

T E S I S
PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM
MENGGUNAKAN PROSES AOPs SECARA
TERINTEGRASI



Oleh :

MARIA SISWI WIJAYANTI

NIM. 03012682024009

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
BIDANG KAJIAN UTAMA TEKNOLOGI LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

T E S I S
PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM
MENGGUNAKAN PROSES AOPs SECARA
TERINTEGRASI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik Universitas
Sriwijaya**



Oleh :

MARIA SISWI WIJAYANTI

NIM. 03012682024009

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
BIDANG KAJIAN UTAMA TEKNOLOGI LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM MENGGUNAKAN
PROSES AOPs SECARA TERINTEGRASI**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**MARIA SISWI WIJAYANTI
NIM. 03012682024009**

Telah disetujui

Pembimbing I,



**Prof. Dr. Hj. Tuty Emilia Agustina, ST, MT, Ph.D.
NIP. 19720809 200003 2001**

Pembimbing II,



**Dr. Ir. H. Hatta Dahlan, M.Eng
NIP. 195910191987111001**

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



**Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 19750201 200012 2001**

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



**Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19670615 199512 1002**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul "Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Proses AOPs Secara Terintegrasi" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 15 Desember 2022.

Palembang, 23 Desember 2022

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis


Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
NIP.195805141984031001


()

Anggota :

1. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP.196010111985032002
2. Novia, S.T., M.T., PhD
NIP.197311052000032003
3. Elda Melwita, S.T., MT., PhD
NIP.197505112000122001

()

()

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 19670615 199512 1002

Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maria Siswi Wijayanti

NIM : 03012682024009

Judul : Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Proses AOPs
Secara Terintegrasi

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2022

Yang Membuat Pernyataan,



Maria Siswi Wijayanti

NIM. 03012682024009

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat-Nya laporan proposal tesis yang berjudul “Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan AOPs secara Terintegrasi” dapat diselesaikan dengan baik. Laporan proposal tesis ini dibuat sebagai persyaratan untuk dapat mengikuti seminar hasil pada Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Palembang.

Selama pembuatan laporan proposal tesis ini penulis banyak menerima bantuan, maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. David Bahrin, S.T., M.T. sebagai Koordinator Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Tuty Emilia Agustina, ST, MT, Ph.D sebagai Dosen pembimbing pertama yang telah banyak membantu dalam memberikan motivasi, bimbingan, waktu dan pengertian yang luar biasa
3. Bapak Dr. Ir. H. Hatta Dahlan, M.Eng sebagai pembimbing kedua yang telah banyak mendukung dan membantu dalam menyelesaikan laporan tesis ini
4. Seluruh Dosen pengajar Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan proposal tesis ini. Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan proposal tesis ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap agar laporan proposal tesis ini dapat diterima dan bermanfaat bagi semua pihak

Palembang, 25 November 2022

Penulis

RINGKASAN

PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM MENGGUNAKAN PROSES AOPs SECARA TERINTEGRASI

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Desember 2022

Maria Siswi Wijayanti, Dibimbing oleh Prof. Dr. Hj. Tuty Emilia Agustina, ST,
MT, Ph.D dan Dr. Ir. H. Hatta Dahlan, M.Eng

Proses AOPs dengan praperlakuan Koagulasi dan Adsorpsi + 88 halaman, 14
Tabel, 8 Gambar, 2 lampiran

RINGKASAN

Penggunaan bahan-bahan kimia dalam kegiatan praktikum ataupun penelitian di dalam laboratorium tentunya akan menghasilkan air limbah. Air Limbah yang dihasilkan dari laboratorium tergolong limbah berbahaya dan/atau beracun. Berdasarkan zat yang terkandung di dalam air limbah laboratorium secara kolektif dan dalam kurun waktu yang lama apabila dibuang langsung ke lingkungan akan mencemari lingkungan serta berdampak bagi makhluk hidup disekitarnya. Komposisinya yang reaktif dan berbahaya karena mengandung logam berat seperti Pb, Fe, Cu dan logam berat lainnya serta COD yang tinggi sehingga sulit terurai di alam. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah air limbah laboratorium menggunakan metode AOPs dengan pretreatment koagulasi dan adsorpsi. Persentasi maksimum penurunan nilai TSS pada proses koagulasi adalah 99,7%. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada penurunan kadar logam berat Pb, Fe, Cu dengan karbon aktif sebagai adsorben dan penurunan COD menggunakan reagen Fenton. Persentase maksimum penurunan logam berat Pb, Fe dan Cu dengan proses Fenton dilanjutkan dengan proses adsorpsi berturut turut sebesar 95,67%, 99,98% dan 99,93% dengan massa optimum

