

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS DAN WAKTU KONTAK PADA
PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME) KOLAM
ANAEROBIK MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI
DAN FILTRASI ZEOLIT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Sarjana di Jurusan Kimia pada Fakultas MIPA**



Oleh :

NURISA LAYLA IMTIHANA

08031181823107

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI KUAT ARUS DAN WAKTU KONTAK PADA
PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME) KOLAM
ANAEROBIK MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI
DAN FILTRASI ZEOLIT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh:

**NURISA LAYLA IMTIHANA
08031181823107**

Indralaya, 29 Juni 2022

Dosen Pembimbing



**Dr. Bambang Yudono, M.Sc.
NIP. 196102071989031004**

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Nurisa Layla Imtihana/08031181823107 dengan judul “Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu Kontak pada Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Kolam Anaerobik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit”, telah dipertahankan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 20 Juni 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 29 Juni 2022

Ketua:

Dr. Bambang Yudono, M.Sc.

NIP. 196102071989031004

()

Anggota:

1. Dr. Suheryanto, M.Si.

NIP. 196006251989031006

()

2. Fahma Riyanti, M.Si.

NIP. 197204082000032001

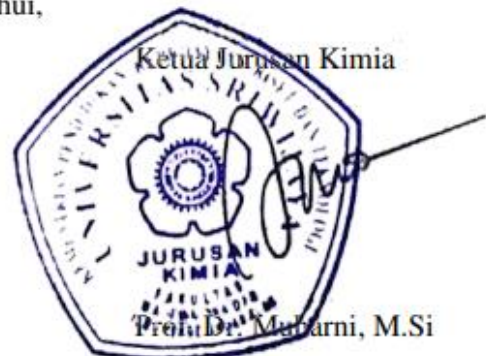
()



Hermanawan, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197111191997021001

Mengetahui,



Prof. Dr. Mubarni, M.Si

NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Nurisa Layla Imtihana
NIM : 08031181823107
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 29 Juni 2022

Penulis



Nurisa Layla Imtihana
NIM. 08031181823107

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai Civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

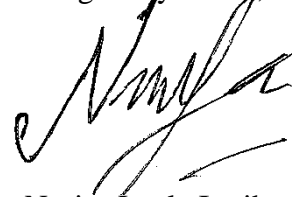
Nama Mahasiswa : Nurisa Layla Imtihana
NIM : 08031181823107
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu Kontak Pada Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Kolam Anaerobik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 29 Juni 2022

Yang menyatakan,



Nurisa Layla Imtihana
NIM. 08031181823107

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebaikan dirinya sendiri”.

(QS. Al-Ankabut : 6)

~~~~~

*“EVERY DAY IS RACE, THE LAST BUT NOT LEAST”*

*“Setiap hari langkah kehidupan begitu cepat, bagaikan pembalap berebut dan melaju menjadi nomor satu, tetapi yang terakhir bukanlah yang terburuk”.*

~~~~~

“Thanks god for giving me someone, who give so many thing meaning of life”

Alhamdulillah

“Segala puji bagi Allah SWT dengan segala kemudahan dan waktu yang tepat atas kehendak-Nya untuk menyelesaikan skripsi ini”

_Karya ilmiah ini kupersembahkan kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi bapak dan ibu tercinta “Abdul Hasim dan Supriyati” yang selalu mendukung, memotivasi dan mendo’akan tiada henti, dosen pembimbing “Dr.

Bambang Yudono, M.Sc.” yang selalu siap sedia membimbing kehidupan perkuliahan di sela kesibukan dan kelelahan, adikku tersayang, my lovely, saudara serta keluarga besarku, sahabat seperjuanganku, orang-orang yang pernah hadir dalam hidupku, dan Almamater tercinta Universitas Sriwijaya tanpa kalian semua saya bukan apa-apa._

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur atas rahmat dan karunia Allah SWT sehingga penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: “Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu Kontak Pada Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Kolam Anaerobik Menggunakan Metode Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, pengambilan sampel, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun, dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Bambang Yudono, M.Sc. selaku dosen Pembimbing Akademik dan Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT. membalas kebaikan bapak berlipat-lipat ganda, selalu dilimpahkan kesehatan dan selalu dalam lindungan Allah SWT. Aamiin.

Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Hermansyah, Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Suheryanto, M.Si., Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si., dan Ibu Fahma Riyanti, M.Si. selaku pembahas dan penguji pada seminar hasil dan siding sarjana.
5. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.

6. Ibu Siti Nuraini, S.T., Ibu Yuniar, S.T. M.Sc., dan Ibu Hanida Yanti, A.Md. selaku analis di Laboratorium Kimia yang selalu membantu dalam hal administrasi fasilitas laboratorium keperluan tugas akhir.
7. Kepada kedua orang tua penulis, Bapak Abdul Hasim dan Ibu Supriyati yang selalu memberikan kasih sayang, doa, segala dukungan, bantuan terutama ketika penulis berada di titik terendah, serta atas kesabarannya yang sangat luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis yang merupakan anugrah terbesar dalam hidup. Kedua adikku tersayang, Damar dan Aya yang senantiasa membantu, mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis. Tanpa mereka penulis tidak akan bertahan di tahap ini. Penulis berharap dapat menjadi anak dan mba yang dapat dibanggakan.
8. Mbak Novi dan Kak Chosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
9. Kak Firmansyah yang banyak membantu dan memberikan motivasi dalam penelitian di pabrik.
10. Seseorang yang spesial Tri Budi Cahyo Wibowo yang selalu membantu, menemani dan mendukung dalam proses pengerjaan skripsi ini. Terimakasih sudah menemani melewati banyak hal dari yang senang sampai yang susah, yang tidak pernah bosan membantu dan memberi semangat jika penulis lagi down, yang selalu bisa memahami penulis (walau kadang harus marah-marah dulu), yang selalu sabar mendengarkan cerita dan keluhan penulis yang sangat membosankan. Terimakasih karena sudah hadir dan membuat hari-hari penulis menjadi penuh tawa (walau banyak bikin kesalnya juga). Semoga tetap jadi mas tri yang ela kenal, dikuatkan selalu dalam menjalani hari-harinya dan dimudahkan dalam mengerjakan segala urusannya.
11. Sahabatku yang selalu ada selama 4 tahun perkuliahan, Rolis Sulistiawati, Devi Indah Chairani, Jessica Ajeng Putri dan Ade Dwi Nanda. Terimakasih karena kalian selalu ada untuk penulis kapanpun penulis susah, yang selalu sabar menasihati penulis, selalu menghibur penulis saat sedang mengeluh ataupun berghibah dan sudah menjadi sahabat yang

