan metode yang relatif murah dan mudah untuk diterapkan. Fotokatalis yang digunakan adalah ZnO dengan bantuan sinar matahari. Dalam suatu IPAL, sangat jarang sekali yang melibatkan sinar matahari dalam prosesnya. Efektifitas masing-masing treatment akan diteliti dan dioptimalkan dengan mengevaluasi parameter yang terlibat. Performa setiap unit proses dilaporkan dalam persentase pengurangan kadar TSS, COD, dan logam berat.

Berdasarkan penelitian pada tahun pertama, menunjukkan koagulan yang terbaik adalah tawas (alum), sedangkan pemakaian adsorben karbon aktif mencapai persentase penyisihan polutan yang lebih besar dibandingkan adsorben zeolit. Oleh sebab itu pada tahun kedua ditentukan dosis koagulan alum yang optimum dan massa karbon aktif yang optimum untuk diterapkan dalam pengolahan air limbah laboratorium.

Luaran yang ditargetkan berupa jurnal internasional bereputasi serta laporan disertasi dan tesis. Selain itu akan dihasilkan Teknologi Tepat Guna dalam mengolah air limbah laboratorium. Adapun Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) penelitian ini diharapkan mencapai TKT 5, dimana komponen teknologi telah divalidasi dalam lingkungan yang relevan. Pada tahun pertama, peralatan dan mesin pendukung akan diujicoba dalam laboratorium, serta telah dilakukan modifikasi kondisi operasi sesuai dengan lingkungan yang sesungguhnya. Pada tahun kedua rangkaian proses dalam bentuk purwarupa telah dibuat, serta integrasi proses terkait telah selesai dan siap diujicobakan pada lingkungan nyata dalam proses pengolahan air limbah yang berasal dari beberapa laboratorium diantaranya UPT Laboratorium Terpadu, laboratorium farmasi, dan laboratorium oseanografi.

Kata kunci: air limbah laboratorium, AOPs, koagulasi, adsorpsi, fotokatalis

## BAB I LATAR BELAKANG

UPT Laboratorium Lerpada memiliki lima laboratorium yang terdiri dari Laboratorium Kimia Fisika, Laboratorium Kimia Organik, Laboratorium Kimia Umum, Laboratorium Fisika Dasar, dan Laboratorium Biokimia. Limbah laboratorium yang dikumpulkan berasal dari sisa reagen-reagen yang digunakan saat praktikum dan penelitian, tidak termasuk air pencucian atau bilasan peralatan. Salah satu praktikum yang menggunakan reagen untuk menguji logam besi dan mangan diperkirakan akan menghasilkan limbah logam walaupun dalam jumlah yang sedikit. Debit limbah cair yang dihasilkan setiap laboratorium rata-rata sebesar 20-30 liter/semester pada semester ganjil dan genap tahun ajaran 2019/2020. Sejauh ini, limbah laboratorium di Laboratorium Terpadu hanya ditampung di wadah tertutup, kemudian dinetralisasi dan dibuang ke badan air. Hal ini dilakukan karena Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya belum memiliki unit pengolahan dan saluran khusus untuk limbah yang dihasilkan. Meskipun hasil buangan limbah sisa praktikum relatif kecil dibanding limbah pada industri, akan tetapi dapat terjadi akumulasi jumlah residu hasil praktikum atau penelitian yang dapat menumpuk begitu saja yang tentu saja membahayakan lingkungan dan makhluk hidup.

Air limbah yang di hasilkan oleh kegiatan praktikum di laboratorium termasuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), sehingga proses netralisasi saja tidak cukup untuk membuang limbah cair laboratorium tersebut ke badan air tanpa pengolahan lebih lanjut. Oleh sebab itu perlu dibuat suatu rangkaian metode pengolahan air limbah sehingga air limbah yang diproduksi dapat memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang. Dalam penelitian ini air limbah laboratorium akan diolah dengan metode AOPs yang dikenal murah dan ramah lingkungan yaitu reagen Fenton yang dapat dioperasikan pada suhu kamar dan fotokatalisis dengan bantuan sinar matahari. Sedangkan penggunaan metode fisik dan kimia akan dikombinasikan sebagai pretreatment air limbah yaitu koagulasi dan adsorpsi untuk menyisihkan sebanyak-banyaknya kandungan suspended solid, senyawa organik dan anorganik, serta logam berat. Sedangkan sisa senyawa yang sulit terdegradasi diolah dengan menggunakan reagen Fenton dan fotokatalis ZnO.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 1. Limbah Laboratorium