adsorben yang digunakan adalah 1,5 gram. Sedangkan persentase penurunan COD tertinggi tercapai pada rasio molar reagen Fenton 1:1200 yaitu mencapai 99,98%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan air limbah laboratorium secara terintegrasi melalui serangkaian proses koagulasi, adsorpsi, dan reagen Fenton telah memenuhi baku mutu lingkungan.

Kata kunci: Air Limbah Laboratorium, Koagulasi, Adsorpsi, Reagen Fenton, COD, TSS, Logam Berat Pb, Fe, Cu

SUMMARY

DETERMINATION OF COAGULANT DOSAGE AND STIRRING TIME IN LABORATORY WASTEWATER PRETREATMENT

Scientific writing in the form of a thesis, December 2022

Maria Student Wijayanti, Supervised by Prof. Dr. Hj. Tuty Emilia Agustina, ST,
MT, Ph.D and Dr. Ir. H. Hatta Dahlan, M.Eng

AOPs process with coagulation and adsorption pre-treatment + 88 pages, 14
tables, 8 pictures, 2 attachments

SUMMARY

The use of chemicals in practical activities or research in the laboratory will certainly produce waste water. Wastewater generated from laboratories is classified as hazardous and/or toxic waste. Based on the substances contained in laboratory wastewater collectively and in a long period of time, if discharged directly into the environment, it will pollute the environment and have an impact on living things around it. Its composition is reactive and dangerous because it contains heavy metals such as Pb, Fe, Cu and other heavy metals and high COD which makes it difficult to decompose in nature. This study aims to treat laboratory wastewater using the AOPs method with coagulation and adsorption pretreatment. The maximum percentage of TSS reduction in the coagulation process is 99.7%. Therefore, this study focused on reducing the levels of heavy metals Pb, Fe, Cu with activated carbon as an adsorbent and reducing COD using Fenton's reagent. The maximum percentage of reduction of heavy metals Pb, Fe and Cu by the Fenton process was followed by an adsorption process of 95.67%, 99.98% and 99.93% respectively with the optimum mass of adsorbent used was 1.5 grams. Meanwhile, the highest percentage of COD reduction was achieved at the Fenton reagent molar ratio of 1:1200, which was 99.98%. So it

can be concluded that integrated laboratory wastewater treatment through a series of coagulation, adsorption, and Fenton reagent processes has met environmental quality standards.

Keywords: Laboratory Wastewater, Coagulation, Adsorption, Fenton's Reagent, COD, TSS, Heavy Metal Pb, Fe, Cu

DAFTAR ISI

Contents

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Air Limbah	6
2.1.1. Klasifikasi Berdasarkan Jenis Sumbernya	7
2.1.2. Karakteristik.....	8
2.1.3. Pengolahan.....	9
2.2. Sumber Air Limbah Laboratorium	9
2.3. Karakteristik Air Limbah Laboratorium	10
2.4. Dampak Limbah Laboratorium	15
2.5. Teknik Pengolahan Air Limbah	17
2.6. Proses Pengolahan Air Limbah	19
2.6.1. Secara Alami.....	20
2.6.2. Secara Buatan.....	21
2.7. Koagulasi	23
2.8. Adsorpsi	26
2.9. Advanced Oxidation Processes (AOPs)	30
2.10.1 Jenis-Jenis AOPs	32
2.10.2 Integrasi AOPs dengan Metode Koagulasi-Flokulasi.....	35
2.10. Reagen Fenton	36
2.10.1. Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂)	40
2.10.2. Katalis Besi (Fe ²⁺).....	42
2.10.3. Radikal Hidroksil (OH•)	43
2.11. Baku Mutu Air Limbah Laboratorium	59