sangat memahami penulis (walau kadang aku sangat menyebalkan). Terimakasih untuk kepedulian kalian yang begitu besar, setiap kali penulis membutuhkan dukungan dalam hidup, kalian selalu ada di sampingku. Sangat senang mengenal kalian dan memiliki kalian dalam kehidupan perkuliahan yang melelahkan, terimakasih telah menjadi sahabat terbaikku yang tulus menemani hingga saat ini. Semoga kalian selalu tersenyum, dikuatkan selalu dalam menjalani hari-harinya dan dimudahkan dalam mengerjakan segala urusannya. Semoga kita tetap menjadi teman baik dan ketemu lagi sudah berubah profesi menjadi wanita karir kaya raya.

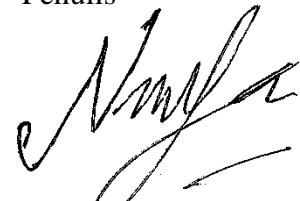
12. Teman-teman seperjuangan yang selalu menemani selama 4 tahun ini, (Iqbal Surya Maulana yang gak pernah bosan menjadi partner perkuliahan sampai wisuda, Qurrotul Aini yang sangat memahami penulis, selalu membantu dan selalu mendengarkan keluhan penulis dengan baik, Iren Martha yang selalu direpotkan dan membantu tanpa ragu tiap penulis kesusahan, Galuh, Sri, Ulfa, Desta, Mahdi yang selalu menjadi teman baik penulis selama perkuliahan).
13. Teman Kos Kosim (Aini, Dayah, Lola dan Dewi). Terimakasih atas motivasi, kesenangan, canda tawa yang membahagiakan dan menjadi keluarga baru bagi penulis.
14. Teman-teman penelitian Elektrokoagulasi (Iqbal, Galuh, Dwi, Kak Dewi dan Kak Bessek). Terimakasih banyak atas motivasi dan bantuan kalian selama ini. Tanpa kalian, penulis tidak akan bisa menyelesaikan skripsi ini.
15. Neneng Mardiana, terimakasih telah menjadi adek asuh satu-satunya yang sangat baik dan gak pernah lupa ngucapin selamat apapun itu.
16. Teman-teman angkatan 2018 dengan beragam karakter telah memberikan warna dan bantuan pada kehidupan perkuliahan penulis.
17. Kakak-kakak angkatan 2015, 2016, 2017 yang telah banyak memberikan ilmu dan pelajaran kepada penulis baik selama praktikum maupun di luar waktu kuliah. Serta adik-adik angkatan 2019 dan 2020 yang ikut mewarnai hari-hari penulis selama kuliah.

18. Teman-teman KKN (Iqbal, Mida, Feb, Jihan, Keket, Adip, Iyan dan Wimfi) yang telah hadir ikut mewarnai kehidupan penulis, terimakasih untuk canda tawa yang membahagiakan.
19. Untuk semua pihak yang pernah hadir dalam hidup penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, terimakasih telah memberikan banyak pelajaran kepada penulis sehingga penulis bisa menjadi sosok yang seperti sekarang.
20. Semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik, penulis mengucapkan banyak terimakasih.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shlaeh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, 29 Juni 2022

Penulis



Nurisa Layla Imtihana
NIM. 08031181823107

SUMMARY

THE EFFECT AMOUNT OF CURRENT VARIATIONS AND CONTACT TIME ON THE TREATMENT OF PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) ANAEROB POND USING ELECTROCOAGULATION METHOD AND ZEOLITE FILTRATION

Nurisa Layla Imtihana: Supervised by Dr. Bambang Yudono, M.Sc.

Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University

xviii + 84 pages, 32 tables, 23 pictures, 9 attachment

Palm Oil Mill Effluent (POME) is a liquid waste generated during the production of palm oil. POME contains dissolved and suspended matter in high concentrations above the threshold value. POME processing in Indonesia with an anaerobic system is less efficient because it has a long residence time, requires a large area of land, and causes greenhouse gas effects as a result of carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) gases produced. In this study, the electrocoagulation method was used followed by filtration using zeolite. This study was conducted to examine the effect of variations in current strength and contact time on electrocoagulation performance, as well as to determine the effect of additional filtration methods using zeolite on decreasing pH values, TDS levels, TSS, oil and fat concentrations, COD and aluminum oxide levels. In the electrocoagulation method using aluminum electrodes, with variations in current strength of 10, 40, 70, 100 Ampere and contact time for 1, 2, 3, 4 and 5 hours respectively. The combined results of the electrocoagulation method and the best zeolite filtration were obtained when flowed with a strong current of 100 amperes for 5 hours with an efficiency of removing pH 6,69%, TDS 7,15%, TSS 82,9%, Oil and fat 74,2%, COD 87,9% and Aluminum Oxide (Al₂O₃) 34,1%. Kinetic analysis of oil and fat reduction with a first-order reaction showed that the electrocoagulation device worked well in reducing the concentration of oil and fat in POME.

