

LAPORAN PENELITIAN

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR
FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI-FLOKULASI**



Disusun oleh:

FARAJ MUHAMMAD RIFQI	(3335200050)
ACHMAD RIVALDI ALFALAQ	(3335200088)

**JURUSAN TEKNIK KIMIA-FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2024

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : Achmad Rivaldi Alfalaq

NIM : 3335200088

JURUSAN : Teknik Kimia

JUDUL : Pengolahan Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar FT Untirta
Dengan Metode Aerasi dan Koagulasi-Flokulasi

Bersedia

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas adalah benar karya saya sendiri dengan arahan dari pembimbing dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Cilegon, 17 Juni 2025



Achmad Rivaldi Alfalaq

LAPORAN PENELITIAN

PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI- FLOKULASI

Disusun oleh:

FARAJ MUHAMMAD RIFQI (3335200050)

ACHMAD RIVALDI ALFALAQ (3335200088)

Telah disetujui oleh Dewan Pembimbing dan telah dipertahankan di hadapan
Dewan Penguji pada tanggal. 04... Oktober 2024

Dosen Pembimbing



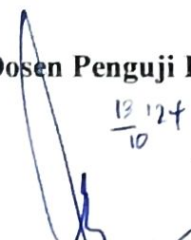
Rusdi, S.T., M.T.
NIP. 196711252005011002

Dosen Penguji I



Dr. Iqbal Syaichurrozi, S.T., M.T.
NIP. 199003202014041001

Dosen Penguji II



Wardalia, S.T., M.T.
NIP. 198406202008122002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Heri Heriyanto, S.T., M.Eng.
NIP. 197510222005011002

ABSTRAK

PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI-FLOKULASI

Oleh:

Faraj Muhammad Rifqi (3335200050)

Achmad Rivaldi Alfalaq (3335200088)

Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar FT Untirta menghasilkan air limbah dengan tingkat pH yaitu 1,35 dan kadar TDS, TSS, COD, Fe yang cukup tinggi, yaitu 4125 ppm, 3850 ppm, 2544,02 ppm, dan 738,9 ppm. Sampai saat ini air limbah Laboratorium Kimia Dasar belum ada pengolahan, sementara ditampung di jerigen, lalu diberikan kepada pihak ketiga dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif pengolahan air limbah kimia dasar, mengetahui perbandingan efektivitas koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC) dan mendapatkan jenis serta dosis optimum. Pengolahan air limbah dilakukan secara fisika dan kimia yaitu proses aerasi atau tanpa aerasi dilanjut dengan koagulasi-flokulasi. Sebelum dilakukan proses pengolahan air limbah tersebut, dilakukan proses pengenceran (1:4). Proses aerasi selama 30 menit tiap sampel, dilanjutkan proses koagulasi-flokulasi dengan koagulan aluminium sulfat dan PAC dengan dosis 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm, dan 90 ppm. Proses pengadukan koagulasi 100 rpm dan pengadukan flokulasi 40 rpm, selanjutnya dilakukan pengendapan 30 menit. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan koagulan aluminium sulfat optimum sebesar 90 ppm dengan proses aerasi. Efisiensi penyisihan dengan proses aerasi didapat TDS 95,64 %, TSS 95,93 %, dan Fe 99,99 %. Khusus untuk efisiensi penyisihan COD yang terbaik tanpa aerasi sebesar 97,96 %. Untuk parameter pH terjadi penurunan dari 7,65 menjadi 6,74. Koagulan aluminium sulfat atau tawas dalam hal ini lebih efektif dalam menurunkan parameter air limbah laboratorium kimia dasar dibandingkan dengan PAC.