2.12. Parameter Penelitian	60
2.12.1. COD	61
2.12.2. TSS	62
2.12.3. Logam Berat.....	63
2.13. Penelitian sebelumnya	53
BAB III	57
METODOLOGI PENELITIAN	57
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	57
3.2. Alat dan Bahan	57
3.3. Prosedur Penelitian	70
3.4. Analisa Sampel	72
3.5. Alur Pelaksanaan Penelitian	61
BAB IV	60
HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1 Pengaruh Pretreatmen Koagulasi terhadap parameter uji.....	60
4.2 Pengaruh Pretreatmen Adsorpsi 1 Terhadap Kandungan Logam Berat Pb	61
4.3. Pengaruh Pretreatmen Adsorpsi 1 Terhadap Kandungan Logam Berat Fe.....	62
4.4 Pengaruh Pretreatmen Adsorpsi 1 Terhadap Kandungan Logam Berat Cu	63
4.5 Pengaruh Rasio Molar Reagen Fenton Terhadap Penurunan COD ...	64
4.6 Proses Adsorpsi 2	65
BAB V	66
PENUTUP	66
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil Uji Awal Air Limbah Laboratorium	7
Tabel 2.2. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan Metode AOPs	34
Tabel 2.3. Sifat fisika hidrogen peroksida	40
Tabel 2.4 Potensial oksidasi dari beberapa oksidator	43
Tabel 2.5 Komponen yang dapat teroksidasi oleh radikal hidroksil (OH•)	44
Tabel 2.6 Baku Mutu Air Limbah	46
Tabel 2.7 Penelitian Sebelumnya.....	52
Tabel 4.1.1. Hasil Analisa Cara Menentukan Konsentrasi Koagulan	62
Tabel 4.1.2 Reduksi Penentuan Dosis Koagulan	62
Tabel 4.2.1 Hasil Analisa Cara Menentukan Berat Adsorben	63
Tabel 4.2.2 Reduksi Penentuan Berat Adsorben.....	63
Tabel 4.3 Hasil Analisa Proses Adsorpsi 1 terhadap Kualitas Air Limbah.....	64
Tabel 4.4 Hasil Analisa Proses Fenton terhadap Kualitas Air Limbah.....	66
Tabel 4.5 Hasil Analisa Proses Adsorpsi 2 terhadap Kualitas Air Limbah.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme teknologi AOPs pada air limbah	32
Gambar 2.2 Hidrogen peroksida (H ₂ O ₂).....	41
Gambar 2.3 Besi (II) Sulfat (Fe ₂ SO ₄ .7H ₂ O)	42
Gambar 2.4 Diagram alir penelitian	59
Gambar 4.1. Grafik Reduksi pada Praperlakuan proses Koagulasi terhadap kualitas air limbah.....	65
Gambar 4.2 Grafik Reduksi pada Praperlakuan proses Adsorpsi 1 terhadap kualitas air limbah.....	67
Gambar 4.3. Grafik Reduksi pada Praperlakuan proses Fenton terhadap kualitas air limbah.....	69
Gambar 4.4 Grafik Reduksi pada Praperlakuan proses Adsorpsi 2 terhadap kualitas air limbah.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Laboratorium merupakan salah satu penunjang kegiatan pendidikan dan penelitian di perguruan tinggi. Aktivitas laboratorium menghasilkan limbah yang dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Limbah laboratorium berasal dari sisa bahan-bahan kimia yang digunakan saat praktikum dan penelitian yang sudah tidak digunakan lagi atau telah kadaluarsa menurut tanggal produksinya. Hal ini mengakibatkan limbah yang dihasilkan bervariasi tergantung aktivitas yang ada pada limbah laboratorium tersebut (Niken, 2017).

UPT. Laboratorium Terpadu memiliki lima laboratorium yang terdiri dari Laboratorium Kimia Fisika, Laboratorium Kimia Organik, Laboratorium Kimia Umum, Laboratorium Fisika Dasar, dan Laboratorium Biokimia. Air 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 air limbah yang dihasilkan rata-rata sebesar 20-30 liter/semester pada Semester Ganjil dan Genap Tahun Akademik 2019/2020. Sejauh ini, air 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 air limbah yang dihasilkan. Meskipun hasil buangan air 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. Menurut Niken Hayudanti Anggarini, 2017, dalam jumlah tertentu dengan kadar tertentu, kehadirannya dapat merusak kesehatan bahkan mematikan manusia atau kehidupan lainnya

sehingga perlu ditetapkan batas-batas yang diperkenankan dalam lingkungan pada waktu tertentu .