Limbah laboratorium berasal dari buangan hasil reaksi-reaksi berbagai larutan kimia berbahaya dalam suatu eksperimen. Larutan kimia tersebut diantaranya mengandung bahan-bahan kimia toksik dan logam-logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan. Bahan-bahan kimia merupakan bahan yang berbahaya dan memiliki resiko tinggabila tercemar ke lingkungan, karena memiliki zat yang bersifat racun (toksik). Tidak hanya bahan-bahan kimia, akan tetapi dimiliki oleh logam-logam berat misalnya Fe, Hg, Cr, dan lainnya sehingga aliran buangan limbah laboratorium akan membahayakan lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya bila tidak dilakukan pengolahan limbah lebih dahulu.

Air limbah yang di hasilkan oleh kegiatan praktikum di laboratorium termasuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), sehingga proses netralisasi saja tidak cukup untuk membuang limbah cair laboratorium tersebut ke badan air tanpa pengolahan lebih lanjut. Oleh sebab itu perlu dibuat suatu rangkaian metode pengolahan air limbah sehingga air limbah yang diproduksi dapat terolah dengan baik dan memenuhi baku mutu lingkungan sebelum dibuang. Beberapa metode yang telah diterapkan untuk mengolah air limbah laboratorium di antaranya metode adsorpsi dengan pretreatment netralisasi dan koagulasi, namun proses ini belum berhasil memenuhi baku mutu untuk pH (Nurhayati dkk, 2018). Pengolahan air limbah laboratorium terpadu dengan sistem kontinyu telah dilaporkan oleh Raimon (Raimon, 2011). Sistem tersebut melibatkan proses koagulasi-flokulasi, dan penyaringan dengan menggunakan karbon aktif, zeolite, serta resin. Namun proses ini sangat mengandalkan pengenceran. Sehingga diperlukan air dalam jumlah jumlah besar yang kurangekonomis.

#### 2. Advanced Oxidation Processes (AOPs)

Dibandingkan pengolahan limbah dengan proses fisik dan biologis, proses pengolahan air limbah secara kimiawi relatif lebih efektif, salah satunya yaitu dengan teknologi Advanced Oxidation Processes (AOPs). AOPs dalam arti luas, mengacu pada suatu rangkaian prosedur pengolahan secara kimia yang dirancang untuk menguraikan zat organik dalam air dan air limbah dengan proses oksidasi melalui reaksi dengan radikal hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ). Radikal hidroksil merupakan spesies aktif yang bersifat radikal, mudah bereaksi dengan senyawa



## BAB III METODE PENELITIAN

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada tahun 2021, bertempat di Laboratorium Rekayasa Energi dan Pengolahan Limbah Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Laboratorium Kimia Fisika UPT Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya, Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan Jurusan Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Sriwijaya, dan Laboratorium Riset Terpadu Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

### **Alat yang Digunakan**

Pada penelitian ini alat yang digunakan antara lain beaker glass, erlenmeyer, labu ukur, spatula, pengaduk kaca, cawan porselen, pipet tetes, pipet ukur, dan bulb. Semua peralatan gelas merupakan produk dari Iwaki Pyrex. Selain peralatan gelas digunakan juga alat ukur pH meter (Hanna), Neraca Analitik (Adam), Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Shimadzu), UV Vis Spectrophotometer, dan SEM EDS (Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X Ray Spectrometry) serta alat penunjang analisa yaitu Oven (Memmert), Hot plate stirrer, Furnace, dan seperangkat alat vakum.

### **Bahan yang Digunakan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain Asam Nitrat 65 % pro analysis (Merck), Gas Asetilen,  $Pb(NO_3)_2$  (Merck),  $CuSO_4$  (merck), Karbon Aktif (teknis), Zeolit (teknis), NaOH (Merck), akuades, kertas saring whatman 42 dan kertas saring whatman millipore dengan pori  $0.45 \mu m$ . Sedangkan untuk preparasi fotokatalis digunakan bahan-bahan yaitu  $ZnCl_2$ , NaOH,  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ ,  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ,  $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ,  $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ , air deionisasi, air distilat, PEG4000, pewarna sintetik metilen biru dan metil oranye.