Kata Kunci : Aerasi, Air Limbah , Flokulasi, Koagulasi, Parameter Air limbah

ABSTRACT

WASTEWATER TREATMENT OF FT UNTIRTA BASIC CHEMISTRY LABORATORY USING AERATION AND COAGULATION-FLOCCULATION METHODS

By:

Faraj Muhammad Rifqi (3335200050)

Achmad Rivaldi Alfalaq (3335200088)

Wastewater from the Basic Chemistry Laboratory of FT Untirta produces wastewater with a pH level of 1.35 and fairly high levels of TDS, TSS, COD, Fe, namely 4125 ppm, 3850 ppm, 2544.02 ppm, and 738.9 ppm. Until now, the wastewater of the Basic Chemistry Laboratory has not been processed, while it is stored in jerry cans, then given to third parties and requires quite a large cost. This study aims to provide an alternative for basic chemical wastewater treatment, to determine the comparison of the effectiveness of aluminum sulfate and Poly Aluminum Chloride (PAC) coagulants and to obtain the optimum type and dosage. Wastewater treatment is carried out physically and chemically, namely the aeration or no aeration process followed by coagulation-flocculation. Before the waste water treatment process is carried out, a dilution process is carried out (1:4). The aeration process lasted 30 minutes for each sample, followed by the coagulation-flocculation process with Aluminum Sulfate and PAC coagulants at doses of 30 ppm, 50 ppm, 70 ppm and 90 ppm. Coagulation stirring process at 100 rpm and flocculation stirring at 40 rpm, then settling for 30 minutes. Based on the research results, it can be concluded that the optimum use of aluminum sulfate coagulant is 90 ppm with the aeration process. The removal efficiency with the aeration process obtained TDS 95.64%, TSS 95.93%, Fe 99.99%. For the pH parameter, there was a decrease from 7.65 to 6.74. Aluminum sulfate coagulant or alum in this case is more effective in reducing basic chemical laboratory wastewater parameters compared to PAC.

Keywords: Aeration, Coagulation, Flocculation, Wastewater, Wastewater parameter

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT., karena atas ridho dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian ini yang berjudul “PENGOLAHAN AIR LIMBAH LABORATORIUM KIMIA DASAR FT UNTIRTA DENGAN METODE AERASI DAN KOAGULASI-FLOKULASI”. Penulis menyadari jika selama proses pengerjaan laporan penelitian ini, banyak pihak yang telah memberi bantuan dan dukungannya, oleh karena itu, penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Keluarga yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian laporan penelitian.
2. Bapak Dr. Heri Heriyanto, S.T., M. Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia FT UNTIRTA.
3. Ibu Prof. Dr. Rahmayetty., S.T., M.T. selaku Koordinator Penelitian Jurusan Teknik Kimia FT UNTIRTA.
4. Bapak Rusdi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kami yang mengarahkan dan membimbing penelitian sampai selesai.
5. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan namanya satu-persatu

Penyusunan tugas ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak. Dengan terselesaikannya laporan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya.

Cilegon, September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah.....	5
2.2 Air Limbah	6
2.3 Metode Pengolahan Air Limbah.....	7
2.4 Air Limbah Laboratorium Kimia Dasar.....	8
2.5 Standar Baku Mutu Air Limbah.....	8
2.6 Parameter Kualitas Air Limbah.....	9
2.7 Proses Pengolahan Limbah.....	12
2.7.1 Aerasi	12
2.7.2 Koagulasi.....	13
2.7.3 Flokulasi	13

2.8 Koagulan.....	14
2.8.1 Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).....	14
2.8.2 Poly Aluminium Chloride (PAC).....	15
2.9 Flokulan.....	15
2.9.1 Polimer Anionik.....	16
2.10 Faktor yang Mempengaruhi Proses Koagulasi-Flokulasi.....	16
2.11 Spektrofotometer Uv-Vis.....	18
2.12 Jar Test.....	19

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian	21
3.1.1 Diagram Alir <i>Pre-treatment</i> Air Limbah.....	21
3.1.2 Diagram Alir Pembuatan Larutan Koagulan dan Flokulan.....	22
3.1.3 Diagram Alir Aerasi dan Netralisasi Air Limbah.....	22
3.1.4 Diagram Alir Proses Koagulasi-Flokulasi	23
3.1.5 Diagram Alir Analisis pH	23
3.1.6 Diagram Alir Analisis TDS	24
3.1.7 Diagram Alir Analisis TSS.....	24
3.1.8 Diagram Alir Analisis COD	25
3.1.9 Diagram Alir Analisis Fe	26
3.2 Prosedur Penelitian.....	27
3.2.1 <i>Pre-treatment</i> Air Limbah	27
3.2.2 Pembuatan Larutan Koagulan dan Flokulan.....	27
3.2.3 Aerasi dan Netralisasi Air Limbah.....	28
3.2.4 Proses Koagulasi-Flokulasi	28
3.2.5 Analisis pH	28
3.2.6 Analisis TDS	29
3.2.7 Analisis TSS.....	29
3.2.8 Analisis COD.....	30
3.2.9 Analisis Fe	30