Keywords: Palm Oil Mill Effluent (POME), Electrocoagulation, Aluminum Elektrodes, Zeolite Filtration, Current Strength, Contact Time

Citation : 70 (2003-2021)

RINGKASAN

PENGARUH VARIASI KUAT ARUS DAN WAKTU KONTAK PADA PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* (POME) KOLAM ANAEROBIK MENGGUNAKAN METODE ELEKTROKOAGULASI DAN FILTRASI ZEOLIT

Nurisa Layla Imtihana: Dibimbing oleh Dr. Bambang Yudono, M.Sc.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

xviii + 84 halaman, 32 tabel, 23 gambar, 9 lampiran

Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan limbah cair yang dihasilkan selama produksi minyak kelapa sawit. POME mengandung bahan terlarut dan tersuspensi dengan konsentrasi yang tinggi di atas nilai ambang. Pengolahan POME di Indonesia dengan sistem anaerob kurang efisiensi karena memiliki waktu tinggal yang lama, membutuhkan lahan yang luas, serta menimbulkan efek gas rumah kaca akibat dari gas karbondioksida (CO_2) dan gas metan (CH_4) yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan metode elektrokoagulasi lalu dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan zeolite. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh variasi kuat arus dan waktu kontak pada kinerja elektrokoagulasi, serta untuk mengetahui pengaruh tambahan metode filtrasi menggunakan zeolit terhadap penurunan nilai pH, kadar TDS, TSS, konsentrasi minyak dan lemak, COD dan kadar aluminium oksida. Pada metode elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium, dengan variasi kuat arus 10, 40, 70, 100 Ampere dan waktu kontak selama 1, 2, 3, 4 dan 5 jam secara berurut. Hasil penelitian gabungan dari metode elektrokoagulasi dan filtrasi zeolite terbaik didapatkan saat dialiri kuat arus 100 ampere selama 5 jam dengan efisiensi penyisihan pH 6,69%, TDS 7,15%, TSS 82,9%, Minyak dan lemak 74,2%, COD 87,9% dan Aluminium Oksida (Al_2O_3) 34,1%. Analisis kinetika penurunan minyak dan lemak dengan reaksi orde satu menunjukkan bahwa alat elektrokoagulasi berjalan dengan baik dalam menurunkan konsentrasi minyak dan lemak pada POME.

Kata kunci: *Palm Oil Mill Effluent* (POME), Elektrokoagulasi, Elektroda Aluminium, Filtrasi Zeolit, Kuat Arus, Waktu Kontak

Kutipan : 70 (2003-2021)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY	xi
RINGKASAN	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME)	5
2.2 Filtrasi Zeolit	6
2.3 Proses Pengolahan POME Secara Anaerobik.....	7
2.3 Elektrokoagulasi	9
2.6 Elektroda Aluminium	12
2.7 Parameter Pengujian	13
2.7.1 pH.....	13
2.7.2 <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	13
2.7.3 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	14
2.7.4 Minyak dan Lemak.....	15
2.7.5 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	15
2.8 Studi Kinetika	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Prosedur Penelitian.....	18
3.3.1 Karakterisasi Awal.....	18
3.3.2 Pengolahan <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME) dengan Metode Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	18
3.4 Pengujian Parameter.....	19
3.4.1 Uji pH 19	
3.4.2 Uji kadar TDS (<i>Total Dissolve Solid</i>)	19
3.4.3 Uji Kadar TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) (SNI 6989.3-2019)	19
3.4.4 Uji Kadar Minyak dan Lemak (SNI 6989.10:2004).....	20
3.4.5 Penentuan Kadar COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>) dengan Refluks (SNI 6989.73- 2019)	21
3.4.6 Uji Kadar Logam Aluminium Oksida (Al_2O_3) Menggunakan Metode Titrimetri (SNI 3822:2018)	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Karakteristik <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME).....	26
4.2 Nilai pH Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	26
4.3 Kadar TDS Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	28
4.4 Kadar TSS Setelah Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	30
4.5 Konsentrasi Minyak dan Lemak Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	32
4.6 Konsentrasi COD Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	34
4.7 Kadar Aluminium Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	36
4.8 Kinetika Penurunan Kadar Minyak dan Lemak pada Proses Elektrokoagulasi <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME)	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Karakteristik <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME).....	5
Tabel 2. Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Minyak Sawit.....	6
Tabel 3. Analisis Keragaman Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial.....	24
Tabel 4. Hasil Uji Karakteristik Awal POME Kolam 09	26
Tabel 5. Hasil Uji COD <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME).....	34
Tabel 6. Hasil Uji Aluminium Oksida (Al_2O_3) POME.....	36
Tabel 7. Hasil Koefisien Regresi (R^2).....	37
Tabel 8. Data nilai pH <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME) Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	55
Tabel 9. Kombinasi Faktor Kuat Arus dan Waktu Operasional terhadap Kadar pH	57
Tabel 10. Analisis Keberagaman Nilai pH pada POME.....	58
Tabel 11. Standar Deviasi Kadar Pengukuran pH POME Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	59
Tabel 12. Data Efisiensi Penurunan Nilai pH POME Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	60
Tabel 13. Data Nilai TDS <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME) Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	61
Tabel 14. Kombinasi Faktor Kuat Arus dan Waktu Operasioanal terhadap Kadar TDS Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	63
Tabel 15. Analisis Keberagaman TDS pada POME.....	64
Tabel 16. Standar Deviasi TDS Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	65
Tabel 17. Data Efisiensi Penurunan Kadar TDS POME Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	66
Tabel 18. Perhitungan Kadar TSS <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME) Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	67
Tabel 19. Data Nilai TSS POME Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	69
Tabel 20. Kombinasi Faktor Kuat Arus dan Waktu Operasional terhadap Kadar TSS Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	71