### **Variabel dan Prosedur Penelitian**

#### **Pretreatment Adsorpsi**

Pada penelitian ini akan digunakan variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap yang digunakan ada 3 variabel yaitu lamanya waktu pengadukan, lamanya waktu pengendapan dan suhu proses adsorpsi sedangkan variabel bebasnya adalah dosis/konsentrasi penambahan adsorben karbon aktif dan zeolit.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan eksperimen serta praktikum pada Laboratorium Kimia Organik UPT Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya adalah salah satu sumber limbah. Kegiatan yang dilakukan di laboratorium sebagian besar menggunakan bahan kimia yang berbahaya bagi lingkungan. Meskipun volumenya tidak sebanyak limbah industri, limbah laboratorium dapat menurunkan kualitas air dan lingkungan jika tidak diolah dengan baik sebelum dibuang ke air maupun lingkungan.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Palembang, diketahui bahwa limbah laboratorium Kimia Organik Universitas Sriwijaya mengandung logam berat tembaga (Cu) sebesar 44,68 mg/L, besi (Fe) sebesar 119,91 mg/L, serta Pb sebesar 0,97 mg/L. Tabel 1 berikut ini memuat hasil Analisa Kadar awal dan Baku Mutu Logam Cu, Fe, dan Pb pada Air Limbah Menurut Permen LH no. 5 Tahun 2014. Pada tahun ini, dilakukan uji coba penggunaan fotokatalis ZnO untuk mengolah air limbah laboratorium Kimia Organik dengan bantuan sinar matahari.

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil Analisa Awal
Tembaga (Cu)	mg/L	2	44,68
Besi (Fe)	mg/L	5	119,91
Timbal	mg/L	0,1	0,97

Tabel 1. Hasil Analisa Kadar Awal dan Baku Mutu Logam Cu, Fe, dan Pb pada Air Limbah Menurut Permen LH no. 5 Tahun 2014

Penelitian dilakukan dengan melakukan optimalisasi pH dan dosis fotokatalis pada limbah sintetik yang selanjutnya diaplikasikan terhadap air limbah yang bersumber dari Laboratorium Kimia Organik Universitas Sriwijaya. Nilai pH pada limbah sintetik diatur pada angka 4 hingga 8 dengan penambahan NaOH dan HCl.

Setelah mendapatkan nilai pH optimum, penelitian dilanjutkan ke tahap optimalisasi dosis fotokatalis pada air limbah sintetik. Variasi dosis fotokatalis yang digunakan adalah 0,1; 0,2; 0,4; 0,5; dan 0,6 g/L.

### Karakterisasi Fotokatalis ZnO

Karakterisasi fotokatalis dilakukan dengan tujuan untuk memastikan bahwa fotokatalis yang digunakan adalah benar-benar padatan ZnO serta melihat struktur dan ukuran kristal fotokatalis yang digunakan saat penelitian dilakukan.

## BAB V KESIMPULAN

1. Jenis koagulan berpengaruh terhadap penurunan BOD, COD, TSS, Fe, Zn, Cu, Cr total, dan Pb. Koagulan optimum yaitu tawas 80 ppm dengan penurunan rata-rata yaitu 58,21%.
2. Jenis adsorben berpengaruh terhadap penurunan BOD, COD, TSS, Fe, Zn, Cu, Cr total, dan Pb. Adsorben optimum yaitu karbon aktif dengan waktu kontak 1 jam dengan penurunan rata-rata yaitu 83,25%.
3. Penggunaan reagen Fenton berpengaruh terhadap penurunan BOD, COD, TSS, Fe, Zn, Cu, Cr total, dan Pb. Rasio molar reagen Fenton optimum yaitu 1:300 dengan penurunan rata-rata yaitu 90,8%.
4. Pengolahan air limbah laboratorium dengan reagen Fenton dan pretreatment koagulasi dan adsorpsi, telah memenuhi baku mutu untuk BOD, COD, TSS, Cu, Pb, namun belum memenuhi baku mutu untuk Zn, Fe, dan Cr total.
5. Pada pengolahan air limbah laboratorium dengan metode fotokatalisis menggunakan katalis ZnO, nilai pH mempengaruhi penurunan kadar logam berat Cu, Fe, dan Pb, namun pengaruh pH kurang terlihat secara signifikan untuk range pH 4-8. Nilai pH optimum terhadap persentase removal tiap logam yaitu logam Cu pada pH 8 (99,46%), logam Fe pada pH 6 (99,95%), serta logam Pb pada pH 8 (99,69%).
6. Dosis katalis mempengaruhi penurunan kadar logam berat Cu, Fe, dan Pb. Pada fotokatalisis limbah sintetik, dosis katalis paling efektif untuk logam Cu pada dosis 0,5 g/L (99,82%), logam Fe pada dosis 0,2 (99,96%), serta logam Pb pada dosis 0,1 g/L (99,28%). Semakin tinggi dosis katalis, persentase removal logam berat cenderung semakin besar.
7. Waktu mempengaruhi penurunan kadar logam berat Cu, Fe, dan Pb. Semakin lama waktu semakin besar persen penurunan kadar logam, namun setelah 15 menit penurunan kadar logam tidak signifikan lagi. Penurunan optimum terjadi pada 15 menit pertama dimana persentase removal sudah mendekati 100%.
8. Pengolahan dengan proses fotokatalis ZnO dapat menurunkan kadar logam Cu, Fe, dan Pb pada air limbah laboratorium sebesar 99% atau mendekati 100%, sehingga memenuhi baku mutu air limbah menurut Permen LH No. 5 Tahun 2014.