Penggunaan bahan-bahan kimia dalam kegiatan praktikum atau penelitian di dalam laboratorium akan menghasilkan air limbah. Air limbah laboratorium dapat berasal dari bahan baku yang telah kadaluarsa, bahan habis pakai, produk proses di laboratorium, produk upaya penanganan limbah, sisa bahan kimia yang selesai digunakan, dan sisa sampel yang diuji. Air limbah yang dihasilkan potensial berbahaya dan/atau beracun yang dapat mencemarkan atau merusak lingkungan baik secara langsung maupun tidak langsung (Subamia dkk., 2016). Untuk membuang air limbah laboratorium tersebut ke badan air, proses netralisasi saja tidak cukup tanpa pengolahan lebih lanjut. Jika langsung dialirkan ke badan perairan akan mengurangi kadar oksigen terlarut yang diperlukan oleh organisme perairan karena oksigen tersebut justru digunakan sebagai pengoksidasi senyawa organik yang terkandung dalamnya serta berpotensi menyebabkan terjadinya perubahan dan penurunan kualitas air baik secara fisik maupun kimiawi yang pada akhirnya akan mengganggu keseimbangan lingkungan perairan (Nurhayati dkk., 2018)

Beberapa teknologi pengolahan air limbah telah banyak dikembangkan untuk mengatasi permasalahan air limbah seperti adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif dari ampas tebu (Nurhayati dkk., 2018), koagulasi dengan bahan kimia ataupun koagulasi dengan penyaringan (Rosyidah, 2018), proses biologis dengan pemanfaatan mikroorganisme dan lumpur aktif. Namun seringkali teknologi tersebut membutuhkan biaya operasional yang sangat mahal, baik dari segi pembelian bahan-bahan kimia, instalasi dan penggunaan lahan maupun dari segi waktu proses yang relatif lama (Agustina, 2015 a)

Salah satu cara untuk mengolah air limbah tersebut adalah dengan proses yang dikenal dengan *Advanced Oxidation Processes* (AOPs). Reagen Fenton yang merupakan senyawa hidrogen peroksida (H_2O_2) dengan katalis besi (Fe_2^+) termasuk salah satu dari metode *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) yang akan digunakan dalam penelitian ini. Kelebihan pengolahan air dengan

proses Fenton yaitu tidak menghasilkan emisi gas sehingga tidak memerlukan pengolahan gas buangan dan membutuhkan energi yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan proses ozon dan sinar UV (Agustina, 2015 a).

Dibandingkan pengolahan limbah dengan proses fisik dan biologis, proses pengolahan limbah secara kimiawi relatif lebih efektif, Selain cukup ekonomis karena mampu menghemat tempat dan energi, biaya investasi murah, aman, sederhana, proses pengolahannya juga cepat dan efektif serta dapat mendegradasi atau menguraikan senyawa-senyawa berbahaya yang bersifat *non-biodegradable* dalam limbah melalui oksidasi. Oksidasi dengan reagen Fenton merupakan metode oksidasi yang menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2) sebagai pengoksidasinya dan besi (Fe^{2+}) sebagai katalis yang memiliki kemampuan oksidasi tinggi dalam mengoksidasi kontaminan atau air limbah. Semua proses oksidasi tersebut menghasilkan radikal hidroksil (OH^\bullet) dan merupakan senyawa oksidator yang digunakan untuk mengoksidasi kontaminan yang terkandung dalam suatu air limbah (Fauzi, 2018).

Penelitian ini bertujuan menganalisa hasil pengolahan air limbah laboratorium menggunakan metode AOPs yaitu reagen Fenton dengan praperlakuan koagulasi dan adsorpsi. Metode reagen Fenton digunakan karena memiliki waktu reaksi yang singkat. Kelebihan lainnya yaitu prosesnya mudah dilakukan serta dikontrol, besi dan H_2O_2 murah dan tidak beracun, batasan transfer massa tidak ada karena katalis bersifat homogen, dan tidak ada energi terlibat sebagai katalis. Reagen Fenton memiliki fungsi sebagai pendegradasi senyawa kontaminan yang sulit terurai dalam suatu limbah untuk penurunan optimum kadar *Chemical Oxygen Demands* (COD) pada air limbah laboratorium. Pretreatment yang dilakukan dalam pengujian dilakukan untuk menghilangkan *Total Suspended Solids* (TSS) dan logam berat. Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan oleh Audiana, 2017 menggunakan proses koagulasi dan adsorpsi nilai parameter yang diujikan masih tidak memenuhi baku mutu pencemaran air limbah menurut Peraturan Menteri No.5 Tahun