Tabel 21. Analisa Keberagaman TSS pada POME	72
Tabel 22. Standar Deviasi TSS Setelah Proses Elektrokoagulasi	73
Tabel 23. Data Efisiensi Penurunan Konsentrasi TSS POME Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	74
Tabel 24. Perhitungan Kadar Minyak dan Lemak <i>Palm Oil Mill Effluent</i> (POME) Setelah Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit.....	75
Tabel 25. Data Nilai Minyak dan Lemak POME Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	77
Tabel 26. Kombinasi Faktor Kuat Arus dan Waktu Operasional terhadap Kadar Minyak dan Lemak Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	79
Tabel 27. Analisis Keberagaman Minyak dan Lemak pada POME	80
Tabel 28. Standar Deviasi Minyak dan Lemak Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	81
Tabel 29. Data Efisiensi Penurunan Konsentrasi Minyak dan Lemak POME Setelah Proses Elektrokoagulasi dan Filtrasi Zeolit	82
Tabel 30. Titrasi Standardisasi FAS 0,05M terhadap $K_2Cr_2O_7$	83
Tabel 31. Titrasi Standardisasi FAS 0,05M terhadap $K_2Cr_2O_7$	83
Tabel 32. Hasil Titrasi Kadar Zn dalam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit	84

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Mekanisme Elektrokoagulasi (Niam <i>et al</i> , 2007)	11
Gambar 2. Alat Elektrokoagulasi.....	17
Gambar 3. Rangkaian filtrasi zeolit	17
Gambar 4. Pengaruh variasi kuat arus dan waktu kontak elektrokoagulasi dan filtrasi zeolit terhadap nilai pH POME (a) Kontrol (b) 10 A (c) 40 A (d) 70 A dan (e) 100 A.....	27
Gambar 5. Grafik pengaruh variasi kuat arus dan waktu kontak elektrokoagulasi dan filtrasi zeolit terhadap kadar TDS POME (a) Kontrol (b) 10 A (c) 40 A (d) 70 A dan (e) 100 A.....	29
Gambar 6. Grafik pengaruh kuat arus dan waktu kontak elektrokoagulasi dan filtrasi zeolit terhadap konsentrasi TSS POME (a) Kontrol (b) 10 A (c) 40 A (d) 70 A dan (e) 100 A.....	31
Gambar 7. Pengaruh variasi kuat arus dan waktu kontak elektrokoagulasi dan filtrasi zeolit terhadap konsentrasi minyak dan lemak POME (a) Kontrol (b) 10 A (c) 40 A (d) 70 A dan (e) 100 A	33
Gambar 8. Kurva kinetika penurunan kadar minyak dan lemak pada POME menggunakan metode elektrokoagulasi dan filtrasi zeolit (a) 10 A (b) 40 A (c) 70 A dan (d) 100 A.....	37
Gambar 9. Alat Elektrokoagulasi.....	52
Gambar 10. Elektroda Alumunium.....	52
Gambar 11. Kolam 09 (Anaerobik)	52
Gambar 12. Flok Hasil Elektrokoagulasi.....	52
Gambar 13. Flok yang menempel di Elektroda	52
Gambar 14. Filtrasi Zeolit.....	52
Gambar 15. Kontrol POME Kolam 09	53
Gambar 16. Hasil Elektrokoagulasi 10 A (1, 2, 3, 4 dan 5 Jam)	53
Gambar 17. Hasil Elektrokoagulasi 40 A (1, 2, 3, 4 dan 5 Jam)	53
Gambar 18. Hasil Elektrokoagulasi 70 A (1, 2, 3, 4 dan 5 Jam)	53
Gambar 19. Hasil Elektrokoagulasi 100 A (1, 2, 3, 4 dan 5 Jam)	53
Gambar 20. Proses Penyaringan dan Hasil Uji Total Suspended Solid (TSS)	54
Gambar 21. Hasil Uji Minyak dan Lemak.....	54
Gambar 22. Sampel Uji COD sebelum titrasi (kiri) dan setelah titrasi (kanan)	54
Gambar 23. Sampel Uji Al_2O_3 sebelum titrasi (kiri) dan setelah titrasi (kanan)....	54

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	48
Lampiran 2. Bak dan Proses Elektrokoagulasi	52
Lampiran 3. Sampel Hasil Elektrokoagulasi.....	53
Lampiran 4. Pengukuran pH	55
Lampiran 5. Pengukuran <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	61
Lampiran 6. Pengukuran <i>Total Suspended Solid</i> (TSS).....	67
Lampiran 7. Perhitungan dan Analisa Kadar Minyak dan Lemak.....	75
Lampiran 8. Perhitungan COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>).....	83
Lampiran 9. Perhitungan Aluminium Oksida (Al_2O_3).....	84

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Golden Oilindo Nusantara (GON) termasuk ke dalam industri minyak kelapa sawit yang berada di Desa Sei Rambutan Kecamatan Indralaya Utara, Kabupaten Ogan Ilir Provinsi Sumatera Selatan. Produksi kelapa sawit di PT. GON bisa mencapai 500 ton perhari. Tingginya tingkat produksi kelapa sawit yang telah disebutkan sebelumnya menyebabkan limbah yang diperolehkan juga akan meningkat. Limbah yang terbentuk umumnya limbah padat dan limbah cair berupa *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Parameter kandungan di dalam POME diantaranya pH, TDS, TSS, COD, Minyak dan Lemak. POME mempunyai pH asam yakni 3,5-5 serta COD yang tinggi yang mana pada akhirnya ketika langsung dibuang akan menyebabkan kerusakan lingkungan maka dari itu perlu dilaksanakan pengolahan terlebih dahulu (Nursanti, 2013).