3.3 Alat dan Bahan	30
3.3.1 Alat	30
3.3.2 Bahan.....	32
3.4 Metode Pengolahan dan Analisis Data.....	32
3.5 Variabel Penelitian.....,	33
3.5.1 Variabel Tetap.....	33
3.5.2 Variabel Bebas.....	33
3.5.3 Variabel Terikat.....	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pra Koagulasi-Flokulasi.....	34
4.2 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH.....	39
4.3 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS.....	41
4.4 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS.....	44
4.5 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD.....	46
4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe.....	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Standar Baku Mutu Air Limbah.....	9
Tabel 4.1 Air Limbah Sebelum Koagulasi-Flokulasi	35
Tabel 4.2 Penurunan Nilai pH	39
Tabel 4.3 Penyisihan Kadar TDS.....	42
Tabel 4.4 Penyisihan Kadar TSS.....	44
Tabel 4.5 Penyisihan Kadar COD.....	46
Tabel 4.6 Penyisihan Kadar Fe.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Spektrofotometer Uv-Vis.....	18
Gambar 2.2 <i>Jar Test</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Alir <i>Pre-treatment</i> Air Limbah.....	21
Gambar 3.2 Diagram Air Pembuatan Larutan Koagulan dan Flokulan.....	22
Gambar 3.3 Diagram Alir Aerasi dan Netralisasi Air Limbah.....	22
Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Koagulasi-Flokulasi.....	23
Gambar 3.5 Diagram Alir Analisis pH.....;	23
Gambar 3.6 Diagram Alir Analisis TDS.....	24
Gambar 3.7 Diagram Alir Analisis TSS.....	24
Gambar 3.8 Diagram Alir Analisis COD.....	25
Gambar 3.9 Diagram Alir Analisis Fe.....	26
Gambar 3.10 Rangkaian Alat Aerasi dan Koagulasi-Flokulasi.....	31
Gambar 4.1 Air Limbah Kimia Dasar.....	34
Gambar 4.2 a. Air Limbah Setelah Pengenceran	35
b. Air Limbah Setelah Penambahan NaOH.....	36
Gambar 4.3 Aerasi Pada Air Limbah.....	37
Gambar 4.4 Aluminium Sulfat dan PAC.....	37
Gambar 4.5 Polimer Anionik.....	38
Gambar 4.6 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan pH.....	39
Gambar 4.7 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TDS.....	42
Gambar 4.8 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan TSS.....	44
Gambar 4.9 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan COD.....	47
Gambar 4.10 Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penyisihan Fe.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah merupakan air buangan dari berbagai aktivitas manusia. Kandungan zat dalam air limbah perlu diketahui sebagai langkah awal untuk menentukan perlakuan yang tepat terhadap air limbah tersebut. Air limbah mempunyai sifat fisik, kimia, dan biologi. Sifat fisik pada air limbah adalah kejernihan, warna, bau, temperatur, dan kandungan zat padat berefek estetika. Air limbah biasanya mengandung zat organik yang bersifat *degradable*. Air limbah yang tidak diproses dengan baik yang masih mengandung polutan dapat mengontaminasi sistem ekologi termasuk sumber daya air terbuka seperti laut, sungai dan danau, juga di wilayah udara dan tanah (Harahap dkk, 2020).

Aktivitas sehari-hari di berbagai sektor menghasilkan hasil sisa berupa air limbah yang bersumber salah satunya dari laboratorium. Jenis air limbah yang dihasilkan bisa dari berbagai laboratorium. Salah satu laboratorium yang menghasilkan volume air limbah yang banyak dan mengandung bahan kimia yang beragam adalah laboratorium kimia dasar. Limbah yang dihasilkan salah satunya tergolong jenis limbah B3. Air limbah laboratorium kimia dasar di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UNTIRTA menghasilkan air limbah dengan tingkat pH yaitu 1,35 dan kadar TDS, TSS, COD, Fe terlarut yang cukup tinggi, yaitu 4125 ppm, 3850 ppm, 2544,02 ppm, dan 738,9 ppm. Sampai saat ini air limbah laboratorium kimia dasar belum ada pengolahan dari pihak universitas (Fadhila dkk, 2018).