2014. Sehingga perlu dilakukan integrasi metode reagen Fenton dengan pretreatment koagulasi dan adsorpsi. Berdasarkan data hasil penelitian Cahyana (2018) pereaksi Fenton sangat efektif untuk mengolah air limbah yang konsentrasi COD-nya dalam kisaran 500 mg/L dengan menggunakan rasio dosis 1:300 mmol.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh proses koagulasi terhadap kualitas air limbah.
2. Bagaimana pengaruh massa adsorben terhadap kualitas air limbah.
3. Bagaimana pengaruh Proses Fenton terhadap kualitas air limbah.
4. Bagaimana pengaruh Proses Adsorpsi 2 terhadap kualitas air limbah.
5. Apakah pengolahan air limbah laboratorium menggunakan AOPs dengan reagen Fenton dengan pretreatment koagulasi serta adsorpsi secara terintegrasi ini dapat memenuhi kualitas air limbah sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengevaluasi dan menganalisis pengaruh proses koagulasi terhadap kualitas air limbah.
2. Untuk mengevaluasi dan menganalisis pengaruh massa adsorben terhadap kualitas air limbah.
3. Untuk mengevaluasi dan menganalisis pengaruh Proses Fenton terhadap kualitas air limbah.
4. Untuk mengevaluasi dan menganalisis pengaruh Proses Adsorpsi 2 terhadap kualitas air limbah.
5. Untuk mengevaluasi dan menganalisis apakah pengolahan limbah laboratorium menggunakan AOPs dengan reagen Fenton dan praperlakuan koagulasi serta adsorpsi secara terintegrasi ini dapat memenuhi kualitas air limbah sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan?

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain adalah :

1. Tersedianya alternatif unit pengolahan limbah sederhana untuk mengolah air limbah laboratorium sehingga mengurangi tingkat pencemaran lingkungan.
3. Memberikan informasi dan pengetahuan mengenai salah satu cara pengolahan air limbah menggunakan praperlakuan Koagulasi, Praperlakuan Adsorpsi 1 dengan Proses Fenton dan dilanjutkan dengan proses adsorpsi 2 dengan mengetahui kemampuannya dalam menurunkan kandungan COD, TSS, Fe, Cu, dan Pb agar memenuhi kualitas air limbah sesuai dengan baku mutu.
4. Memperoleh informasi mengenai kondisi optimum dengan mengetahui pengaruh massa koagulan dan pengaruh berat adsorben terhadap penurunan COD, TSS, Fe, Cu, Pb untuk memenuhi kualitas air limbah sesuai dengan baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Komala, R., Faizal, M. 2015 a . *Application of TiO₂ Nano Particle Photocatalyst to Degradate Synthetic Dye Wastewater Under Solar Irradiation*. Contemporary Engineering Science, Vol. 8, No. 34, pp. 1625-1636. HIKARI Ltd.
- Agustina, T. E., Mermaliandi, F., Anugrah, Y. J. 2015 b. *Pengaruh Konsentrasi, Waktu Reaksi, dan Rasio Molar pada Pengolahan Pewarna Sintetik Procion Red Menggunakan Foto-Fenton*. Laporan Penelitian Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya
- Agustien, R. R., Indrayanti, D. S., Hastuti, E. 2014. Pemanfaatan Adsorben Nata De Coco Untuk Pengolahan Air Tercemar Logam Berat Cu, Cd, Dan Cr Skala Laboratorium. *Jurnal Permukiman* Vol. 9 No. 3 November 2014 : 129-135.
- Anami, R. W., Maslahat, M., Dian, A. 2020. Presipitasi Logam Berat Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Natrium Sulfida Dari Belerang Alam. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Biologi dan Kimia*. Vol. 10, No. 2.
- Apriyanti, H., Candra, I. N. 2018. *Karakterisasi Isoterm Adsorpsi Dari Ion Logam Besi (Fe) Pada Tanah Di Kota Bengkulu*. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*, 2(1), pp. 14–19.
- Askari, H. 2015. *Perkembangan Pengolahan Air Limbah*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung. https://www.researchgate.net/publication/287791837_Perkembangan_Pengolahan_Air_Limbah.
- Audiana, M., Apriani, I., Kadaria, U. 2017. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan Dengan Koagulasi dan Adsorpsi Untuk Menurunkan COD, Fe, dan Pb*. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Vol. 5, No. 1.
- Butt, M. T., Khokar, A., Iqbal, K., Khan, R. K (2013). *Coagulation–Flocculation Studies of Laboratory Wastewater using Different Combinations*. *Journal- Chemical Society of Pakistan*, 35(3).
- Cahyana, G. H., Permadi, D. 2018. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan Metode Aops (Advanced Oxidation Processes) Dengan Pereaksi Fenton (H₂O₂ dan FeSO₄) Pada Skala Batch*. *ENVIROSAN : Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 1 No. 1.