Pengolahan POME di PT. GON mempergunakan sistem kolam terbuka sebanyak 14 kolam. Namun, metode ini kurang efisiensi sebab mempunyai waktu tinggal yang cukup lama yakni 20-200 hari, membutuhkan lahan yang luas serta bisa menyebabkan timbulnya efek gas rumah kaca yang diakibatkan oleh gas CO₂ serta gas CH₄ yang diperolehkan (Shintawati dkk, 2017). Pengolahan POME dengan metode kolam terbuka belum melakukan pemenuhan terhadap standarisasi baku mutu “Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014” yakni yang berkaitan dengan baku mutu limbah cair. Maka dari itulah, dibutuhkan metode lainnya yang lebih optimal serta sederhana yakni metode elektrokoagulasi.

Metode elektrokoagulasi ialah teknik pengolahan air limbah dengan proses penggumpalan mempergunakan tenaga listrik melalui proses elektrolisis untuk melakukan pengurangan terhadap ion-ion logam serta partikel-partikel di dalam air (Hanum dkk, 2015). Elektrokoagulasi secara efektif mampu melakukan pengurangan terhadap polutan serta memperolehkan gas hidrogen yang secara bersama-sama menjadi sumber pendapatan untuk menyeimbangkan pembiayaan operasionalnya (Siringi *et al*, 2012). Berbagai faktor yang memberikan pengaruh terhadap elektrokoagulasi diantaranya ialah tegangan, waktu kontak, jenis

elektroda, jarak antar elektroda serta konsentrasi elektrolit. Penelitian Hanum dkk (2015) telah meneliti yang berkaitan dengan pengaruh tegangan pada adaptor terhadap kinerja sistem elektrokoagulasi serta waktu operasi untuk pengolahan limbah cair menggunakan elektroda aluminium, hasil memperlihatkan bahwasanya pengurangan COD tertinggi pada tegangan 9 volt dengan waktu operasi 120 menit yang besarnya 95,75%, pengurangan TDS tertinggi pada tegangan 10 volt dengan waktu operasi 90 menit yang besarnya 24,41% serta pengurangan TSS tertinggi pada tegangan 10 volt dengan waktu operasi 180 menit yang besarnya 91,78%. Namun, penelitian Hanum dkk (2015) kurang efisiensi karena mempergunakan alat elektrokoagulasi berukuran kecil dengan kapasitas volume reaktornya 70 liter, jumlah elektroda 12 plat, variasi kuat arus 3, 4 dan 5 volt serta waktu kontak 1, 2 serta 3 jam. Maka dari itulah, dilaksanakan penelitian yang berbeda dengan ukuran alat yang lebih besar yakni volume daya tampungnya 550 liter, 20 plat elektroda, variasi kuat arus 10, 40, 70 serta 100 ampere dengan waktu kontak 1, 2, 3, 4 serta 5 jam.

Penelitian pengolahan POME dengan metode elektrokoagulasi dilaksanakan dengan variabel pengaruh variasi kuat arus dan waktu kontak menggunakan elektroda aluminium. Aluminium termasuk ke dalam elektroda yang umum dipergunakan dalam proses elektrokoagulasi sebab logam ini memiliki sifat koagulan yang tergolong baik. Dari hasil penelitian Nasution *et al* (2015), elektroda aluminium menghasilkan efisiensi penyisihan yang tinggi dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan elektroda besi. Setelah dilaksanakan proses elektrokoagulasi, berikutnya dilaksanakan filtrasi mempergunakan zeolit untuk melihat apakah penambahan filtrasi zeolit mampu memberikan bantuan terhadap melakukan pengurangan kadar zat pencemar pada POME agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

Filtrasi ialah proses tersaringnya partikel secara fisiknya, kimia dan juga biologinya guna melakukan pemisahan atau penyaringan terhadap partikel yang tidak terendapkan pada proses sedimentasinya yang melewati media dengan adanya pori-pori di dalam media tersebut. Penambahan proses filtrasi mampu melakukan pengurangan terhadap pencemaran lingkungan melalui proses mengadsorpsi zat-zat pencemar yang ada di dalam POME. Zeolit mempunyai

struktur yang berongga yang mana pada akhirnya bersifat sebagai adsorben serta penyaring molekul yang mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil sesuai dengan ukuran rongganya. Sulistyanti (2018) menyebutkan zeolit mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi sebab bisa memisahkan molekul gas ataupun gas lain dari suatu campuran.