**BAB VI**  
**TARGET LUARAN DAN KESIAPTERAPAN TEKNOLOGI (TKT)**

Luaran yang ditargetkan berupa jurnal internasional bereputasi serta laporan disertasi dan tesis. Selain itu akan dihasilkan Teknologi Tepat Guna dalam mengolah air limbah laboratorium. Adapun TKT penelitian ini diharapkan mencapai TKT 5, dimana komponen teknologi telah divalidasi dalam lingkungan yang relevan. Pada tahun pertama, peralatan dan mesin pendukung akan diujicoba dalam laboratorium, serta telah dilakukan modifikasi kondisi operasi sesuai dengan lingkungan yang sesungguhnya. Pada tahun kedua rangkaian proses dalam bentuk purwarupa telah dibuat, serta integrasi proses terkait telah selesai dan siap diujicobakan pada lingkungan nyata dalam proses pengolahan air limbah laboratorium.

No	Jenis Luaran	Indikator Capaian		
		TS*	TS+1	
<b>Luaran Wajib</b>				
1	Disertasi	Disertasi dari mahasiswa bimbingan yang terlibat dalam riset tersebut	V	
2	Tesis	Tesis dari mahasiswa bimbingan yang terlibat dalam riset tersebut	V	
3	Publikasi karya ilmiah dengan jumlah satu untuk masing-masing Promotor	Jurnal internasional bereputasi	2 draft	2 published
		Jurnal nasional terakreditasi minimal Sinta-2	2 draft	1 published
	(Corresponding Author), Co-Promotor, dan Mahasiswa Bimbingan (salah satu dari)			
<b>Luaran Tambahan berupa (dua dari)</b>				
1	Produk atau proses yang berpotensi memperoleh HKI			
2	Buku ajar ber-ISBN			
3	Teknologi tepat guna/rekayasa sosial-ekonomi/rumusan kebijakan publik		V	
4	Pengakuan dari peers-nya sebagai narasumber di bidangnya (berupa undangan sebagai pembicara kunci dalam temu ilmiah atau sebagai dosen/peneliti tamu), atau meraih penghargaan ( <i>award</i> ) dari pemerintah atau asosiasi		V	V