- Dahlan, H. M., Sitanggang, W., Dedy, S., 2016. *Perbandingan Pengolahan Limbah Cair Karet Dengan Koagulan Asam Formiat, Asap Cair dan Asam Sulfat Menggunakan Teknologi Membran*, Jurnal Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
- Deng, Y. dan Zhao, R. 2015. *Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Waste Water*. Springer Internasional Publishing. USA.
- Dewi, 2012. *Penyerapan Logam Berat Pb dan Cu Menggunakan Karbon Aktif Berbasis Mahkota Nanas Dengan Variasi Konsentrasi Kalium Hidroksida*. <http://ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI>
- Dwiasi, D. W., Setyaningtyas, T., Riyani, K. 2018. *Penurunan Kadar Metilen Biru Dalam Limbah Batik Sokaraja Menggunakan Sistem Fe₂O₃-H₂O₂-UV*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan Vol. 13, No. 1, Hlm. 78 - 86, 2018 ISSN 1412-5064, e-ISSN 2356 -1661
<https://doi.org/10.23955/rkl.v12i1>.
- Fauzi, A. R., Agung, R.T. 2018. *Kombinasi Fenton dan Fotokatalis sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik*. Jurnal Envirotek, 10(1).
- Febrina, L., Ayuna, A. 2015. *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. Jurnal Teknologi, 7, pp. 35–40. doi: 10.24853/jurtek.7.1.35-44.
- Indah, D. R., Hatimah, H., Hulyadi. 2021. *Efektivitas Ampas Tahu Sebagai Adsorben Logam Tembaga Pada Air Limbah Industri*. Hydrogen : Jurnal Kependidikan Kimia. Vol.8 , No,2, p-ISSN: 2338-6487, e-ISSN: 2656-3061 pp.57-66
- Irman,J. 2013. *Kriteria Teknik Pengelolaan Air Limbah*.
<https://www.slideshare.net/metrosanita/modul-1-4-kriteria-pengelolaan-air-limbah>
- Jenti, U. B., Nurhayati, I. 2014. *Pengaruh Penggunaan Media Filtrasi Terhadap Kualitas Air Kabupaten Sidoarjo*. Waktu, 12, pp. 34–38.
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. Jakarta.
- Masriatini, R., Fatimura, M.2018. *Pemanfaatan Karbon Aktif sebagai Penyerap ion Besi*. Jurnal Universitas PGRI, Vol.5
- Mandal, S., Calderon, J., Marpu, S.B., Omary, M.A., and Shi, S.Q. 2021. *Mesoporous Activated Carbon as A Green Adsorbent for the Removal of*

Heavy Metals and Congo Red: Characterization, Adsorption Kinetics, and Isotherm Studies. Journal of Contaminant Hydrology. 243. 103869