Selain melihat pengaruh kuat arus dan waktu kontak pada elektrokoagulasi, kajian ini masih diperlukan kajian kinetika. Analisis kinetika penurunan kadar minyak serta lemak pada proses elektrokoagulasi POME bisa dilaksanakan dengan menentukan orde reaksinya. Orde reaksi bisa menyatakan banyaknya faktor konsentrasi zat reaktan yang bisa memberikan pengaruh terhadap kecepatan reaksi (Sasmita, 2018). Orde reaksi yang dipergunakan untuk menentukan data kinetika dari penurunan minyak serta lemak ialah orde satu. Hal ini didasarkan bahwasanya konsentrasi polutan yang amat memberikan pengaruh pada persamaan lajunya (Sutanto dkk, 2018). Persamaan dari hasil perhitungan kinetika bisa dipergunakan untuk memperhitungkan waktu elektrokoagulasi yang dibutuhkan agar mengalami penurunannya minyak serta lemak di bawah baku mutu yang ditetapkan (Sutanto dkk, 2018). Adanya analisis kinetika juga bisa memprediksi kecepatan reaksi dalam penggunaan kuat arus serta waktu kontak pada alat elektrokoagulasi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini ialah :

1. Bagaimana pengaruh kuat arus dan waktu kontak terhadap kinerja elektrokoagulasi dalam mengurangi pH, kadar TDS, TSS, COD, Minyak serta Lemak pada POME ?
2. Bagaimana pengaruh tambahan filtrasi zeolit setelah elektrokoagulasi dalam melakukan pengurangan terhadap kadar zat pencemar dalam POME ?
3. Bagaimana kinetika penurunan konsentrasi minyak serta lemak proses elektrokoagulasi pada POME ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini ialah :

1. Menentukan pengaruh kuat arus serta waktu kontak terhadap kinerja elektrokoagulasi dalam melakukan pengurangan terhadap pH, kadar TDS, TSS, COD, Minyak serta Lemak pada POME.
2. Menentukan pengaruh tambahan filtrasi zeolit setelah elektrokoagulasi dalam mengurangi kadar zat pencemar pada POME.
3. Menentukan kinetika penurunan konsentrasi minyak serta lemak proses elektrokoagulasi pada POME.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini ialah mempelajari tentang bagaimana proses elektrokoagulasi serta filtrasi bisa mengalami penurunan nilai pH, kadar TDS (*Total Dissolved Solid*), kadar TSS (*Total Suspended Solid*), konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*), konsentrasi Minyak serta Lemak serta kadar logam Aluminium pada *Palm Oil Mill Effluent* (POME).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Syarfi dan Melissa, A. 2011. Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Produksi Biogas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*. 1(1): 1-8.
- Ahmad, A., Yelmida, Friska, I. P. 2011. Penyisihan Minyak dan Lemak Yang Terkandung Dalam Limbah Cair Industri Minyak Sawit dengan Bioreaktor Hibrid Anaerob Bermedia Cangkang Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*. 1(1): 1-8.
- Akbar, I. 2021. Pengolahan Limbah Minyak dan Lemak di Restoran Padang dengan Metode Fisik (*Oil Grease Trap*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5(2): 1-7.
- Alcafi, M. C., Yusuf, M. dan Prabu, U. A. 2019. Penggunaan Zeolit Dalam Menurunkan Konsentrasi Lemak dan Minyak Pada Air Terproduksi Migas. *Jurnal Pertambangan*. 3(4): 23-27.
- Ananda, E. R., Irawan, S. T., M. T2, Wahyuni, S. D., Kusuma, A. D., Budiarto, J. dan Hidayat, R. 2018. Pembuatan Alat Pengolah Limbah Cair dengan Metode Elektrokoagulasi Untuk Industri Tahu Kota Samarinda. *Jurnal Teknologi Terpadu*. 6(1): 14-22.
- Apriyanto, Syarfi, D. dan Edward, H. S. M. S. 2018. Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Kontak pada Proses Elektrokoagulasi Menggunakan Ael Al-Al dengan Ketebalan 1 mm untuk Penyisihan TDS dari Limbah Cair Lumpur Bor. *Jurnal FTeknik*. 5(2): 1.
- Ashari, Dedik, B. dan Dedi, S. 2015. Efektivitas Elektroda Pada proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Penelitian Sains*. 17(2): 45-50.
- Bimantara, H. A., Adhi, S. dan Novi, E. M. 2018. Penurunan Konsentrasi COD, TSS dan Fluoride Pada Limbah Cair Industri Asam Fosfat Menggunakan Elektrokoagulasi. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*. 145-148.
- Delima, B. 2021. Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Elektrokoagulasi Terhadap Penurunan pH, Kadar TDS, TSS, Minyak dan COD dalam POME (*Palm Oil Mill Effluent*). *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Elma, M., Aulia, R., Amalia, E. P., Muhammad, Z., Eris, M., Zaini, L. A., Erdina, L. A. R. dan Gesit, S. 2020. Pengaruh Ketebalan Lapisan Zeolit Sebagai Filter Dalam Proses Filtrasi Air rawa Asin. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat*. 82-86.

- Fadli, R. K., Andika, S. R., Dewa, A. dan Wiwin, W. 2018. Aplikasi Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Limbah Batik. *Jurnal Karya Pengabdian Dosen dan Mahasiswa*. 1(2): 158-162.
- Gheraout, D, Badis, A, Kellil, A and Gheraout, B. 2008. Application of electrocoagulation in *Escherichia coli* culture and two surface waters. *Desalination*. 219: 118–125.
- Hadiyanto. 2011. Potensi Limbah Cair Kelapa Sawit (POME) untuk Peyediaan Bioenergi dan Feed Suplemen. *Prosiding Seminar Tjipto Utomo*. Vol 8. Bandung.
- Hanum, F., Rondang, T., M. Yusuf, R. dan William, W. K. 2015. Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(2): 13-17.
- Hanum, F., Rondang, T., M. Yusuf, R. dan William, W. K. 2015. Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(4): 13-17.
- Hardiana, S, dan Mukimin, A. 2014. Pengembangan Metode Analisis Parameter Minyak dan Lemak pada contoh uji air. Semarang: Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri.
- Hari, B, dan Harsanti, M. 2010. Pengolahan limbah cair tekstil menggunakan proses elektrokoagulasi dengan sel Al-Al. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. Yogyakarta. ISSN 1693 – 4393.
- Haryadi, S. 2004. *BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah*. Makalah Individu Pengantar Falsafah Sains (PPS 702) Sekolah Pascasarjana/S3. Bogor.
- Hendrawan, I. G., Devi, U. and I Putu, R. F. M. Karakteristik Total Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid*) dan Kekeruhan (*Turbidity*) Secara Vertikal di Perairan Teluk Benoa Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 2(1): 29-33.
- Holt, P. K., Geoffrey, W. Barton, Cynthia A. Mitchell. 2006. *The Future For Electrocoagulation as a Localised Water Treatment Technology*, Department of Chemical Engineering. University of Sidney: Australia.
- Hossain, A, Jewaratnam, J, and Ganesan, P. 2016. Prospect of hydrogen production from oil palm biomass by thermochemical process-A review. *International Journal of Hydrogen energy*. Hal: 1-19.
- Irvan, Trisakti, B, Vincent, M, dan Tandean, Y. 2012. Pengolahan Lanjut Limbah Cair Kelapa Sawit Secara Aerobik Menggunakan *Effective Microorganism* guna Mengurangi Nilai TSS. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 1(2): 27-30.