**BAB VII**  
**ANGGARAN BIAYA**

Jenis	Penggunaan	Nama Item	Jumlah Item	Satuan	Biaya Satuan	Subtotal	
Bahan	Fotokatalis	ZnCl <sub>2</sub>	250 g	250 g	Rp 1.116.000	Rp 1.116.000	
	Bahan Baku ZnO untuk analisa di lab malang	ZnO Pro-Analyst 5 gram	1	pack	Rp 35.000	Rp 35.000	
	Botol sampel tambahan + Ongkir	Botol Kaca Amber 100 ml	60	pcs	Rp 151.000	Rp 151.000	
	Akuades Tambahan	Akuades 20 L	2	jerigen	Rp 100.000	Rp 200.000	
		Akuades 20 L (Dirasonita)	1	jerigen	Rp 170.000	Rp 170.000	
	Kertas pH	pH Test Paper	1	pack	Rp 100.000	Rp 100.000	
	Kertas Saring	Kertas Saring Lembaran	2	Lembar	Rp 30.000	Rp 60.000	
	Bahan Habis pakai	Hidrogen Peroxide	1	1 kg	Rp 50.000	Rp 50.000	
		Aquadest	4	4L	Rp 16.000	Rp 64.000	
		Karbon Aktif	1	1kg	Rp 25.000	Rp 25.000	
	Biaya peralatan	Filter Bag 5 micron	2	2 buah	Rp 41.300	Rp 82.600	
		Lampu Philips UV 3 set	3	3 buah	Rp 285.567	Rp 856.700	
		Kertas saring	2	2 lembar	Rp 22.000	Rp 44.000	
		Kertas saring	5	5 lembar	Rp 17.600	Rp 88.000	
		Jerigen 1 Liter	18	18 buah	Rp 5.000	Rp 90.000	
		Kertas saring	2	2 lembar	Rp 19.500	Rp 39.000	
		Aquadest	20L				Rp 110.000
		karbon aktif	1 kg				Rp 30.000
		H2O2	1 kg				Rp 50.000
		Caustik soda	1 kg				Rp 30.000
		gergaji besi	1				Rp 40.000
		meteran	1				Rp 15.000
		kunci pas 12	1				Rp 15.000
		kunci inggris	1				Rp 40.000
		gerinda	1				Rp 350.000
	drat tedmond	1				Rp 12.000	
	SDL 1/2	1				Rp 3.000	
kunci 12-13	2				Rp 45.000		
pipa 1/2 in abu-abu	1				Rp 18.000		

## BAB VIII JADWAL KEGIATAN DAN TEMPAT RISET

### Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian direncanakan selama 10 bulan kerja dengan agenda sebagaimana terlihat pada tabel berikut:

Table Rencana Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan Ke												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Persiapan alat dan bahan													
	- Pemesanan bahan kimia - Pemesanan peralatan penunjang - Perangkaian peralatan - Preparasi zeolit dan karbon aktif - Pembuatan Reagen - Sintesis material fotokatalis													
2	Instalasi dan pengujian peralatan													
	- Karakterisasi fotokatalis - Percobaan pendahuluan - Analisis pendahuluan													
3	Penelitian													
	- Pengumpulan data - Analisis sampel - Tabulasi data dan grafik													
4	Pengolahan dan Analisis data													
	- Menyimpulkan hasil analisis - Membuat pembahasan													
6	Pembuatan laporan dan artikel													
7	Seminar internasional													
8	Submit Publikasi Jurnal													

### Tempat Kegiatan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada tahun 2021-2022, bertempat di Laboratorium Rekayasa Energi dan Pengolahan Limbah Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Laboratorium Kimia Fisika UPT Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya, dan Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan Jurusan Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Sriwijaya di Indralaya. Serta, Laboratorium Riset Terpadu Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya di Palembang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Luigi, C., dan Lorenza, T., 2015, Pengaruh Ketinggian Unggun Zeolit dan Suhu Aktivasi Zeolit Terhadap Penurunan Konsentrasi Fosfat pada Air Limbah Laundry Sintetik, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 21, No. 1, hal 47-52
- Agustina, T. E., 2016, Pengolahan Limbah Cair dengan Metode Oksidasi Lanjutan, Unsri Press, Palembang
- Agustina, T. E., Kurnia, L., dan Novilasari, D., 2016, Penggunaan Reagen Fenton dan Adsorpsi Terhadap Penurunan Kadar COD pada Air Limbah Pencucian Biji Kopi, *Majalah ilmiah Sriwijaya, Sains & Teknologi*, Vol. XXVII No. 13, hal 33-41
- Agustina, T.E., Sirait, E. J., and Silalahi, H., 2017, Treatment of Rubber Industry Wastewater by Using Fenton Reagent and Activated Carbon, *Jurnal Teknologi*, Vol 79, No 7-2, pp.31-37, 2017.
- Agustina, T. E., Teguh, D., Wijaya, Y., Mermaliandi, F., Bustomi, A., Manalaoon, J., Theodora, G., and Rebecca, T., 2019, Study of Synthetic Dye Removal Using Fenton/TiO<sub>2</sub>, Fenton/UV, and Fenton/TiO<sub>2</sub>/UV Methods and the Application to Jumputan Fabric Wastewater, *Acta Polytechnica*, Vol. 59, No. 06, pp.527-535.
- Ainurrofiq, M. N., Purwono., dan Hadiwidodo, M. 2017. Studi Penurunan TSS, Turbidity dan COD Dengan Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Keong Sawah (*Pila Ampullacea*) Sebagai Nano Biokoagulan Dalam Pengolahan Limbah Cair PT. Pharpros, TBK Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1): 1-13.
- Alalm, M.G. & Tawfik, A., 2013. Fenton and solar photo fenton oxydation of industrial wastecontaining pepticides. In *International Water Technology Conference, IWTC 17*. Istanbul, pp.1-10.
- Alver, A., Basturk, E., Kilic, A., and Karatas, M., 2015. Use of advance oxidation process to improve the biodegradability of olive oil mill effluents. *Process Safety and Environmental Protection*, 98, pp.319-324.
- Andriansyah E., Agustina, T. E., and Arita, 2019, Leachate Treatment of TPA Talang Gulo, Jambi City by Fenton Method and Adsorption, *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, Vol 4, No 1 pp 20-24
- Aziz, T., Pratiwi, Y., Dwi., dan Rethiana, L. 2013. Pengaruh Penambahan Tawas (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) dan Kaporit Ca(OCl)<sub>2</sub> Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Bokare, A.D. & Choi, W., 2014. Review of iron-free Fenton-like systems for activating H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in advanced oxidation processes. *Journal of Hazardous Materials*, 275, pp.121-135.
- Chandel, N., Sharma, K., Sudhaik, A., Raizada, P., Ahmad Hosseini-Bandegharai, A., Thakur, V., K., and Singh, P., 2020, Magnetically Separable ZnO/ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> and ZnO/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Photocatalysts Supported onto Nitrogen Doped Graphene for Photocatalytic Degradation of Toxic Dyes, *Arabian Journal of Chemistry* 13 (2), pp 4324-40.