Air limbah laboratorium kimia dasar dihasilkan dari kegiatan laboratorium terkhusus lembaga pendidikan sementara ditampung dengan jerigen, selanjutnya diserahkan kepada pihak ketiga untuk diolah dan membutuhkan biaya yang cukup

mahal. Jika air limbah laboratorium langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan, banyaknya kandungan senyawa organik dan anorganik menyebabkan kerusakan lingkungan, seperti rusaknya struktur pada tanah, keseimbangan ekosistem terganggu, dan gangguan kesehatan manusia. Diperlukan metode penanganan yang tepat karena dari jenis air limbah laboratorium apapun mempunyai karakteristik berbeda terhadap dampak yang akan ditimbulkan (Wijayanti dkk, 2024).

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, semakin banyak metode pengolahan air limbah yang bisa digunakan. Salah satu metode pengolahan air limbah yang ingin digunakan yaitu metode fisika-kimia didahului dengan aerasi dilanjut dengan proses koagulasi-flokulasi. Metode aerasi dan koagulasi-flokulasi memiliki beberapa kelebihan, diantaranya efisien, mampu menghilangkan partikel tersuspensi, biaya operasi murah, dan proses yang sederhana. Proses aerasi bertujuan untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dengan menurunkan kadar polutan berbahaya, logam berat, zat-zat organik, dll. Proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan dan flokulan dengan kelebihan masing-masing yang dapat mengikat partikel koloid sehingga mudah mengendap membentuk flok berukuran makro. Hal tersebut akan menurunkan kandungan zat pencemar yang terdapat pada air limbah (Iwuozor, 2019).

Riskawanti dkk, (2016) melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah perendaman karet rakyat dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat, PAC, dan FeCl_3 dengan dosis 2 g/L, 4 g/L, dan 8 g/L untuk menurunkan kadar COD, BOD, TDS, dan TSS. Proses pengolahan air limbah dilakukan dengan pengadukan cepat 200 rpm selama 3 menit, dilanjut dengan pengadukan lambat 50 rpm selama 10 menit. NaOH ditambahkan untuk menetralkan pH air limbah sebelum proses koagulasi-flokulasi. Selanjutnya, proses pengendapan sampel dilakukan selama 1 jam. Diperoleh kadar optimum untuk COD, BOD, dan TSS

berturut-turut sebesar 37,07 ppm, 14,29 ppm, dan 24 ppm sesuai standar baku mutu air limbah. Akan tetapi, kadar TDS dan warna masih belum memenuhi standar baku mutu air limbah.

Tantri dkk, (2023) juga melakukan penelitian dengan metode koagulasi-flokulasi untuk mengolah limbah penyamakan kulit menggunakan koagulan PAC. Dosis koagulan PAC, yaitu 1 %, 2%, 3 %, 4 % dan 5%, pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit, pengadukan lambat 25 rpm selama 15 menit, dan waktu pengendapan selama 15 menit. Diperoleh hasil optimum dengan dosis 5 ml koagulan PAC 5 %, pH akhir 6 dan kekeruhan 67 NTU.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan pengolahan air limbah dengan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk menurunkan parameter air limbah yang tinggi. Selain itu, penelitian yang akan dilakukan menjadi sebuah solusi untuk mengolah air limbah secara mandiri dan tidak bergantung pada pihak lain sehingga lebih meminimalisir biaya pengeluaran. Pengolahan air limbah menggunakan jasa lembaga pengolah air limbah yang bersertifikat membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga akan meningkatkan biaya pemeliharaan lingkungan bagi lembaga pendidikan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Laboratorium Kimia Dasar FT UNTIRTA menghasilkan air limbah yang terdiri dari berbagai jenis. Air limbah laboratorium yang belum melalui tahapan pengolahan dengan baik atau dibuang langsung akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan air limbah yang tepat. Metode pengolahan limbah yang digunakan adalah aerasi dan koagulasi-flokulasi dengan menggunakan beberapa parameter, seperti dosis koagulan dan flokulan, pH air limbah, aerasi dan

tanpa aerasi. Dengan menggunakan metode aerasi dan koagulasi-flokulasi diharapkan dapat menurunkan kadar air limbah yang tinggi.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan alternatif pengolahan air limbah laboratorium kimia dasar, mengetahui perbandingan efektivitas koagulan aluminium sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC), dan mendapatkan jenis serta dosis optimum suatu koagulan.