- Irwan, F. dan Afdal. 2016. Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur Pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*. 5(1): 85-93.
- Kobyas, M., Can, O. T. and Bayramoglu, M. 2003. *Treatment of Textile Wastewaters by Electrocoagulation Using Iron and Aluminum Electrodes*. *Journal of Hazardous Materials*. B100: 163-178.
- Kustiyaningsih, E. dan Rony, I. 2020. Pengukuran *Total Dissolved Solid* Dalam Fitoremediasi Deterjen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumber Daya Lahan*. 7(1): 143-148.
- Lestari, N. D. dan Tuhu, A. 2016. Penurunan TSS dan Warna Limbah Industri Batik Secara Elektrokoagulasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 6(1): 37-44.
- Liu, H., X, Zhao, and J, Qu. 2010. *Electrocoagulation in Water Treatment*, in *Electrochemistry for the Environment*. Springer Science+Business Media: New York.
- Loretta, O. O., Stephen, E. And Usman, E. 2016. *In Vitro Biodegradation of Palm Oil Mill Effluent (POME) by Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa and Aspergillus niger*. *Journal of Bioremediation and Biodegradation*. 7(4): 1-8.
- Lumaela, A. K., Bambang, W. O. dan Sutikno. 2013. Pemodelan *Chemical Oxygen Demand (COD)* Sungai di Surabaya dengan *Metode Mixed Geographically Weighted Regression*. 2(1): 100-105.
- Maharani, V. S. 2017. Pengolahan Minyak dan Lemak Limbah Industri. *Skripsi*. 1-96.
- Manurung, R. 2004. *Proses Anaerobik Sebagai Alternatif Untuk Mengolah Limbah Sawit*. e-USU Repository Universitas Sumatera Utara.
- Masrullita, Lukman, H., Rizka, N. dan Nur, A. 2021. Pengaruh Waktu dan Kuat Arus Pada Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih dengan Proses Elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 10(1): 111-122.
- Mayasari, R. 2016. Pengaruh Kualitas Air Baku Terhadap Jenis dan Dosis Koagulan. *Integrasi*. 1(2): 45-56.
- Melisa dan Mulono, A. 2020. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 9 (2): 86.
- Mulyani, M., Prayitno, F., Mahatmanti, F. W. dan Kusumastuti, E. 2017. Pengaruh Jenis Plat Elektroda Pada proses Elektrokoagulasi Untuk Menurunkan Kadar Thorium dalam Limbah Hasil Pengolahan Logam Tanah Jarang Indah. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir Pusat Sains dan Teknologi Akselerator*. Yogyakarta: Batan.

- Nasution, M., A, Yakoob, Z, Ali, E, Lan Bee, Ng, and Abdullah, S.,R.,, Z. 2013. A Comparative Study Using Aluminium and Iron Electrodes for the Electrocoagulation of Palm Oil Mill Effluent to Reduce its Polluting Nature and Hydrogen Production Simultaneously. *Pakistan J. Zool.* 45(2): 331-337.
- Niam, M. F., Othman, F., Sohaili, J., and Fauzia, Z. 2007. Electrocoagulation technique in enhancing COD and suspended solids removal to improve wastewater quality. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences.* 11(1): 198-205.
- Nugroho, W. Dan Setyo, P. 2013. Removal Klorida, TDS dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif. *Jurnal Teknik Waktu.* 11(01): 47-59.
- Nursanti, I. 2013. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi.* 13(4): 67-73.
- Phalakornkule, C, Mangmeemak, J, Intrachod, K, and Nuntakumjorn, B. 2010. Pretreatment of palm oil mill effluent by electrocoagulation and coagulation. *Science Asia.* 36(2): 142–149.
- Putero, S. H., Kusnanto, dan Yusriyani (2008). Pengaruh Tegangan dan Waktu pada Pengolahan Limbah Radioaktif yang Mengandung Sr-90 Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Prosiding Seminar Nasional ke-14 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir.* ISSN: 0854-2910. Bandung.
- Rahardjo, N., P. 2008. Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan bioreaktor anaerobik biakan melekat dalam skala laboratorium pengamatan pengurangan BOD, COD dan TSS dengan variabel waktu tinggal. *Jurnal Teknik Lingkungan.* Hal: 49-57. ISSN 1441-318X.
- Ramadani, R., Sigit, S. and Maisari, U. 2021. *Analysis of Temperature, Power of Hydrogen (pH), Chemical Oxygen Demand (COD) and Biological Oxygen Demand (BOD) in Domestic Wastewater in Sukoharjo Enviromental Office.* *Indonesian Journal of Chemical Research.* 6(2): 12-22.
- Ramayanti, D. dan Ulil, A. 2019. Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (Potential Hydrogen) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Quimica : Jurnal Kimia Sains dan Terapan.* 1(1): 16-21.
- Risuana, I. G. S., I Gede, H. and Yulianto, S. 2017. Distribusi Spasial Total Padatan Tersuspensi Puncak Musim Hujan di Permukaan Perairan Teluk Benoa Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences.* 3(2): 223-232.