- Dwiasi, D. W. 2014. Aplikasi Metode Advanced Oxidation Processes untuk Menurunkan Kadar Metil Orange. Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia VI, 512. Surakarta.
- Febrina, L dan Ayuna, A. 2015. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*. 7(1): 35-44.
- Hidayanto, E., H. Sutanto., K. Sofian., dan Z. Arifin. 2013. Pembuatan Lapisan Fotokatalis Zinc Oxide (ZnO) dengan Teknik Spray Coating dan Aplikasinya pada Pengering Jagung. *Jurnal Berkala Fisika*. Vol. 16(4) : 119-124.
- Karamah, E. F., 2008, Pengaruh ozon dan konsentrasi zeolit terhadap kinerja proses pengolahan limbah cair yang mengandung logam dengan proses floatasi. *Makara Teknologi*.
- Maulana, G. G., 2017, Proses Aktivasi Arang Aktif Dari Cangkang Kemiri, *Ziraa'ah* Volume 42 No. 3, Oktober 2017
- Nurhayati I, Sugito, dan Pertiwi, A., 2018, Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi Dan Koagulasi, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 10, Nomor 2, Juni 2018 Hal. 125-138
- Putri, U. N., Agustina, T. E., Faizal, M, and Teguh, D., 2018, Utilization of Pineapple Leaves Adsorbent for Decreasing Phosphate Content of Laundry Waste, *International Journal of Scientific & Technology Research*, Volume 7, Issue 12, pp 7-11
- Raimon, 2011. Pengolahan Air Limbah Laboratorium Terpadu dengan Sistem Kontinyu, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* Vol. 22 No. 2, hal 18-27
- Siregar, S. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta: Kanisius.
- Sutapa, I. D. A. 2014. Perbandingan Efisiensi Koagulan Poly Aluminium Klorida dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut Dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Ris.Geo*. 24(1): 12-21.
- Sutherland, J. P., Folkard, G. K. dan Grant W. D. 1990. Natural coagulants for appropriate watertreatment: a novel approach. *Journal Waterlines*. 8(4): 30-32.
- Wulandari, I., S. Wardhani, dan D. Purwonugroho. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis ZnO pada Zeolit. *Chemistry Student Journal*. Vol. 1(2) : 241-247.
- Yani, S. A., Agustina, T.E., and Hadiyah, F. 2020, Treatment of Pulp and Paper Industry Wastewater by using Fenton Method, *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. Vol 5, No 2, pp.49-53
- Yulia, R. & Meilina, H., 2016. Aplikasi Metode Advance Oxidation Process (AOP) Fenton pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 11(1), pp.1-9.