1.4 Ruang Lingkup

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses pengolahan air limbah dengan aerasi dan koagulasi-flokulasi. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air limbah Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Jenis koagulan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium Sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC). Lalu, jenis flokulan yang digunakan adalah polimer anionik. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Banten Jaya, Kota Serang pada temperatur dan tekanan atmosferik. Pengujian parameter COD dan Fe dilakukan di Laboratorium Pengujian Air, Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK), Provinsi Banten, Kota Serang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhlaque, S. ae. al. (2017). *Wastewater Treatment by Aeration Method*. International Journal of Creative Research Thoughts. Everest College of Engineering and Technology, Aurangabad, India, 5(4), 869-874.
- Andhika, B., Wahyuningsih, P., dan Fajri, R. 2020. *Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Bahan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan*. Jurnal Sains Dan Terapan, 2(1),14-22.
- Anzar, E., 2018. *Pengolahan Limbah Cair Dengan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Alat Jarrest Untuk Penurunan Kadar Logam Fe Pada Laboratorium Pengendalian Pencemaran*. Jurnal Teknologi dan Manajemen Pengelolaan Laboratorium.1(1).23-27.
- Asmiyarna, L., Daud, S., dan Darmayanti, L. 2021. *Pengaruh Dosis Koagulan Belimbing Wuluh Serta Pengaruh pH Dalam Menyisihkan Warna dan Zat Organik pada Air Gambut*. Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik.8(1):1-5.
- Chong, M. (2012). *Direct flocculation process for wastewater treatment*". In: Sharma, S.K.; Sanghi, Rashmi," *Advances in Water Treatment and Pollution Prevention* ", 1st Ed., Springer Netherlands, Dordrecht, 2012.
- Fadhila, Y. R., Ihsan, dan Sahara. 2018. *Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia Dengan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi, Filtrasi, Dan Pengikatan Logam Dengan Asam Jawa*. Jurnal Fisika dan Terapannya. 1(5):72-81.
- Hammer. (1986). *Water and Wastewater Technology*. John Wiley and Sons. New York.

- Harahap, M. R., Amanda, L. D., dan Matondang, A. H. 2020. *Analisis Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-VIS*. Ar-Raniry Chemistry Journal. 2(2): 79-83.
- Iwuozor, K. O. (2019). *Prospects and challenges of using coagulation-flocculation method in the treatment of effluents*. Advanced Journal of Chemistry-Section A, 2(2): 105-127.
- Komala, R., dan Aziz, S. 2019. *Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik*. Jurnal Redoks, 4(2):7-16.
- Martini, Sri., Yuliwati, E., dan Kharismadewi, D. 2020. *Pembuatan Teknologi Limbah Cair Industri*. Jurnal Distilasi. 5(2): 26-33.
- Nasriyanti, D. (2020). *Aktivitas Koagulasi Ekstrak NaCl Biji Lamtoro (Leucaena leucocephala) dan Biji Turi (Sesbania grandiflora) dalam Pengolahan Air Sungai Selokan Mataram*. Skripsi. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
- Nur, M. F. M. R., dan Ningsih, E. 2020, September. *Kombinasi Koagulan dan Flokulan dalam Pengolahan Air Limbah Industri Farmasi*. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. 1(1): 339-344.
- Nurhayati, I., Vigiani, S., dan Majid, D. 2020. *Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), COD, Dan BOD Limbah Cair Laboratorium Dengan Pengenceran, Koagulasi Dan Adsorpsi*. Jurnal Ilmu Lingkungan. 14(1): 74-87.
- Nurhayati, I., Sugito, dan Pertiwi, A. 2018. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Adsorpsi Dan Pre-treatment Netralisasi Dan Koagulasi*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. 10(2): 125-138.