- Mermaliandi dan Yourdan. 2015. *Pengaruh Konsentrasi, Waktu Reaksi dan Rasio Molar pada Pengolahan Pewarna Sintetis Procion Red Menggunakan Foto-Fenton.* Laporan Penelitian Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Metcalf dan Eddy. 1999. *Wastewater Engineering Treatment And Reuse.* Mc. Graw-Hill. New York.
- Mukmin, A., Purwanto, A., Syahroni, C., Moenir, M., Rame, Budiarto, A. 2017. *Integrasi Teknologi Koagulasi-Flokulasi dengan Filter Silika-Karbon aktif Up Flow sebagai Unit Pengolahan Air Limbah Industri Karpas.* Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri. JRTPI 8 (1).
- Naceradska, J., L. Pivokonska, and M. Pivokonsky (2019). *On The Importance of pH Value in Coagulation.* Journal of Water Supply: Research and Technology Aqua, 68(3); 222–230.
- Nurhayati. 2018. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Adsorpsi dan Pretreatment Netralisasi dan Koagulasi.* Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan
- Nurhayati, I., Vigiani, S., Majid, D. 2020. *Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), COD dan BOD Limbah Cair Laboratorium dengan Pengenceran, Koagulasi dan Adsorpsi.* ECOTROPHIC, Vol. 14 No. 1, p-ISSN:1907-5626,e-ISSN:2503-3395.
- Niken Hayudanti Anggarini. 2017. *Identifikasi, Karakterisasi, Dan Solusi Alternatif Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia, Seminar Nasional Riset Inovatif 2017 ISBN: 978-602-6428-11-0*
- Peraturan Gubernur Sumatera Selatan. 2012. *Mengenai Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil.* No. 8.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.* Lembaran Negara Republik Indonesia, nomor 153, Sekretaris Negara Republik Indonesia. Jakarta.
- Priambodo, A. N., Wijayanto, A. A., Udyani, K. 2019. *Pengolahan Limbah Industri Batik Tulis dengan Metode Gabungan Adsorpsi dan Elektrokoagulasi.* Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. ISSN (print): 2686-0023, ISSN (online): 2685-6875.

- Raimon., Said M. 2017. *Laboratory effluent Treatment by Using Coagulant Alum sulphate and Poly Aluminium Chloride (PAC)*. Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry.
- Riwayati, Indah H, H.P. 2014. *Adsorpsi Logam Berat Timbal dan Kadmium Pada Limbah Batik Menggunakan Biosorbent Pulpa Kopi*. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi. pp.0–8.
- Rosyidah, A., Purwanti, E. 2018. *Pemanfaatan Limbah Aluminium sebagai Koagulan dalam Pengolahan Limbah Cair dan Penjernihan Air*. IPTEK Journal of Proceedings Series.
- Setyawati, H. 2018, *Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor sebagai Koagulan pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu di Sentra Industri Tahu Kota Malang*. Jurnal Teknik Industri ITN Malang, Vol. 8, No. 1.
- Sisyanreswari, H., Oktiawan, W., Rezagama, A. 2014, *Penurunan TSS, COD, dan Fosfat pada Limbah Laundry Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit*. Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Susanto, D., Rezagama, A., Sudarno. 2017. *Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Kombinasi Koagulasi-Flokulasi ($FeCl_3$) dan AOPs ($Fe-H_2O_2$)*. Jurnal Teknik Lingkungan, Vol. 6, No. 2.
[http://wikipedia.com/Fenton's reagent](http://wikipedia.com/Fenton's_reagent). Diakses pada bulan September 2017.
- Sari, A., and Tuzen, M. 2014. *Cd (II) Adsorption from Aqueous Solution by Raw and Modified Kaolinite*. Applied Clay Science 88-89. 63-72.
- Sari, Y. S. 2019. *Mengolah COD Pada Limbah Laboratorium*. Jurnal Komunitas : Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Vol. 1, No. 2, Januari 2019
- Sholichin, M. 2012. *Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya. Malang.
- Subamia, I. D. P., Wahyuni, S., Widiasih, N. N. 2017, *Identifikasi, Karakterisasi, dan Solusi Alternatif Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia*. Seminar Nasional Riset Inovatif 2017 ISBN: 978-602-6428-11-0.
- Sulistiyanti, D., Antoniker, Nasrokhah. 2018. *Penerapan Metode Filtrasi Dan Adsorpsi Dalam Pengolahan Limbah Laboratorium*. EduChemia, Jurnal Kimia dan Pendidikan, Vol.3, No.2, e-ISSN 2502-4787.

- Supraptiah, E., Ningsih, A.S., Fatria, Amalia, U. 2014. *Penyerapan Logam Pb dengan Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kemiri sebagai Adsorben*. Jurnal Kinetika, Volume 5 Hal 9-13, ISSN 1693-9050
- Widayatno, T. 2017. *Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif*. Jurnal Teknologi Bahan Alam Vol. 1 No. 1.
- Yulaipi, S., dan Aunurohim. 2013. *Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Hubungannya dengan Laju Pertumbuhan Ikan Mujair (Oreochromis mossambicus)*. Jurnal Sains dan Seni Pomits, 2(2), pp.1–5. 166-170.
- Yustinah. 2019. *Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch*. Jurnal.umj.ac.id/index.php/konversi, Volume 9