- Rusdianasari dan Meidinariasty, A. 2015. Model Kinetika Reaksi Adsorpsi Pada Proses Elektrokoagulasi. *Laporan Akhir Penelitian Hibah Fundamental*. Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- Samhuddin, Budiman, S. Dan La, O. I. 2017. Studi Pemanfaatan Limbah Abu Terbang Batubara (Fly Ash) dan Kaleng Minuman Soft drink Sebagai Pengganti Material Baja Ringan. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. 2(3): 1-7.
- Santoso, A. A., Bambang, B. dan Abdi, S. 2017. Analisis Pengaruh Tingkat Bahaya Erosi Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Waduk Gajah Mungkur. *Jurnal Geodesi Undip*. 6 (4): 463.
- Saputra, E. Dan Farida, H. 2016. Pengaruh Jarak Antara Elektroda Pada Reaktor Elektrokoagulasi Terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 5(4): 33-38.
- Sasmita, J. F. A. 2018. Kajian Kinetika Degradasi Termal dan Stabilitas Kurkuminoid dalam Sistem Dispersi Padat Ekstrak Kunyit-PVPPK-3- pada Berbagai Drugload. *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma: Yogyakarta.
- Shintawati, Udin, H. Dan Agus, H. 2017. Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 6(2): 81-88.
- Siringi, O., D, Home, P, Chacha, J., S, and Koehn, E. 2012. Electrocoagulation (EC) a solution to the treatment of Wastewater and Providing Clean Water for daily use. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 7(2): 1-12.
- Sisyanreswari, H., Wiharyanto, O. dan Arya, R. 2014. Penurunan TSS, COD dan Fosfat Pada Limbah Laundry Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit. *Program Studi Teknik Lingkungan*. Fakultas Teknik: Universitas Diponegoro.
- SNI 3822:2018. Polialuminium Oksida. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-6989.3.2019. Air dan Air Limbah – Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*, TSS) secara gravimetri. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 06-6989.10.2011. Air dan Air Limbah – Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 6989.73.2019. Air dan Limbah – Bagian 73: Cara uji kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/ COD*) dengan refluks tertutup secara titrimetric. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Sukmono, A. 2018. Pemantauan Total Suspended Solid (TSS) Waduk Gajah Mungkur Periode 2013-2017 dengan Citra satelit Landsat-8. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*. 1(1) : 33.
- Sulistyaningsih, A. dan Tuhu, A. R. 2020. Peningkatan Efektifitas Elektrokoagulasi dan Fotokatalis Pada Proses Degradasi Limbah Batik. *Jurnal Envirous*. 1(1): 9-15.
- Sulistyanti, D., Antoniker, A. dan Nasrokhah, N. 2018. Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi Pada Pengolahan Limbah Laboratorium. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*. 3(2): 147.
- Surbakti, B. J., Vivi, M. dan Fadhliani. 2020. Karakteristik Limbah Cair Hasil Pengolahan Sistem Lumpur Aktif pada Pabrik Kelapa Sawit PTPN II Tanjung Morawa Kebun Sawit Sebrang. *Jurnal Biologica Samudra*. 2(2): 95-102.
- Sumarli, Ian, Y., Masturi, Rosyidatul, M. 2016. Pengaruh Variasi Massa Zeolit Pada Pengolahan Air Limbah Pabrik Pakan Ternak Melalui Media Filtrasi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. 5(1): 43-46.
- Sururi, M. R., Etih, H. dan Reza, H. 2009. Studi Kinetika Proses Adsorpsi NOM Pada Air Permukaan dengan Zeolit dan Karbon Aktif. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 1(2): 107-116.
- Sutanto, P., Iryani, A. dan Sarahwati, D. 2018. Efisiensi dan Efektifitas Serta Kinetika Elektrokoagulasi Pengolahan Limbah Sagu Aren. *Ekologia*. 18(1): 10-16.
- Szelpal, S., Poser, O. and Abel, M. 2013. Enzyme Recovery by Membrane Separation Method From Waste Products of The Food Industry. *Acta Technica Corviniensis Tome Vi-fascicule 2*.
- Trivana, L., Sri, S. dan Eti, R. 2015. Sintesis Zeolit dan Komposit Zeolit/TiO₂ dari Kaolin Serta Uji Adsorpsi Fotodegradasi Biru Metilena. *Jurnal Penelitian Kimia*. 11(2): 147-162.
- Vijaya, A., N, Ma and Choo, Y., M. 2010. Capturing Biogas: A Means to Reduce Green House Gas Emissions for the Production of Crude Palm Oil. *American Journal of Geoscience*. 1(1): 1-6.
- Wardhani, E., Mila, D. dan Karina, P. V. 2012. Penerapan Metode Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit. *Seminar Ilmiah Nasional*. 1(1): 1-17.
- Yacob, S, Hassan, A., M, Shirai, Y, Wakisaka, M, and Subash, S. 2006. Baseline study of methane emission from anaerobic ponds of palm oil mill effluent treatment. *Science of the Total Environment*. 366: 187– 196.

Yuliani, I., Alimuddin, dan Akkas, E. 2017. Penurunan BOD Dan TSS Pada Limbah Industri Saus Secara Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Fe, Cu dan Stainless. *Jurnal Atomik*. 02(1): 134-139.