Permen LH-5-2014 *tentang-Baku-Mutu-Air-Limbah.pdf*.

Prameswara, M. I., dan Sa'diyah, K. 2024. *Pengaruh Rasio Penambahan Aluminium Sulfat Pada Pengolahan Limbah Cair Pusat Perbelanjaan Secara Koagulasi-Flokulasi*. DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi, 10(1): 219-232.

Raimon, R. 2011. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium Terpadu dengan Sistem Kontinyu*. Jurnal Dinamika Penelitian Industri, 22(2): 18-27.

Ramayanti, D., dan Amna, U. 2019. *Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (Potential Hydrogen) Limbah Cair Di PT.Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe*. Jurnal Kimia Sains dan Terapan. 1(1): 16-21.

Riskawanti, dkk. 2016. *Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Metode Koagulasi Dan Flokulasi Menggunakan Aluminium Sulfat, Ferri Klorida, Dan Poli Aluminium Klorida (PAC)*. Biopropal Industri, 7(1): 17-25.

Sabilina, P. E., Setiawan, A., dan Afiuddin, A. E. (2018). *Studi Penggunaan Dosis Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride) dan Flokulan Polymer Anionic Pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. In Conference Proceeding on Waste Treatment Technology, 1(1): 183-188.

Sank, R. K. (1986). *Water Treatment Plant Design for The Practising Engineer*. Ann Arbor Science Publisher, Inc. Michigan.

Sumarwanto, P., dan Hartati, Y. 2018. *Penanganan Air Limbah Cucian Alat Gelas Laboratorium Dengan Metode Spektrofotometri Menggunakan Pereaksi Biru Metilen*. Indonesia Laboratory of Journal. 1(1):11-15.

Suryanti, Tri. dkk. 2019. *Penurunan Kadar TSS dan COD Pada Limbah Cair Industri Batik Dengan Metode Gabungan Koagulasi Dan Adsorbsi*. Seminar Sains dan Teknologi Terapan VII. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. 113-118.

- Susilo, N. A., dan Finela, A. 2022. *Pengaruh Penambahan HCl Dan Alum Sebagai pH Adjuster Terhadap Proses Koagulasi Dan Parameter Biologis Pada Pengolahan Air Limbah Industri Kertas* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sains Bandung), 5(2): 8-13.
- Sutrisno, dan Suciati. 1987. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Penerbit Rineka Cipta Karya, Jakarta.
- Tantri, N. B., Juhana, S., dan Yuliatmo, R. 2023. *Optimasi Dosis Poli Alumunium Clorida (Pac) Untuk Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit Pada Proses Koagulasi flokulasi*. Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit, 22(1): 16-16.
- Vitricia, V. (2022). *Efektivitas Metode Aerasi Bubble Aerator Dalam Menurunkan Kadar Bod Dan Cod Air Limbah Rps Laundry Kota Malang* (Doctoral dissertation, ITN MALANG).1-8.
- Wahyudin, H. K. 2022. *Optimalisasi Dosis Aluminium Sulfat dalam Metode Jar Test pada IPA di PDAM Tirta Prabujaya Kota Prabumulih*. Jurnal Kolaboratif Sains, 5(12): 834-838.
- Wartiono, T., dan Rosyida, A. 2018. *Pemilihan tawas, ferri khlorida dan ferro sulfat sebagai zat koagulan yang paling efektif dalam pengolahan limbah cair tekstil*. Jurnal Teknika ATW, 6(1).
- Wijayanti, M. S. dkk. 2024. *Pengolahan Air Limbah Laboratorium Menggunakan AOPs Secara Terintegrasi*. Jurnal Ilmu Lingkungan.22(1): 142-149.
- Wulan, P. P., Dianursanti, M. G., dan Nugroho, W. A. 2010. *Optimasi Penggunaan Koagulan pada Pengolahan Air Limbah Batubara*. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* ISSN (Vol. 1693, p. 4393).

Zakaria, A. dkk. 2021. *Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Alumunium Chloride dengan metode Jar Test*. Warta Akab, 45(2): 98-104.

Zaimaturahmi, N. dkk. 2023. *Kombinasi Koagulan Tawas dan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk Penurunan Warna pada Air Limbah Batik*. Buletin Keslingmas, 42(4), 196-201.